

# Travaux

OCTOBRE 2004

◆ ROUTES - TRAVAUX URBAINS

n° 812

## ROUTES

- A75 - La Méridienne. Réalisation de la liaison "La Cavalerie" - Viaduc de Millau
- Les ouvrages de la rocade L2 à Marseille
- République Tchèque. Autoroute D5 - Section Est de la déviation de Plzen
- 42 km d'autoroute en Roumanie

## TRAVAUX URBAINS

- Grenoble : les travaux d'infrastructures de la 3<sup>e</sup> ligne de tramway
- Le parc de stationnement Saint-Georges à Lyon
- Le parking Kennedy à Rennes
- Un remblai auto-compactant : une solution adaptée pour limiter les nuisances sur les chantiers en site urbain
- Fort-de-France : étude de vulnérabilité au séisme des installations d'eau potable

N°812



Routes  
Travaux urbains



# Sommaire

**Travaux**  
numéro 812

octobre 2004

## Routes - Travaux urbains



Notre couverture

**Le parking Kennedy  
à Rennes**

### DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

### RÉDACTION

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

### SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

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

### VENTES ET ABBONNEMENTS

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

France (11 numéros) : 170 € TTC  
Etranger (11 numéros) : 210 €  
Etudiants (11 numéros) : 60 €  
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  
Martin Fabre  
61, bd de Picpus - 75012 Paris  
Tél. : (33) 01 44 74 86 36

Imprimerie Chirat  
Saint-Just la Pendue (Loire)

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

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

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

éditorial 1  
*Daniel Tardy*

actualités 7

techniques  
et matériaux 16

matériels 18

**PRÉFACE** 21  
*Patrice Parisé*

### ROUTES

◆ A75 - La Méridienne. Réalisation de la liaison "La Cavalerie" - Viaduc de Millau - A75 motorway, "La Méridienne". Construction of the link between "La Cavalerie" and Millau viaduct  
*Ch. Alvarez, Y. Meunier* 22

◆ Les ouvrages de la rocade L2 à Marseille - Civil engineering structures on the L2 bypass in Marseilles  
*M. Dusserre, Ph. Lambert* 26

◆ Autoroute D5 - Section Est de la déviation de Plzen. Un chantier majeur en cours de réalisation en République Tchèque - D5 motorway - Eastern section of the Plzen diversion. A major project undergoing construction in the Czech Republic  
*Z. Procházka, J.-M. Seyvet* 33

◆ 42 km d'autoroute en Roumanie - 42 km of motorway in Romania  
*Br. Laffaire* 39

### TRAVAUX URBAINS

◆ Grenoble : les travaux d'infrastructures de la 3<sup>e</sup> ligne de tramway - Grenoble : infrastructure work for the third tramway line  
*J.-P. Ravassard, L. Moussu, R. Callies* 44

◆ Le parc de stationnement Saint-Georges à Lyon - Saint-Georges car park in Lyons  
*C. Jan, B. Walbron* 49



# Sommaire

octobre 2004

## Routes - Travaux urbains

Dans les prochains numéros

- Réhabilitation d'ouvrages
- Ponts
- International
- Environnement
- Travaux souterrains
- Sols et fondations
- Terrassements
- Eau



◆ Le parking Kennedy à Rennes. Paroi microberlinoise pour un parking souterrain  
- Kennedy car park in Rennes. Micropile Berlin wall for an underground car park

Fr. Aury, B. Haentjens

56



◆ Un remblai auto-compactant : une solution adaptée pour limiter les nuisances sur les chantiers en site urbain  
- Self-compacting backfill : an appropriate solution for limiting nuisances on projects on urban sites

Ph. Parisse, J.-M. Joussin

62



◆ Fort-de-France. Etude de vulnérabilité au séisme des installations d'eau potable  
- Fort-de-France. Study of the earthquake vulnerability of potable water facilities

Ph. Schalkwijk, B. Couturier, T. Dumoulin, P. Plotto, V. Davidovici

66

### partenariat

◆ Le laboratoire national du Sénégal renforce son système qualité  
- The Senegal national laboratory reinforces its Quality System

M. Amar Faye, M. Sankharé, P. Meuli

74

### marchés

77

### économie

79

### ABONNEMENT TRAVAUX

### répertoire des fournisseurs

82

Encart après p. 48

#### INDEX DES ANNONCEURS

ARCELOR RPS .....	6	PRO BTP .....	2È DE COUVERTURE
CFC EGLETONS.....	18	PROSIGN.....	32
COLAS .....	2	SOLETANCHE BACHY .....	9
DAF TRUCKS .....	20	SPIE FONDATIONS.....	3È DE COUVERTURE
EUROFILTRATOR.....	8	SYNDICAT DES ÉRUPTIFS .....	13
FRANCE GABION .....	31	TOTAL .....	4È DE COUVERTURE
GPB.....	10	VOLVO .....	73
IHC.....	11	WIRTGEN FRANCE.....	4

# " Pour une relance de l'innovation routière "

Les bétons de fibres à ultra-hautes performances, les bétons bitumineux très minces, les câbles de précontraintes extérieurs, les renforcements coordonnés des routes nationales sont autant de produits ou de techniques issus de l'innovation routière française.

Depuis les années 1970, la direction des routes conçoit et développe, en partenariat avec les entreprises et en s'appuyant sur son réseau scientifique et technique, une politique de promotion de l'innovation.

L'innovation routière est une nécessité pour tous : elle bénéficie aux collectivités publiques maîtres d'ouvrage qui voient les performances des infrastructures s'améliorer en termes de durabilité et de facilité d'entretien, mais également aux usagers qui gagnent en sécurité et en confort et enfin aux entreprises qui acquièrent un savoir-faire et une notoriété utiles en France et à l'étranger.

Conscients de ces enjeux forts, la direction des routes et les syndicats d'entrepreneurs de travaux routiers ont élaboré et signé des chartes de l'innovation voilà plus de dix ans. Destinées à favoriser la maturation et la diffusion des innovations les plus significatives dans le domaine des techniques routières, ces chartes ont été appliquées aux produits, procédés et matériels qui n'étaient pas encore suffisamment éprouvés pour faire l'objet d'une normalisation ou pour obtenir un avis technique.

En répartissant les risques entre maîtres d'ouvrage et entreprises, ces dispositifs ont permis l'expérimentation en vraie grandeur de nombreuses innovations et leur valorisation grâce à la délivrance, par le réseau technique de l'Equipement, d'un certificat attestant leur efficacité.

Cependant, les réformes successives du code des marchés publics ont, sans empêcher formellement les innovations, for-

tement perturbé le fonctionnement des procédures destinées à les soutenir.

L'évaluation de la politique d'innovation routière menée par M. Michel Ray, directeur scientifique et technique d'EGIS, et M. Denis Fougea, membre du Conseil général des ponts et chaussées, dont le rapport a été récemment publié, a permis de mettre en évidence les orientations qu'il conviendrait de suivre pour relancer, aujourd'hui, l'innovation routière.

La participation de tous les maîtres d'ouvrages routiers à l'effort de soutien de l'innovation, non seulement pour déterminer les axes prioritaires de travail mais également pour favoriser l'expérimentation, une plus grande ouverture de la démarche notamment pour intéresser les PME et les bureaux d'études, une simplification des procédures et une meilleure valorisation économique des résultats obtenus, sont autant d'axes de travail proposés par MM. Ray et Fougea.

Consciente de la nécessité d'agir rapidement, la direction des routes, en liaison avec la direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques du ministère de l'Equipement, a demandé à un groupe d'experts de proposer, avant la fin de l'année, une nouvelle procédure de soutien de l'innovation dans le domaine routier.

Ce groupe de travail, qui associera notamment des praticiens des entre-

prises et des maîtres d'ouvrages publics, sera présidé par M. Jean Bonny, directeur du Centre d'études techniques de l'Equipement Normandie-Centre.

La nouvelle procédure attendue de cette réflexion doit permettre une véritable relance de l'innovation routière, en identifiant les domaines dans lesquels des progrès techniques apparaissent prioritaires, en sélectionnant les projets et en définissant les modalités d'expérimentation, d'évaluation et, le cas échéant, de labellisation.



■ PATRICE PARISÉ  
Directeur des routes

# A75 - La Méridienne

## Réalisation de la liaison Viaduc de Millau

Le groupe Appia (filiales Mazza et Grands Travaux) a réalisé en 2003 la construction du raccordement de l'autoroute A75 "La Méridienne" entre "La Cavalerie" et le viaduc de Millau actuellement en construction. La jonction finale avec le viaduc sera terminée à l'automne 2004.

Ce chantier se caractérise par l'emploi de matériaux granulaires fournis par le maître d'ouvrage (Département de l'Aveyron) et issus du concassage d'un emprunt ouvert dans l'emprise du chantier.

Par ailleurs, il a donné l'opportunité aux entreprises d'utiliser pour la mise en œuvre de la couche de fondation en GB un nouveau système de guidage du finisseur de type DPS qui a permis d'obtenir d'excellentes performances en matière de nivellement.



**Photo 1**  
Vue générale du chantier  
*General view of the site*

**Photo 2**  
Mise en œuvre de matériaux en accotement : emploi de l'épandeur latéral Dupire  
*Laying materials on the road shoulder : use of the Dupire side spreader*



### ■ SITUATION DU CHANTIER

La construction du raccordement de l'autoroute A75 "la Méridienne" entre "La Cavalerie" et le viaduc de Millau, actuellement en construction, a fait l'objet de marchés lancés par le Département de l'Aveyron en 2003.

Le marché "Chaussée" concernant l'opération "Le Tarn-La Cavalerie" a été dévolu au groupe Appia qui a réalisé les travaux au cours du second se-

mestre 2003. Les intervenants étaient deux filiales du groupe Appia : Grands Travaux Appia et Mazza. Pour la tranche ferme, ces entreprises ont réalisé entre fin juin et la mi-octobre les chaussées à 2 x 2 voies en section courante, sur un linéaire de 10,5 km (photo 1).

A cette prestation s'ajoutait au lieu-dit "Baumes-cure", la réalisation d'un demi-échangeur et d'un barreau de raccordement à la RD 999.

Le reste, 900 m, constituant au titre de la tranche conditionnelle le raccordement au viaduc de Millau sera réalisé à l'automne 2004 après sa mise en service.

Les travaux d'assainissement (Satujo et cunette en béton) ont été réalisés dans le cadre d'un autre lot par AER (Appia Equipement de la Route).

### ■ STRUCTURE DE CHAUSSÉE EN SECTION COURANTE

Elle est constituée de plusieurs couches de matériaux bitumineux sur une plate-forme de classe PF2 (module de rigidité > 80 MPa) en matériaux non traités et réalisée dans la phase terrassements du chantier.

La structure était constituée :

- ◆ de deux couches d'assise (fondation et base) en GB 0/14 de classe 3 d'une épaisseur de 14 cm chacune ;



# "La Cavalerie" -

◆ d'une couche de liaison en BBSG 0/10 de 5,5 cm d'épaisseur ;

◆ d'une couche de roulement en BBTM 0/6 de 2,5 cm d'épaisseur.

Les accotements ont été réalisés en matériaux granulaires 0/40 sur une épaisseur de 28 cm.

La mise en œuvre a été réalisée en utilisant un épandeur latéral Dupire (photo 2).

## ■ PROVENANCE DES GRANULATS

La GB 0/14 et le BBSG 0/10 ont été fabriqués à partir des matériaux granulaires fournis par le maître d'ouvrage. Ils étaient issus notamment du concassage par Simat de matériaux provenant d'un emprunt ouvert dans l'emprise du chantier.

Le BBTM 0/6 était constitué de granulats 0/2, 4/6 (amphibolite) en provenance de la carrière d'Arvieu dans l'Aveyron. Ces matériaux, utilisés par ailleurs sur A75, ont des caractéristiques mécaniques intrinsèques de niveau élevé (LA = 16, MDE = 12,5 et RPA = 61) qui permettent d'assurer un niveau d'adhérence satisfaisant pour un revêtement de type BBTM.

## ■ FORMULATION DES ENROBÉS

La GB 0/14 de classe 3 était constituée de quatre coupures granulaires 0/2 (30 %), 2/6 (20 %), 6/10 (22 %), 10/14 (26 %) et 2 % de filler calcaire d'apport.

Le liant (4,70 ppc) était un bitume pur de grade 35/50 fourni par BP depuis la raffinerie de Lavera. L'essai d'orniérage a donné une profondeur d'ornièrerie de 6,7 % à 30000 cycles et 60 °C ; la valeur spécifiée exigée étant de 10 %.

Le BBSG 0/10 de liaison de classe 2 était constitué de trois coupures granulaires 0/2 (30 %), 2/6 (20 %), 6/10 (48 %) et 2 % de filler calcaire d'apport.

Le liant bitumineux utilisé était un liant spécial : Ornital 40 fourni par Total permettant de conférer à l'enrobé les propriétés anti-orniérantes demandées au marché.

L'essai d'orniérage en laboratoire a donné un résultat de 6,1 % à 30000 cycles et 60 °C inférieur à la valeur de 7,5 % spécifiée pour un BBSG de classe 2.

Par ailleurs, l'essai Duriez a montré une bonne résistance à l'eau de l'enrobé (rapport r/R = 0,81 pour une valeur spécifiée de 0,75).



Photos 3 et 4  
Aire de fabrication -  
Centrales mobiles  
de fabrication :  
TSM 25 Major  
et TSM 17

*Manufacturing area -  
Mobile manufacturing  
plants : TSM 25 Major  
and TSM 17*



Le BBTM 0/6 était de type 1 selon la norme NF P 98.137 de mai 2001.

Le liant bitumineux utilisé était le bitume modifié aux élastomères : Biprène 61 R, fabriqué à l'usine de liants Appia de Corbas.

La formulation était la suivante :

- ◆ 71 % 4/6 Arvieu ;
- ◆ 26 % 0/2 Arvieu ;
- ◆ 3 % filler calcaire ;
- ◆ 5,7 ppc bitume modifié Biprène 61 R.

L'étude de formulation en laboratoire a révélé notamment une bonne résistance à l'eau (rapport Duriez r/R de 0,91 pour une valeur spécifiée de 0,80).

## ■ AIRE DE STOCKAGE ET DE FABRICATION

L'aire de Baumescurie a été réservée pour l'implantation de deux postes mobiles d'enrobage : un TSM 17, dotation Mazza et un TSM 25 Major Appia Grands Travaux (photos 3 et 4).

### LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Grave bitume 0/14 : 150 000 t
- Béton bitumineux semi-grenu 0/10 de liaison : 40 000 t
- BBTM 0/6 : 18 000 t
- Tout venant pour accotement : 50 000 t



Photos 5 et 6  
Vues d'ensemble  
de l'atelier de mise  
en œuvre (finisseur ABG  
et alimentateur Franex)  
sur section courante

*Overall views  
of application equipment  
(ABG paver finisher  
and Franex feeder) on link  
section*



## ► ■ MOYENS MATÉRIELS DE MISE EN ŒUVRE

Pour toutes les couches de chaussée en section courante, un finisseur de type ABG 525, travaillant en 8,70 m et jusqu'en 9,40 m de largeur pour les couches d'assise et jusqu'en 12,25 m de largeur pour la couche de roulement en BBTM.

Un alimentateur en continu de type Franex assurait l'alimentation du finisseur (photos 5 et 6).

Pour la couche de fondation en GB 0/14, le système de guidage était de type "DPS finisseur" mis au point par D & P Systems.

Ce système DPS permet de guider en temps réel le finisseur et en coordonnées X, Y et Z, suivant le projet théorique.

Le principe de ce nouveau système de guidage est le suivant :

- ◆ le projet théorique est enregistré dans un ordinateur embarqué à bord du finisseur ;
- ◆ les données de positionnement du finisseur sont déterminées par visée depuis un théodolithe robotisé placé en station sur un des points d'une polygonale préalablement implantée et repérée en coordonnées vers un prisme 360° situé à l'extrémité d'un mât récepteur lui-même fixé sur l'un des bras de la table du finisseur (photo 7) ;

◆ ces données sont transmises par ondes radio à l'ordinateur qui les compare en temps réel avec celles du projet programmé. Les écarts constatés sont traduits en actions mécaniques au niveau des organes de réglage du finisseur.

Une difficulté rencontrée sur le chantier : la mise en place d'une polygonale précise de part et d'autre de l'axe, avec un point tous les 250 m de manière à ce qu'aucun obstacle ne puisse perturber le faisceau optique entre la machine et le théodolithe. Les tableaux altimétriques prescrits dans le marché à  $\pm 1$  cm ont été tenus pour 95 % des points. Les notes d'uni réceptionnées sur la couche de roulement en BBTM ont été de niveau particulièrement élevé en grandes ondes et en ondes moyennes, ce qui confirme l'emploi d'un système de guidage performant du finisseur.

L'emploi de ce système de guidage déjà employé sur d'autres chantiers Appia Grands Travaux (A89 Azerat - La Bachellerie en juin 2003) semble être une bonne solution économique/qualitative.

Pour la couche de base en GB 0/14, le système de guidage était constitué de poutres enjambeuses de 18 m.

La couche de roulement en BBTM était réalisée vis calées.

Les différentes couches ont été compactées par des cylindres vibrants de type CC 501.

Pour les travaux annexes, un finisseur Vogele super 1900, un compacteur de type P2 et des cylindres de type CC42 ont complété le parc de mise en œuvre.

## ■ MOYENS HUMAINS ET CADENCES DE MISE EN ŒUVRE

Entre juin et mi-octobre 2003, sous la responsabilité de R. Henaut assisté de R. Herrera, quarante personnes ont participé à la réalisation de cet ouvrage en totale conformité avec les spécifications du CCTP du marché.

Malgré l'épisode aoûtien du "Technival" qui a perturbé le déroulement du chantier pendant trois jours, les rendements moyens en GB et en BBSG ont été respectivement de l'ordre de 5000 et 4500 t/jour ce qui a permis de livrer l'ouvrage en avance par rapport au planning initial.

## ■ CONCLUSIONS

Comme sur beaucoup d'autres chantiers grands travaux, une synergie efficace entre entreprises et maître d'œuvre a permis d'optimiser les rendements (cadences élevées de l'ordre de 5000 t/jour d'enrobés) et de réaliser des travaux de qualité dans les meilleurs délais.

L'emploi du nouveau système DPS de guidage du



**Photo 7**  
Système de guidage DPS : mât récepteur équipé d'un prisme monté sur le finisseur

*DPS guidance system : receiver pole fitted with a prism mounted on the paver finisher*

finisseur s'est révélé être plus efficace et plus souple d'emploi que le système usuel de plan laser.

Ce chantier a permis d'expérimenter une fois de plus ce nouveau système dans l'objectif de faire progresser le savoir-faire des équipes d'application Appia et la qualité technique de leur chantier.

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### *Maître d'ouvrage*

Etat

### *Maître d'œuvre*

DDE de l'Aveyron

### *Entreprise*

Groupe Appia - Filiales Grands Travaux : Mazza et Appia Equipements de la Route

### *Fournisseurs*

- Etudes de formulation : laboratoire central Appia à Corbas (69) et à Ciry Salsogne (02)
- GB 0/14 et BBSG 0/10 : granulats fournis par la maîtrise d'ouvrage (Simat)
- Bitume pur 35/50 : Total-Fina-Elf
- Bitume spécial "Ornital 40" : Total-Fina-Elf
- BBTM 0/10 granulats et sables : carrière d'Arviu (12)
- Bitume modifié Biprène : usine Appia de Corbas

## ABSTRACT

A75 motorway, "La Méridienne". Construction of the link between "La Cavalerie" and Millau viaduct

*Ch. Alvarez, Y. Meunier*

**Appia Group (through its subsidiaries Mazza and Grands Travaux) in 2003 constructed the link for the A75 motorway "La Méridienne" between "La Cavalerie" and Millau viaduct currently undergoing construction. The final junction with the viaduct will be completed in the autumn of 2004.**

**This project features the use of granular materials supplied by the Owner (the Aveyron Department) and obtained by crushing borrow material from a quarry opened on the land covered by the project.**

**In addition, for laying the foundation course of bitumen treated base material, the contractors were given the opportunity of using a new paver finisher guidance system of the DPS type which enabled excellent levelling performance to be obtained.**

## RESUMEN ESPAÑOL

A75 - La Méridienne.  
Ejecución de las obras de enlace "La Cavalerie" - Viaducto de Millau

*Ch. Alvarez e Y. Meunier*

**El Grupo Appia (filiales Mazza y Grands Travaux) ha ejecutado, en 2003 la construcción del enlace de la autopista A75 "La Méridienne" entre "La Cavalerie" y el viaducto de Millau, actualmente en construcción. El empalme final con el viaducto quedará terminado durante el otoño de 2004.**

**Estas obras se destacan por el empleo de materiales granulares suministrados por la entidad contratante del proyecto (Departamento del Aveyron) y procedentes del machaqueo de un empréstito abierto en el lugar de las obras.**

**Por otra parte, esto ha permitido a las empresas constructoras utilizar para la implementación del firme rígido en GB un nuevo sistema de guiado de la acabadora de tipo DPS, que ha permitido obtener excelentes resultados prácticos en el aspecto de la nivelación.**



# Les ouvrages de la rocade

Cette rocade permettra le bouclage de Marseille par une voie périphérique autoroutière. Cette voie assurera la continuité du trafic entre les autoroutes A7 au nord, A55 au nord-ouest et A50 à l'est, autoroutes qui pénètrent jusqu'au cœur de la ville, mais dont la continuité est mal assurée. En effet cette continuité existe au sud-ouest pour les véhicules d'un gabarit de hauteur inférieur à 3,6 m, et elle reste à terminer au nord-est (figure 1).

Le contournement sud-ouest de Marseille s'effectue par un ensemble d'ouvrages datant de 1960 à nos jours :

- ◆ l'extrémité sud de l'autoroute du littoral ;
- ◆ les viaducs d'Arenc et de la Joliette dans le sens nord-sud et le tunnel de La Major dans le sens sud-nord ;
- ◆ le tunnel du vieux port et le tunnel Prado carénage débouchant directement sur l'autoroute est de Marseille A50.

Cet ensemble permet de traverser Marseille sans autre arrêt qu'un poste de péage.

Le contournement nord-est de Marseille dit rocade L2 permettra de la même façon de traverser la ville sans arrêts et également de desservir la ville avec un ensemble de huit échangeurs répartis sur les 12 km de son tracé entre A7 et A50.



Démarrage des travaux de l'échangeur Florian  
Start of work on the Florian interchange

## ■ L'AVANCEMENT DU PROJET

Ce contournement dont les premiers travaux ont été inaugurés en 1973 est actuellement :

- ◆ en service sur un tiers de son tracé ;
- ◆ réalisé en gros œuvre sur un autre tiers ;
- ◆ programmé ou en cours de travaux sur le dernier tiers (figure 2).

Il reste à ce jour à réaliser en travaux :

- ◆ l'échangeur Florian dont les travaux ont démarré en janvier 2004 avec une prévision de délai de 41 mois ;
- ◆ la tranchée couverte de la Parette d'environ un kilomètre dont l'attribution est en cours ;
- ◆ la tranchée couverte de la Fourragère d'environ 500 m dont la sortie du DCE est imminente.

Compte tenu des délais respectifs de ces trois principaux chantiers, l'ensemble devrait être achevé à la même date ; il restera à réaliser les équipements et les chaussées ainsi que les mises en conformité à la circulaire d'août 2000 relative à la sécurité des tunnels routiers dont le génie civil a été achevé avant cette date et ne sont pas encore en service.

Ces trois chantiers comportent d'importants ouvrages, puisque cette rocade est à 2 x 3 voies avec BAU, qu'elle comporte de nombreux points d'échanges et qu'elle se situe dans des zones urbaines parfois très denses, parfois pavillonnaires. La mise au point du projet de chaque tronçon a fait l'objet de longues et laborieuses négociations permettant de trouver un équilibre entre le coût de ces ouvrages et leur intégration au milieu du tissu urbain dense qu'il traverse ; les riverains se sont montrés très exigeants vis-à-vis des nuisances engendrées par ce type d'ouvrage tant à la construction qu'à l'exploitation. La solution des tranchées couvertes avec des trémies plus ou moins largement ouvertes dans les zones les moins denses permettant la réalisation de jardins et d'équipements communautaires (salles de sports et équipements culturels) sur la dalle terminée et limitant les contraintes de ventilation, a largement obtenu la faveur des projecteurs de l'opération.

## ■ L'ÉCHANGEUR FLORIAN

L'échangeur Florian est aujourd'hui le principal chantier de l'opération, il permet la liaison entre l'autoroute A50 Marseille Aubagne et la rocade L2.

### L'état actuel

L'autoroute A50 réalisée vers 1960 comporte 2 x 3 voies dans cette zone et son trafic est d'environ 120 000 à 130 000 véhicules par jour. Le chantier se situe à l'emplacement d'un demi-échangeur permettant de desservir le tissu local pour le trafic ve-



Figure 1  
Les rocades de Marseille  
The Marseilles bypasses

# L2 à Marseille

Michel Dusserre

RESPONSABLE  
DES TRAVAUX  
DDE 13



Philippe Lambert

DIRECTEUR TECHNIQUE  
Campenon Bernard Méditerranée



nant d'Aubagne et de capter le trafic local sur l'A50 vers Aubagne.

Ce demi-échangeur est un giratoire surélevé comportant deux ponts à deux voies au-dessus de l'autoroute. Un ensemble de bretelles en voirie de surface permet d'alimenter ce giratoire.

## L'état futur

L'objet des ouvrages futurs est de permettre la continuité des fonctions actuelles, d'assumer toutes les fonctions d'échange avec le tissu local, et de permettre la desserte directe de la L2 pour les trafics vers Aubagne et provenant d'Aubagne. Tous les autres échanges s'effectuant sur un giratoire surélevé de même type que l'échangeur actuel.

## Les ouvrages principaux

L'ouvrage comporte donc principalement :

- ◆ une tranchée couverte située au sud à 2 voies, dont la fonction est de permettre le trafic d'A50 Marseille Aubagne ;
- ◆ une tranchée couverte à deux niveaux située au nord permettant de superposer le trafic d'A50 Aubagne/Marseille (les voies profondes) et le trafic Aubagne/L2 ainsi que le trafic L2/Aubagne ;
- ◆ deux ouvrages provisoires permettant de constituer un giratoire au-dessus des tunnels et du trafic d'A50 et de rétablir les échanges avec le trafic local ;
- ◆ un bassin d'orage et une usine de traitement des eaux collectées dans ce bassin ;
- ◆ la déviation de certaines voiries locales ;
- ◆ la reconstruction de la passerelle de la Gardanne pour le passage des piétons d'un côté à l'autre de A50.

## LES LOTS DE TRAVAUX DE L'ÉCHANGEUR FLORIAN

Cet ensemble est en cours de réalisation avec :

- ◆ un lot de travaux préliminaire :
  - un bassin d'orage et une usine de traitement des eaux collectées dans ce bassin,
  - la déviation de la rue Désiré Bianco,
  - la déviation d'importants réseaux d'assainissement ;
- ◆ un lot de travaux principal :
  - une trémie sud permettant le transit Marseille/Aubagne,
  - une trémie nord permettant le transit Au-

bagne/Marseille et la liaison vers la rocade L2 qui sont superposées,

- la reconstruction de la passerelle de La Gardanne,
- la construction de deux ponts "provisoires durables" au-dessus des voies de A50.

Un autre marché de travaux complémentaires permettra l'achèvement de l'ensemble notamment la chaussée définitive au-dessus des tunnels.

Les travaux préliminaires ont été livrés au mois de mai 2004, les travaux du lot principal ont démarré en janvier 2004 (délai 41 mois).

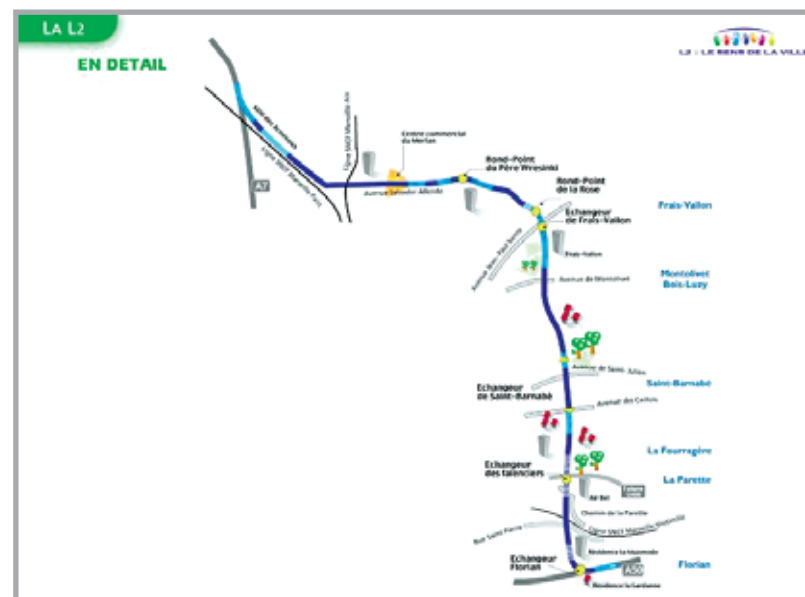


Figure 2  
La rocade L2  
en détail

The L2 bypass  
in detail

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

### Travaux préliminaires de Florian

- Coût global : 7,1 millions d'euros HT
- Parois : 3 700 m<sup>2</sup> de forage et 236 t d'armatures
- Béton : 3 600 m<sup>3</sup>
- Acier hors parois : 260 t
- Terrassement : 70 000 m<sup>3</sup> dont 52 000 de criblages

### Travaux principaux de Florian

- Coût global : 38,3 millions d'euros HT
- Parois : 20 600 m<sup>2</sup> de forage et 1 400 t d'armatures
- Béton : 22 000 m<sup>3</sup>
- Acier hors parois : 2 850 t
- Terrassement : 45 000 m<sup>3</sup>









▶ parois moulées entre les deux phases principales. La présence de la bretelle de sortie Aubagne/tissu local au-dessus du tunnel nord amène à des sous-phases complexes, et contribue fortement à l'allongement du délai global.

## ■ CONCLUSION

L'attribution des derniers lots de travaux de la rocade L2 permettra de voir l'achèvement d'une rocade complète de Marseille à l'horizon 2009. Le long délai de réalisation de cet ouvrage montre la grande complexité administrative et technique du cadre de conception et réalisation d'un ouvrage dans un site fortement urbanisé.

### LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

#### *Travaux du lot principal*

En groupement : Campenon Bernard Méditerranée - GTM - Eiffage TP - Solétanche Bachy - Botte Sade - Eurovia - Appia 13

#### *Travaux du lot préliminaire*

En groupement : Campenon Bernard Méditerranée - Dodin - Botte Sade - Valérian - Sogea sud-est

### ABSTRACT

Civil engineering structures on the L2 bypass in Marseilles

*M. Dusserre, Ph. Lambert*

This bypass will complete the ring motorway forming a loop around Marseilles. The road will ensure continuity of traffic between the A7 motorway in the North, the A55 in the North-West and the A50 in the East, motorways that go into the heart of the city, but whose continuity is not suitably ensured. In particular, this continuity exists in the Southwest only for vehicles less than 3.6 metres in height, and it remains to be completed in the Northeast.

The works are currently scheduled for completion around 2009.

The Florian interchange, which is the main project currently underway, consists chiefly of three cut-and-cover tunnels, two of which are superimposed and then diverge.

Two other coming cut-and-cover projects 1000 and 500 metres long will enable the junction to be completed with the other existing structures on this bypass.

Characteristics of this project are the very long project development times and major administrative constraints especially due to the fact that the areas passed through are highly urbanised.

### RESUMEN ESPAÑOL

Las estructuras de la vía de circunvalación L2, en Marsella

*M. Dusserre y Ph. Lambert*

Esta ronda permitirá el cierre del circuito de Marsella por medio de una vía periférica de autopista. Esta vía permitirá la continuidad del tráfico rodado entre las autopistas A7, por el norte, A55 por el noroeste y A50 por el este, autopistas que penetran hasta el propio centro de la ciudad, pero cuya continuidad no se obtiene en buenas condiciones. Efectivamente, esta continuidad existe por el suroeste para los vehículos de un gálibo inferior a 3,6 m de altura, y aún queda por terminar por el noreste.

Las obras están proyectadas actualmente para su terminación hacia el año 2009.

El enlace Florian, principal obra actual-

mente en curso, está constituido por tres trincheras cubiertas, dos de las cuales están superpuestas, y acto seguido divergentes.

Otras dos obras consecutivas deberán permitir la ejecución de la trinchera cubierta de 1.000 m y 500 m, y así finalizar el empalme con las demás estructuras existentes de esta vía de circunvalación.

Esta operación se destaca por los muy elevados plazos de ejecución para finalizar el proyecto y, asimismo, los imperativos administrativos importantes, derivados, principalmente, de la travesía de áreas sumamente urbanizadas.

# Autoroute D5 - Section Est de la déviation de Plzen

## Un chantier majeur en cours de réalisation en République Tchèque

Depuis presque deux ans, les équipes de SSZ (Stavby silnic a Zeleznic) réalisent un chantier de grande envergure : la branche Est du contournement de la ville de Plzen, section de l'autoroute D5 dont le profil droit a été mis en service le 15 décembre dernier. L'autoroute D5 est un axe de circulation majeur qui s'inscrit dans le projet du IV<sup>e</sup> couloir transeuropéen, reliant Prague à l'Allemagne, via la Bavière. La construction de cette autoroute a démarré en 1976 et doit être achevée en 2006, la déviation de la ville de Plzen – longue de 22,9 km – constituant sa dernière phase.

La longueur totale de cet axe sera alors de 151 km.



Plan masse -  
Tracé de la déviation  
Layout plan -  
Bypass alignment

L'autoroute D5 est un axe routier important qui s'inscrit dans le projet du quatrième couloir transeuropéen. Elle relie la capitale de la République Tchèque, Prague, à la Bavière en Allemagne. La construction a démarré en 1976 et la fin du chantier est prévue pour 2006. Le dernier lot qui concerne le contournement de la ville de Plzen représente 22,97 km. La longueur totale de l'autoroute mise en service sera à terme de 151 km. La section entre Prague et Plzen, construite entre 1976 et 1994, en couche bitumineuse, a été en grande partie réalisée par SSZ, y compris un certain nombre de bretelles d'autoroute.

La présence de SSZ après la réalisation des 62 km d'autoroute (en béton) reliant Plzen à Rozvadov (à la frontière allemande), s'est limitée à la construction de bretelles d'accès, d'aires de service en bordure de route, d'aires de stationnement, etc. En 1997, une fois terminée la section D5 Plzen -

Rozvadov, demeurait le problème majeur de la traversée de la ville de Plzen qui absorbait très difficilement un trafic de transit en constante augmentation.

SSZ a participé à la construction du périphérique urbain intérieur mais la ville continuait à supporter les désagréments des poids lourds. L'unique remède qui dégagerait la ville était la construction d'une déviation autoroutière.

Les discussions sur le choix du futur tracé d'autoroute ont duré presque dix ans. Après de longues négociations, un tracé sud, éloigné de la ville de Plzen a été retenu, dont les sections est et ouest se rencontrent à proximité de la colline de Val.

Un appel d'offres fut alors lancé sur la section ouest de la déviation, composé en deux lots totalisant 12,4 km. Le groupement piloté par SSZ, dont SMP Construction (groupe Vinci) pour les ouvrages d'art, fut adjudicataire de ce marché.



Déblais - Profondeur 18 m  
près du secteur  
de Letkov  
*Earth cuts -  
Depth of 18 metres  
near the Letkov sector*



Déblais près de Letkov  
et centrales d'enrobage mobile  
et stationnaire - Mise en place  
de l'enrobé  
*Earth cuts near Letkov  
and mobile and stationary mixing  
plants - Laying asphalt*



Remblai de 4 m  
près de Letkov  
*Backfill  
4 metres high  
near Letkov*



Compactage - Secteur  
de la rivière d'Uslava  
*Compaction -  
Uslava River sector*



L'adjudicataire du lot Ejpvovice - Cernice, constituant la section Est de la déviation de Plzen, est le "groupement Plzen" dont l'entreprise majoritaire Stavby silnic a Zeleznic est représentée par la division de Hradec Králové.

Le démarrage, le 12 avril 2002, du lot 0510/IA de la D5, d'une longueur totale de 8,569 km, fut un événement solennel. Il s'agit d'une autoroute de catégorie D 27,5/120 comprenant : la réalisation d'un échangeur à plusieurs niveaux à proximité de Ejpvovice, trois échangeurs à plusieurs niveaux à Cernice, la construction d'un réseau de drainage en dessous de la ligne ferroviaire de Ceské drahy, de ponts constituant un couloir "biologique" ainsi que d'autres ouvrages spécifiques.

Les travaux totalisent 1 326 548 m<sup>3</sup> de déblais et 1 655 452 m<sup>3</sup> de remblais. La structure des couches de surface autoroutières est spécifiée en encadré, la couche de roulement étant exécutée en béton bitumineux avec liants modifiés. La superficie totale des 12 ouvrages d'art représente 15 858 m<sup>2</sup>. Les mesures prises, à proximité des sites d'habitation, contre le bruit se traduisent par des murs antibruit dont la longueur totale est de 2,266 km. Les autres divisions de SSZ participent au chantier à travers leurs activités spécialisées, notamment la division de Revnice (glissières type New Jersey, murs antibruit, buses arches préfabriquées - TOM SO), la division de Plzen (deux ouvrages d'art) et la division 3 de Prague spécialisée dans la construction des corps de chaussées. Cette dernière s'approvisionne auprès de la centrale d'enrobage mobile Benninghoven MBA 160, nouvellement installée à titre provisoire à proximité de la centrale d'enrobage fixe de Letkov. Les deux centrales d'enrobage ont dû supporter une charge de travail extraordinaire cet été, car la quantité d'enrobés à appliquer dans l'espace de quelques mois était de 85 000 m<sup>3</sup>.

Outre ce lot, la division SSZ de Plzen réalise aussi une bretelle d'autoroute.

La protection de l'environnement est un facteur essentiel de ce chantier. Pour cela, des petits ponts type "bio-couloir", des ouvrages d'assainissement et de protection contre les eaux polluées ont été réalisés. Une autre mesure prise pour protéger les eaux de surface en cas d'accidents de la circulation se traduit par des fermetures de sécurité montées en amont des bassins de rétention d'eau. De plus, un ouvrage d'art traversant la rivière Úslava a été construit en amont du chantier. Il s'agit d'un pont de 531 m comprenant 12 travées constituées de poutres monolithiques continues en béton précontraint.

La fin du chantier pour ce lot est prévue en décembre 2004. Des fouilles archéologiques ont interrompu les travaux et prolongé les délais, mais le résultat en valait la peine : certaines des découvertes remontent à l'âge de pierre. Par ailleurs, les inondations d'août 2002 ont occasionné un re-

tard 3 mois qui est actuellement rattrapé, et le planning initial de travaux est respecté.

Selon certains experts, le contournement de la ville de Plzen réduirait de plus de 400 par an les accidents de la circulation, dont environ 1/10<sup>e</sup> concerne des accidents graves voire mortels.

Le chantier est financé par les Fonds publics d'infrastructure de transports de la République Tchèque avec le concours de la Banque européenne d'investissements. Le coût s'élève globalement à 3,095 KMCZK TTC.

Les travaux de projet du lot de la D5 entre Ejovice et Cernice ont été confiés aux bureaux d'études Valbek, Promo et Pragoprojekt pour la partie ouvrages d'art et à Pragoprojekt pour la partie route. Le directeur de chantier est Petr Boukal de la division SSZ - Hradec Králové. Les conducteurs de travaux sont : Jan Kusnir, Jaroslav Struk, Miroslav Opatrny et Pavel Dráb.

D'ici à 2015, de nouveaux centres commerciaux et zones industrielles devraient s'installer à proximité immédiate de l'autoroute.

La construction de cet axe raccordé au réseau autoroutier allemand est une étape significative pour la liaison transversale européenne (E50).

Le 15 décembre 2003 dernier, la section droite de ce lot (2 voies) a été mise solennellement en service en présence du D<sup>r</sup> Vladimír Spidla, Premier ministre de la République Tchèque.

## ■ RAPPORT TECHNIQUE\*

### Le profil en travers

Selon le projet, l'autoroute est classée dans la catégorie D 27,5/120 :

- ◆ D = Dálnice = autoroute;
- ◆ 27,5 = largeur de la plate-forme en mètres;
- ◆ 120 = catégorie de vitesse en km/h.

#### Profil en travers type

- ◆ Terre-plein central (1/2) : 1,75 m;
- ◆ Bande de rive intérieure : 0,75 m;
- ◆ 2 voies de circulation : 2 x 3,75 m;
- ◆ Bande de rive extérieure : 0,25 m;
- ◆ Accotement stabilisé : 3,00 m;
- ◆ Accotement non stabilisé : 0,75 m.

La largeur de l'accotement non stabilisé est de 0,75 m. Dans les sections portant des glissières sur un remblai de plus de 4 m de haut, l'accotement non stabilisé est élargi à 1,5 m. Un autre élargissement de l'accotement est réalisé à proximité des ouvrages et équipements autoroutiers (postes d'appels d'urgence, piles de pont, portiques de signalisation routière, murs antibruit). L'accotement non stabilisé est revêtu de granulats de fraction 0/32.

\* Source : Pragoprojekt - Ing. Marcela Matejkova

Le niveau du terre-plein central et de l'accotement non stabilisé est de 0,03 m inférieur à celui de la chaussée.

Les accès aux postes d'appels d'urgence et les accotements non stabilisés aux abords des murs antibruit sont structurés comme suit :

- ◆ dallage gris : 60 mm;
  - ◆ couche de construction 4/8 : 30 mm;
  - ◆ agrégats 8/16 : 100 mm;
- Total** : 190 mm.



Ouvrage d'art n° 209 -  
Passage supérieur

*Civil engineering  
structure No. 209 -  
Overpass*



Ouvrage d'art n° 206 -  
Intersection  
Cernice Nord

*Civil engineering  
structure No. 206 -  
Cernice North  
intersection*

### Dévers transversal

Le dévers transversal de la section de l'autoroute répond à une catégorie et à une vitesse projetée. Le dévers transversal type est de 2,5 %. Il diffère cependant suivant le rayon de courbure :

- ◆ R = 5 000 m à R = 2 000 m : 2,5 %;
- ◆ R = 1 306 m : 2,9 %;
- ◆ R = 1 500 m : 3,35 %;
- ◆ R = 1 125 m : 3,9 %.

Le changement de pente se traduit par le relèvement des voies de circulation au bord du terre-plein central, soit à 1,75 m de l'axe de l'autoroute.



Pose de géotextile -  
Secteur ouest du lot  
Ejpvovice-Cernice

*Laying geotextile -  
Western sector  
of the Ejpvovice-Cernice  
work section*



Carrefour giratoire  
près de l'intersection  
Cernice Nord

*Roundabout  
near the Cernice  
North intersection*



## ► Drainage

Les surfaces stabilisées dans les déblais et les remblais sont drainées par des fossés. Les eaux drainées sont ensuite évacuées vers des bassins de rétention.

Sur la chaussée d'autoroute construite en remblai l'eau de surface est évacuée dans des caniveaux de 0,50 m de large, mis en place le long de l'accotement stabilisé.

Sur les sections en déblai l'eau est évacuée dans des caniveaux de 1,00 m installés sur l'accotement non stabilisé. D'autres caniveaux de 0,50 m sont également placés le long du terre-plein central en fonction de la pente de la chaussée.

Caniveaux et grilles d'évacuation sont construits à un niveau inférieur de 10 mm à celui de la chaussée, la profondeur du joint étant de 40 mm et la largeur de 20 mm.

Les fossés en tête et pied de talus sont des éléments préfabriqués mis en place sur un lit de gravillons de 0,10 m d'épaisseur.

L'ensemble des caniveaux et fossés est réalisé en béton à air occlus monolithique type C25/30.

L'arase du terrassement est drainée vers les bords extérieurs, l'eau étant évacuée soit dans des drains en bordure, soit dans le talus de remblai.

Au kilomètre 76,250 - 76,510, le tracé de l'autoroute traverse une zone protégée du deuxième degré (rivière d'Úslava). Les drains et caniveaux de cette section sont protégés par une surface d'étanchéité.

Un pont-cadre de 2,00 x 2,50 x 62 m posé au kilomètre 70,61145, conduit l'eau d'un côté à l'autre de l'autoroute.

## Équipements de sécurité

### *Glissières de sécurité*

Des glissières en acier du type JSNH4 et OSNH4 et des glissières en béton armé de type New Jersey sont posées sur la longueur totale du lot.

Des glissières sont mises en place partout où la réglementation TP et les normes CSN l'exigent – sur les remblais de plus de 4 m et à proximité des postes d'appels d'urgence, portiques et potences de signaux routiers, panneaux de signalisation de grandes dimensions, murs antibruit, piles d'ouvrages d'art, etc.

### CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES

- Catégorie de la route : D 27,5/120

#### *Structure de la chaussée :*

- couche de roulement : BB 40 mm
- couche d'accrochage : 0,2 kg/m<sup>2</sup>
- couche de liaison : BB 70 mm
- couche d'accrochage : 0,2 kg/m<sup>2</sup>
- couche de base I : GB 70 mm
- couche d'accrochage : 0,2 kg/m<sup>2</sup>
- couche de base II : GB 70 mm
- couche d'accrochage : 0,6 kg/m<sup>2</sup>
- couche de fondation : GRH 200 mm
- sous-couche : GNT 200 mm

- Longueur totale : 8569 m
- Total déblais : 1 326 548 m<sup>3</sup>
- Total remblais : 1 655 452 m<sup>3</sup>
- Enlèvement de la terre végétale : 248 225 m<sup>3</sup>
- Superficie de la couche de surface : 120 760 m<sup>2</sup>
- Ouvrages d'art : 12
- Superficie totale d'ouvrages d'art : 15 858 m<sup>2</sup>
- Murs antibruit : 2 266 ml
- Bassins de rétention : 2

Des glissières en béton armé de type New Jersey de 1,10 m de hauteur sont mises en place sur le terre-plein central.

Des glissières en béton armé New Jersey, hautes de 1,20 m en pied de talus, protègent contre les chutes de pierre.

#### *Les poteaux réfléchissants*

Sur toute la longueur du tracé sont positionnés des poteaux réfléchissants en PVC montés sur les glissières en acier et les barrières en béton armé.

### Les terrassements

Les travaux préparatoires du terrassement ont commencé par l'abattage des arbres et le débroussaillage du terrain. Tous les réseaux ont été identifiés au préalable et déplacés si nécessaire.

Les travaux propres de terrassement ont débuté par l'enlèvement de la terre végétale sur une épaisseur variable selon la prospection géologique du sol.

Les déblais répondant aux conditions du TKP (Technique d'application tchèque) ont été, en grande partie, utilisés en remblai.

### Composition géologique du sol

Le sol préquaternaire est composé de schiste désagrégé.

L'avancement des travaux s'est fait sans problème majeur et en continu.

Les montées d'eau souterraines ont été retenues puis évacuées vers le système de drainage de l'autoroute. Pour ce faire, un réseau en talus a été réalisé tous les 100 m. Pente des talus : 4/7.

#### *Extraction de schistes au km 70,860 - 72,130*

Le déblai de 18 m de profondeur a nécessité l'emploi d'explosifs. Il a été recommandé d'utiliser le tir dit "Presplit" pour obtenir la forme définitive des talus.

#### *Au km 71,600 - 71,500*

Des infiltrations d'eau souterraine ont été constatées au pied du terrassement, une infiltration permanente à droite et une infiltration temporaire à gauche. En conséquence, des drains (1,20 m en dessous de l'arase) ont été exécutés des deux côtés sur recommandation de l'auteur du rapport de prospection géologique.

Les terres déblayées s'adaptaient bien au remblai et aux travaux d'assainissement.

#### *Km 72,130 - 73,180 : remblai de 16 m*

Dans cette section du tracé se situe un ouvrage d'art déjà construit, sur la rivière Úslava. Des rampes, drainées en soubassement, ont été réalisées.



Une centrale d'enrobage mobile + une stationnaire

*A mobile mixing plant + stationary plant*



Soutirage des émulsions

*Emulsion draw-off*

#### *Km 73,180 - 73,400 : déblai de 2 m*

Le corps de ce déblai est constitué de gravier d'argile sableux. Il a été évacué et appliqué en remblai. Les talus du terrassement ont été réalisés à raison de 1 pour 2.

#### *Km 73,400 - 74,900 : remblai de 10 m*

Ici le sous-sol du remblai se compose de terres d'argile sableuse diluviennes et de silex noir. L'inclinaison des talus de remblai est stable, conforme aux normes.

#### *Km 74,900 - 75,460 : déblai de 7 m*

La couche présente des matériaux du quaternaire et le sous-sol préquaternaire comporte des sédiments tertiaires.

Les terres déblayées s'adaptent bien au remblai et aux travaux d'assainissement.

#### *Km 75,460 - 75,900 : remblai de 6 m*

Une nappe d'eau souterraine a été observée au niveau de la couche de forme à - 0,80 m.





Inauguration du 15 décembre 2003 - Secteur Cernice Nord

*Inauguration on 15 December 2003 - Cernice North sector*

► Km 75,900 - 76,510 : déblai de 6 m de profondeur

Le sous-sol préquaternaire est formé de schistes désagrégés.

Les terres déblayées s'adaptent bien au remblai et aux travaux d'assainissement.

L'excédent du déblai a été utilisé en remblai des ouvrages routiers, et le reste, non adapté, a été évacué en décharge. La terre végétale enlevée a été réutilisée pour les aménagements du tracé.

## ABSTRACT

D5 motorway - Eastern section of the Plzen diversion. A major project undergoing construction in the Czech Republic

*Z. Procházka, J.-M. Seyvet*

For almost two years now, the personnel of SSZ (Stavby Silnic a Zeleznic) has been carrying out a large-scale project : the eastern branch of the bypass around the City of Plzen, a section of the D5 motorway the right-hand part of which was put into operation on 15 December last. The D5 motorway is a major trunk road which forms part of the project for the IVth trans-European corridor linking Prague to Germany via Bavaria. Construction of this motorway began in 1976 and is due to be completed in 2006, the Plzen City bypass – 22,9 km long – constituting its final phase.

The total length of this trunk road will then be 151 km.

## RESUMEN ESPAÑOL

Autopista D5 - Sección Este de la variante de Plzen. Una obra muy destacada, actualmente en curso de ejecución en la República Checa

*Z. Procházka y J.-M. Seyvet*

Desde cerca de dos años, los equipos de SSZ (Stavby silnic a Zeleznic) ejecutan obras de gran importancia : el ramal Este de la variante de la ciudad de Plzen, sección de la autopista D5, cuyo perfil derecho ha entrado en servicio el 15 del pasado mes de diciembre. La autopista D5 constituye un eje de tráfico de suma importancia que corresponde al proyecto del cuarto corredor transeuropeo, que pone en comunicación a Praga con Alemania, vía Baviera. La construcción de esta autopista fue iniciada en 1976 y deberá quedar terminada en 2006, cuya variante de la ciudad de Plzen – de una longitud de 22,9 km – constituye su última etapa.

La longitud total de este eje de comunicaciones alcanzará entonces una distancia de 151 km.

# 42 km d'autoroute en Roumanie

Bruno Laffaire



DIRECTEUR ROUMANIE  
ET RÉGION SUD  
Colas Direction Roumanie  
et Région Sud

Entre Bucarest et Constanta, à quelques encablures du Danube, Colas réalise une section de 41,6 km d'autoroute au milieu de la plaine et du lœss roumains. Pour faire face aux quantités considérables de matériaux à déplacer ou à mettre en œuvre, une importante structure de chantier a été mise en place avec pour objectif de finir le chantier dans sa section courante fin octobre 2004, et dans sa totalité en août 2005.

## ■ PRÉSENTATION ET HISTORIQUE DU PROJET

Conçu il y a 17 ans, le projet de l'autoroute Bucarest-Constanta, dans le sud-est de la Roumanie, a été relancé en 2001. Il s'inscrit dans le vaste processus de modernisation du réseau routier roumain enclenché en vue de l'adhésion à l'Union européenne. Cette autoroute permettra de relier la capitale roumaine (2,3 millions d'habitants, 10 % de la population) à Constanta (seconde ville du pays et troisième port européen en terme de capacité de fret).

Les travaux sont financés par des fonds européens de type ISPA pour 70 % et sur budget propre de l'Etat roumain pour 30 %.

Trois appels d'offres ont été lancés en 2001 pour les trois premières sections. Les sections 1 et 2, respectivement de 26,5 km et 29,2 km, ont été remportées par un groupement italo-roumain et par un groupement constitué de trois entreprises turques, tandis que Colas a remporté le marché de la section 3.

Les trois sections, dont une partie des travaux avait été engagée au début des années 90, puis arrêtée à cause de problèmes de financement, sont en cours de construction.

Longue de 41,6 km, la section 3 qui doit relier Lehliu à Drajna a donc été attribuée à Colas en novembre 2001 après plus de huit mois de négociations. Le contrat a été signé pour un montant de 50 millions d'euros environ pour la phase 1 (section complète, à l'exception de la chaussée sens Constanta-Bucarest). Un addenda de plus de 20 millions d'euros a été signé en avril 2003 pour réaliser les chaussées sur la voie Constanta-Bucarest.

Les travaux sont réalisés par l'agence Colas Roumanie, spécialisée dans les grands travaux, avec comme sous-traitant principal SCCF Lasi, autre filiale roumaine du groupe, spécialisée dans les travaux de terrassement et génie civil. Ils ont commencé en avril 2002 pour une fin programmée en deux

étapes : la section courante fin octobre 2004 (36 mois de délai) et les travaux annexes en août 2005.

## ■ LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Ce chantier comprend la réalisation complète des travaux de terrassement, génie civil, chaussée, et travaux annexes de sécurité et de signalisation. Les quantités principales sont :

- ◆ 2 800 000 m<sup>3</sup> de déblais-remblais réalisés de manière classique avec cinq ateliers pelles-camions;
- ◆ 270 000 m<sup>3</sup> de traitement de couche de forme



### COLAS EN ROUMANIE : 11 ANS DE DÉVELOPPEMENT

La première implantation de Colas en Roumanie date du début de l'année 1992, quand le groupe s'associe avec l'Administration Nationale des Routes de Roumanie pour créer Sorocam – Société Roumaine de Carrières et Matériaux. Sorocam est alors, dans le domaine de la construction routière, la première société mixte roumaine formée après les événements de 1989. A l'automne 1992, la société utilise pour la première fois, lors de la réhabilitation de la RN1 Bucarest-Ploiesti, la technique de recyclage à froid Novacol. Son activité lui vaut, en 1994, le trophée de la Qualité décerné par l'Araco, fédération professionnelle roumaine de la construction routière. En 1998, suite au rachat de la filiale locale de Sreg, est créé Colas Agence Roumanie. En 2000, Colas achète 66 % d'Ankorad Craiova, l'une des huit anciennes administrations régionales des Routes et des Ponts de Roumanie. S'est ajoutée fin 2001, SCCF Lasi, troisième entreprise de construction routière du pays, spécialisée également dans le génie civil, les ouvrages d'art et l'entretien ferroviaire. L'acquisition du paquet majoritaire de SCCF a été l'aboutissement d'une coopération démarrée en 1994.

En 2003, le chiffre d'affaires du groupe en Roumanie s'est élevé à plus de 70 millions d'euros.

Parmi les autres chantiers importants réalisés actuellement par le groupe en Roumanie, citons notamment les travaux d'entretien sur la RN3, entre Bucarest et Calarasi (108 km), sur la RN6, entre Timisoara et Cenad (84 km), ainsi qu'entre Alexandria et Caracal (82 km). Ces trois contrats représentent un montant total de 16,6 millions d'euros.



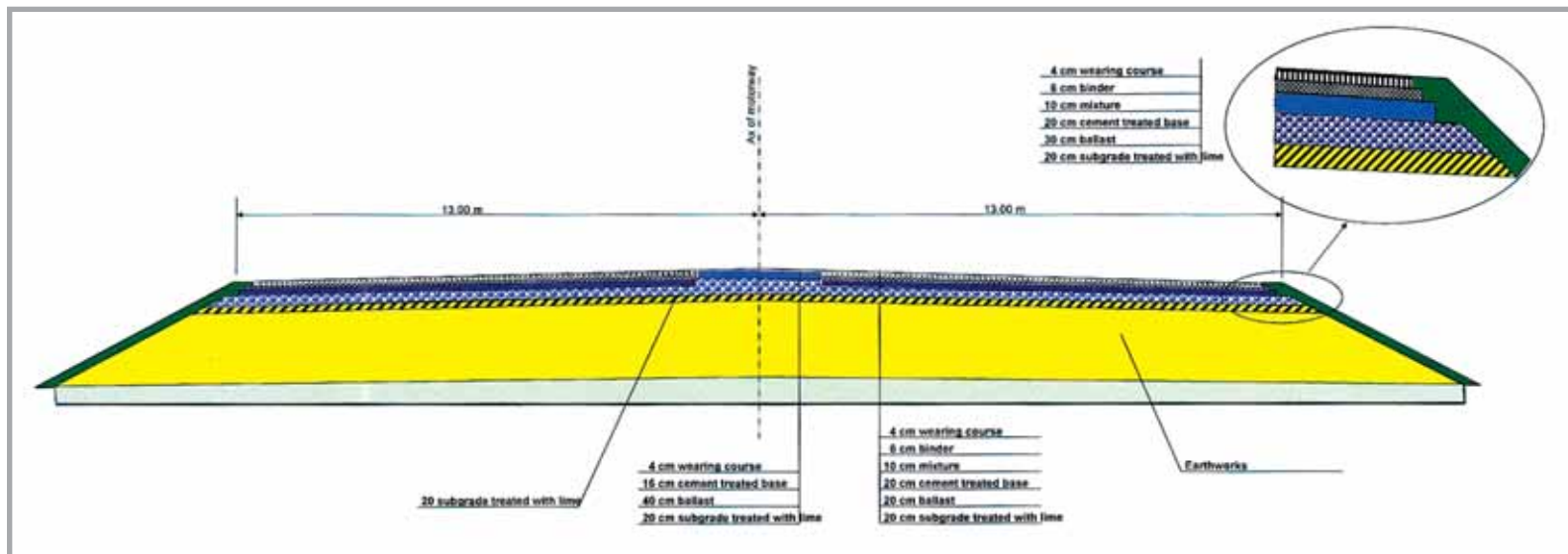


Figure 1  
Coupe transversale  
de la section  
courante  
*Cross section  
of the main  
motorway section*



Photo 1  
Groupe de criblage  
concassage  
*Screening  
and crushing unit*

couche de forme en loëss traité à la chaux sur 0,20 m est mise en œuvre. La couche de fondation est faite de 0,30 m moyen de ballast optimisé, sorte de GRH fabriquée avec des matériaux extraits de ballastières concassés ou non (photo 1), puis de 0,20 m de grave ciment. La partie noire est constituée de 0,10 m de grave bitume, 0,06 m de BB de liaison et enfin 0,04 m d'enrobés fibres ;  
◆ huit passages supérieurs sur neuf sont réalisés de manière identique (photo 2 et figure 2) : fondés sur des pieux battus, ils reposent sur quatre piles obliques. Deux sets de coffrages métalliques spéciaux ont été fabriqués par un sous-traitant roumain. Les ouvrages sont coulés en deux fois : un premier coulage pour les piles et le second pour la totalité du tablier. Le délai total par ouvrage est de 10 mois environ.

- ▶ à la chaux réalisés par deux ateliers pulvimixeur CMI et deux épanduses à chaux ;
- ◆ 1 400 000 t de ballast optimisé, sorte de GRH (grave recomposée humidifiée) réalisée par deux centrales à blanc installées sur l'aire de fabrication de Drajna ;
- ◆ 600 000 t de ballast stabilisé au ciment fabriqué par deux centrales type SAM 400 ;
- ◆ 540 000 t d'enrobés réalisés par une centrale Ermont TSM 25 ;
- ◆ 50 000 m<sup>3</sup> de béton, nécessaires pour couler en place 84 km de fossés, 12 ponts autoroutiers et neuf passages supérieurs nécessaires aux rétablissements de communication locale.

### ■ LES SOLUTIONS TECHNIQUES

Sur ce chantier, aucune variante technique n'ayant été admise, la solution initiale classique a été utilisée (figure 1) :  
◆ après une couche de remblais réalisée en loëss extrait sur place et épaisse d'environ 1 m, une

### ■ LES PARTICULARITÉS DU CHANTIER

Une des particularités de ce chantier est qu'il se situe dans la plus grande plaine de Roumanie bordée par le Danube distant de 40 km du site environ. Cette localisation est à l'origine des deux contraintes majeures du chantier :  
◆ un sol essentiellement composé de loëss (mélange de sable fin et d'argile) très sensible à l'humidité avec une nappe phréatique très haute ;  
◆ l'absence complète, autour du site, de carrières et de ballastières, et donc l'absence de sources de matériaux de bonne qualité, excepté des sables fins extraits du Danube.

#### Les matériaux de remblai

Pour monter les remblais de la section courante et ceux des nombreux ouvrages d'art prévus sur le chantier, l'entreprise a été contrainte d'utiliser les loëss présents sur toute la longueur du site. Le cu-

bage total de déblais-remblais est de l'ordre de 2 800 000 m<sup>3</sup>. La présence de la nappe phréatique à 3,50 m environ de la surface a obligé Colas à ouvrir plus d'une dizaine de sites d'extraction de grande surface sur tout le tracé de l'autoroute (photo 3). L'ouverture de ces emprunts a été rendue très difficile par l'obligation d'obtenir préalablement un grand nombre d'autorisations et de documents administratifs. A la fin des travaux ils seront remplis de terre végétale ou réaménagés en décharges municipales ou même en bassins de pisciculture. Une des difficultés de mise en œuvre de ce matériau est sa teneur en eau. L'Optimum Proctor est atteint à une teneur en eau proche de 16 %, ce qui impose d'arroser abondamment, ou d'aérer les matériaux extraits en limite de nappe phréatique.

### LA MODERNISATION DE L'INFRASTRUCTURE ROUTIÈRE ROUMAINE : UN DÉFI

La Roumanie dispose aujourd'hui d'un réseau autoroutier de 114 km seulement. Ce chiffre est particulièrement faible, non seulement au regard des pays européens dans leur ensemble, mais aussi par rapport à ses voisins proches. La Bulgarie par exemple, dont la surface représente la moitié de la Roumanie, est dotée de 287 km d'autoroutes et la Hongrie, pays encore moins étendu, de 351 km. D'ici 2012, la situation de la Roumanie devrait changer de manière spectaculaire, avec la mise en œuvre progressive du programme national d'autoroutes qui prévoit la construction de 1 300 km. Les investissements nécessaires sont de l'ordre de 7,5 milliards d'euros. Le Corridor paneuropéen IV Nadlac-Constanta, qui traverse la Roumanie d'ouest en est et dont l'autoroute Bucarest-Constanta fait partie, constituera la véritable "colonne vertébrale" du réseau routier à venir. A la fin du programme, la Roumanie sera reliée aux grands couloirs européens par au moins trois grandes voies de communication routières. Le démarrage de ce vaste projet a nécessité au préalable la réhabilitation et la modernisation de plusieurs routes nationales. Le financement de la construction de l'autoroute Bucarest-Constanta est assuré à la fois par le programme ISPA (Instrument structurel de pré-adhésion) de l'Union européenne (72 millions d'euros), par un crédit de la BEI (Banque européenne d'investissement) (154 millions d'euros) et par le budget de l'Etat roumain (154 millions d'euros). Les travaux devraient être achevés en 2008.



Photo 2  
Passage supérieur  
Overpass

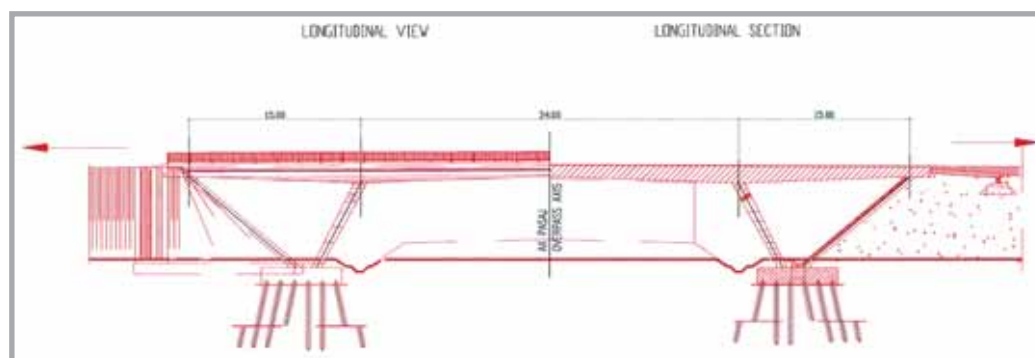


Figure 2  
Coupe longitudinale  
d'un passage  
supérieur  
*Longitudinal section  
of an overpass*



Photo 3  
Terrassement  
dans un emprunt  
de loëss  
*Earthworks in loess  
borrow material*

### Les approvisionnements en agrégats

Au total, plus de 2 600 000 t d'agrégats seront nécessaires à l'accomplissement de cet énorme projet qui devrait être achevé totalement en août 2005. Pour la chaussée, les graves naturelles sont extraites du Danube et de rivières de la région de Buzau ainsi que de la vallée de Prahova (distante de 150 km). Quant aux granulats nécessaires à la fabrication des enrobés, ils proviennent d'une carrière de Sorocam – autre filiale roumaine de Colas – située en aval du Danube, non loin de Tulcea. L'omniprésence du Danube et d'autres voies d'eau dans la région, la proximité de la mer Noire justifient tout naturellement leur utilisation pour le trans-

► port d'une partie des matériaux. Il en est ainsi notamment des granulats acheminés par barge sur le Danube et déchargés à Fetesti. Le bitume lui-même vient de Sicile par voie maritime. Il est stocké à Mangalia, ville portuaire située sur la mer Noire. L'utilisation du bitume local de la raffinerie de Ploiesti est également envisagée pour garder une certaine souplesse d'approvisionnement. Jusqu'à 8000 t de matériaux peuvent être approvisionnés et pesés chaque jour.

Photo 4  
Cylindre vibrant  
"pied de mouton"  
"Sheepsfoot" vibratory  
roller



## ■ LE PERSONNEL

En période d'activité maximale, le nombre de personnes travaillant sur le site du chantier atteint les 750, dont un noyau de professionnels (environ 400 personnes) ayant travaillé sur d'autres contrats, et du personnel embauché sur place. La totalité de la main d'œuvre est logée sur place en base-vie ou dans des logements loués dans la ville la plus proche, Slobozia (55 000 habitants). Les huit expatriés travaillant sur ce grand chantier dirigé par le responsable de l'Agence Colas, Emmanuel Queson, occupent la plupart des postes de direction, de conduite de travaux et de contrôle de qualité.

### LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

*Maître d'ouvrage*

Etat roumain - Ministère des Transports de la Construction et du Tourisme

*Maître d'œuvre*

Bonifica - Consilier Construct (sous-traitant)

*Entreprise*

Colas SA - Agence de Roumanie

*Sous-traitant principal*

SCCF Lasi (une des trois filiales roumaines de Colas)

## ■ LE MATÉRIEL

Outre les problèmes de matériaux, l'entreprise a été confrontée au manque de ressources en matériel moderne et fiable.

Les parcs locaux sont en effet riches en engins fabriqués dans les années 80 dans les pays de l'Est et notamment en Roumanie.

Leur rendement et leur fiabilité ne permettent pas de réaliser des chantiers de cette taille dans les meilleures conditions. Les délais très courts ont donc imposé d'étoffer fortement le parc matériel. Ainsi, il a été décidé d'investir notamment dans du matériel neuf de terrassement (cinq pelles CAT 325, deux bouteurs D6, 1 bouteur D7) et de mise en œuvre (trois niveleuses 140H, cinq cylindres V5 équipés pour certains de coques "pied de mouton") (photo 4).

Le matériel manquant est venu en location longue durée de France. En activité de pointe, notre parc se compose de plus de 520 unités dont plus de 330 camions et semi-remorques, 75 % étant loués sur place.

Pour assurer l'entretien de ce parc, deux ateliers employant 24 personnes ont été créés, l'un pour les engins de TP et l'autre pour les véhicules de transport.

Pour limiter les frais d'implantation et "sécuriser" leur exécution, les deux plus importants postes de mise en œuvre de remblais ont été équipés de guidage GPS et l'atelier de mise en œuvre de grave bitume bénéficie d'un guidage optique.

Ces équipements sûrs et de plus en plus fiables ont permis l'optimisation des équipes de topographie.

Ce parc matériel a permis d'obtenir des rendements journaliers de l'ordre de 12 000 m<sup>3</sup> de terrassement, de 7 000 t de ballast optimisé et stabilisé et de 3 000 t d'enrobés environ. Ces rendements, sans être très importants, permettront de respecter les délais contractuels.

### QUELQUES CHIFFRES CLÉS

- Terrassement : 2 800 000 m<sup>3</sup>
- Couche de forme traitée à la chaux : 270 000 m<sup>3</sup>
- Graves optimisées : 1 400 000 t
- Graves traitées au ciment : 600 000 t

*Enrobés*

- Grave bitume : 260 000 t
- Binder : 150 000 t
- Couche de roulement : 130 000 t

*Ouvrages d'art*

- 50 000 m<sup>2</sup> de béton
- 12 ponts
- 9 passages supérieurs



## ■ CONCLUSION

L'adaptation aux conditions climatiques et géologiques locales, la structure humaine et matérielle de chantier mise en place, l'augmentation et la modernisation du matériel doivent servir à réaliser ce chantier complexe dans des conditions optimales. Cette expérience va permettre de former de nouvelles équipes capables de s'engager seules sans l'apport de personnel expatrié sur d'autres projets d'envergure semblables dans la région et dans les prochaines années.

## ABSTRACT

42 km of motorway in Romania

*Br. Laffaire*

**Between Bucharest and Constanta, not far from the Danube, Colas is constructing a 41.6-km motorway section in the middle of the Romanian plain in loess soil. To cope with the major quantities of materials to be moved and laid, a large project structure was set up with the goal of finishing the main section of the motorway by the end of October 2004, and the entire project by August 2005.**

## RESUMEN ESPAÑOL

42 kilómetros de autopista en Rumania

*Br. Laffaire*

**Entre Bucarest y Constanta, a corta distancia del Danubio, Colas está ejecutando una sección de 41,6 km de autopista en la parte central de la llanura y del loess rumanos. Para hacer frente a las inmensas cantidades de materiales que se trata de desplazar o utilizar, se ha implantado una importante estructura de las obras, con objeto de finalizar las obras en su sección corriente, hacia finales de 2004, y, en su totalidad, en agosto de 2005.**

# Grenoble : les travaux de la troisième ligne

L'agglomération grenobloise a lancé en 2003 les travaux de la troisième ligne de tramway qui sera opérationnelle en 2006. Eurovia, par le biais de son agence de Grenoble, au sein d'un groupement composé d'entreprises locales, s'est vue attribuer l'ensemble des travaux du marché infrastructures pour un montant de 61 millions d'euros. L'entreprise qui connaît bien l'agglomération pour avoir participé à la construction des lignes précédentes, et qui possède de solides références tant sur le plan régional que national, met son expérience en matière de tramways au service de ce grand projet. La mobilisation sans précédent de l'entreprise a conduit à la création d'une agence spécifique et à la mise en place d'une organisation capable de relever plusieurs défis majeurs dont le maintien en permanence de la circulation sur l'ensemble du linéaire et le respect des délais. La taille de ce projet et le recours à des besoins importants en main-d'œuvre est également l'occasion pour l'entreprise de promouvoir l'emploi et l'insertion par une formation spécifique conçue et mise en œuvre par Eurovia.

## ■ CONTEXTE

Depuis 1987, le tramway fait partie du paysage de l'agglomération grenobloise. Les deux lignes actuelles transportent plus de 63 millions de passagers par an sur 20 km et sont un succès en terme de transport collectif et d'amélioration de la qualité de vie urbaine, puisque qu'elles représentent plus de 50 % des déplacements sur le réseau des transports en commun.

La décision de construire une nouvelle ligne vise à diminuer la circulation automobile et la pollution atmosphérique pour améliorer les déplacements urbains et le cadre de vie. Elle répond aux objectifs du plan de déplacements urbains (PDU) adopté par le SMTC (Syndicat mixte des transports en commun) assurant la maîtrise d'ouvrage.

## ■ LA TROISIÈME LIGNE : UN CHANTIER D'ENVERGURE

La réalisation de cette troisième ligne est l'un des projets phare du PDU et consiste à relier d'ouest en est, les communes de Seyssins, Seyssinet-Pariset, Grenoble, Saint-Martin-d'Hères et Gières. Avec ses 13,5 km de voies nouvelles et 26 stations, elle concernera 16 % de la population vivant ou travaillant dans l'agglomération, ainsi que la desserte du campus.

La consultation des entreprises portait sur cinq lots correspondant au découpage géographique de la nouvelle ligne. Eurovia a mis en place une structure propre à ce projet pour répondre aux appels d'offres, en portant une attention particulière à la limitation maximale des nuisances, ainsi qu'à l'organisation générale des travaux notamment en matière de planning, contrôle qualité et gestion des déchets. De plus, l'entreprise s'est engagée à respecter les clauses spécifiques des marchés dont la réutilisation d'au moins 30 % des matériaux de déconstruction, et la promotion de l'emploi par l'insertion.

Ce projet d'envergure mobilise plus de 500 personnes au plus fort de l'activité, du maître d'ouvrage aux entreprises, en passant par la maîtrise d'œuvre et les bureaux d'études. La maîtrise d'ouvrage est assurée par le S.M.T.C et la société d'aménagement grenobloise – Territoire 38 – en tant que maître d'ouvrage délégué. La maîtrise d'œuvre : S.I.A.S est constituée par un groupement de quatre bureaux d'études spécialisés : Semaly, Ingerop, Attica et Sogreah.

L'obtention de l'ensemble des cinq marchés d'infrastructures (qui représentent le second poste budgétaire après les rames de tramway), constitue une mobilisation sans précédent pour Eurovia au service de la réalisation d'un grand projet urbain. Par ailleurs, ce projet associe plusieurs entreprises de VINCI.

Aujourd'hui, d'un bout à l'autre des 13,5 km, ce sont les hommes d'Eurovia qui, à travers des agences d'Eurovia Alpes et de ses filiales : Perino-Bordone, SMAG, Didier TP, Sassi BTP et Jouanny SN réalisent les travaux de "gros œuvre".

## ■ DONNÉES GÉNÉRALES DU CHANTIER

Les prestations liées aux marchés infrastructures consistent en la réalisation de la plate-forme tramway et des voiries, de façade à façade. Elles comprennent principalement, outre les travaux préparatoires (préparation des espaces verts, dépose de clôtures et mobiliers urbains...), les travaux de terrassement de la plate-forme, les aménagements des contre-allées et des trottoirs, la réalisation des réseaux secs, humides et multitubulaires, la mise en place des bordures et la réalisation des structures de voiries et des revêtements de surface après la pose des rails (hors marché).

Au total, se sont près de 200 000 m<sup>3</sup> de terrassements, 160 000 t d'enrobés et 245 km de fourreaux pour le réseau multitubulaire.

Dans le souci de répondre à l'obligation de recycler au moins 30 % des produits rencontrés sur le linéaire, l'ensemble des produits de déconstruction collectés est acheminé sur une aire de stockage puis réincorporé selon leur nature et leur qualité dans les couches d'assises des voiries. Les contrôles effectués depuis l'extraction jusqu'à leur réutilisation permettent d'assurer la traçabilité et de garantir les caractéristiques obtenues.

Le plan d'assurance qualité définit les contrôles de production et de conformité selon les méthodologies et techniques utilisées par rapport aux critères et exigences du marché, avec une attention toute particulière dans le respect des exigences altimétriques et de portance de la plate-forme tramway et des voiries.

Un technicien de laboratoire suit en permanence les travaux pour tenir compte de l'hétérogénéité des matériaux rencontrés et de ce fait proposer des solutions en temps réel.

# d'infrastructures de tramway

Jean-Paul Ravassard  
DIRECTEUR DE TRAVAUX  
Eurovia

Luc Moussu  
DIRECTEUR TECHNIQUE DÉLÉGUÉ  
AUVERGNE RHÔNE ALPES  
Eurovia

Renaud Callies  
ASSISTANT TECHNIQUE  
Eurovia

## ANALYSE DES CONTRAINTES

L'intervention simultanée ou successive de plusieurs entreprises spécialisées dans des domaines très variés, ainsi que les obligations liées à l'environnement urbain et à la limitation maximale de la gêne aux usagers, entraînent de la part de l'ensemble des intervenants une extrême rigueur dans le respect des phasages et des jalons (délais partiels pour la libération d'une section).

Les contraintes liées à l'environnement urbain sont principalement les suivantes :

- ◆ obligation de maintenir la circulation des véhicules sur 2 x 2 voies ;
- ◆ maintien permanent des accès aux riverains, piétons et cycles ;
- ◆ maintien des accès aux différents édifices publics ;
- ◆ protection des chantiers ;
- ◆ prise en compte de l'occupation occasionnelle des espaces publics pour des manifestations culturelles, sportives ou commerciales.

En outre, ces contraintes interfèrent avec les nuisances inhérentes à l'activité d'un chantier de travaux publics telles que le bruit, la poussière et la circulation des engins de chantier. Ces impératifs ont contraint l'entreprise à développer un planning ambitieux de phasage des travaux afin de permettre la circulation des 50 000 véhicules qui empruntent les grands boulevards grenoblois chaque jour.

## PRINCIPE D'UN PHASAGE DE TRAVAUX : "GRANDS BOULEVARDS" PLACE PASTEUR – RIVET

Pour passer de la configuration initiale des Grands Boulevards à l'aménagement définitif projeté, de nombreuses phases de travaux sont nécessaires car pour chaque phase toutes les fonctionnalités doivent être maintenues en tenant compte de toutes les contraintes décrites précédemment. Pour parvenir à réaliser l'aménagement définitif, cinq phases de travaux principales sont nécessaires.

### Première phase

*Suppression de toutes les émergences*  
Abattage et dessouchage de tous les arbres.  
Dépose et repose en provisoire sur plots en béton de l'éclairage public.

Dépose et repose en provisoire sur poteaux bois des feux tricolores.

Dépose du mobilier urbain.

### Deuxième phase

*Réalisation de l'aménagement semi-définitif du côté sud des Grands Boulevards*

Cet aménagement consiste à réaliser sur une largeur de 19 m l'ensemble des travaux de terrassement, de mise en œuvre des couches de fondation et de base ainsi que toutes les créations ou déviations des réseaux d'eaux pluviales, d'eau po-



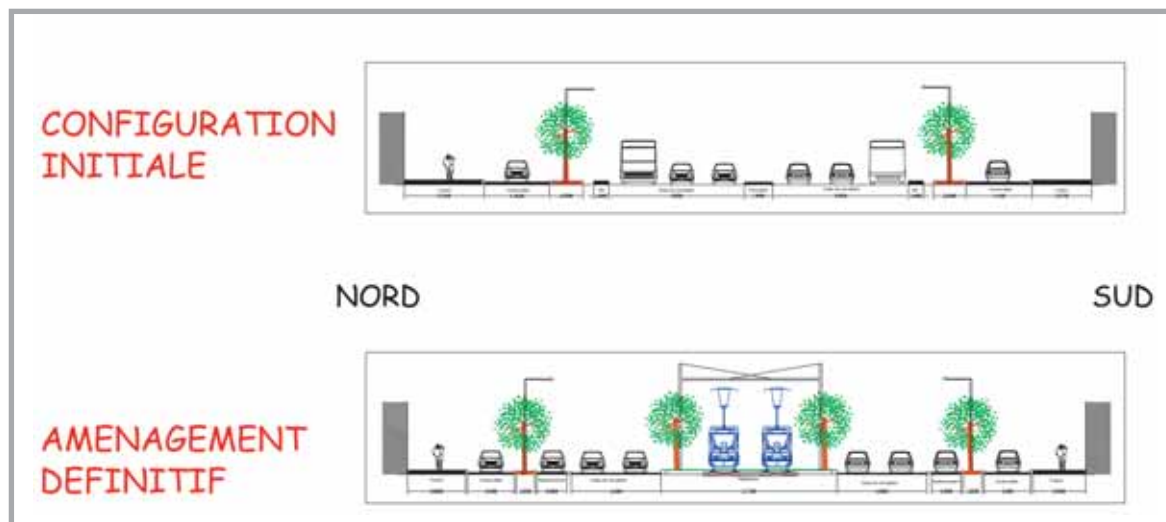
Situation Grands Boulevards de Grenoble. Phase 3 aménagements côté nord trottoirs, contre-allée et voirie

*Work progress on the large boulevards in Grenoble. Phase 3 developments at the northern end, footpaths, side lanes and roads*





Figure 1  
Coupes configuration initiale  
et aménagement définitif  
*Cross sections  
of initial configuration  
and final development*



table, d'éclairage public et de signalisation verticale. Ces travaux doivent être réalisés en tenant compte à la fois du projet et de l'obligation de se raccorder sur la voirie existante afin de pouvoir avoir pour la phase suivante, quatre voies de circulation, une contre-allée, une bande de stationnement et un trottoir.

### Troisième phase

Après avoir basculé la circulation sur les voies aménagées en première phase et toutes délimitées par des glissières béton type GBA ou plastique type K16, les aménagements du côté nord des Grands Boulevards sont réalisés sur une largeur de 18 m en maintenant en permanence une contre-allée, une bande de parking et un cheminement piéton. Outre les travaux décrits en phase 1, les aménagements définitifs comprenant la pose de bordures et de caniveaux, les revêtements de trottoirs et de piste cyclable en béton sablé ou à empreintes, les revêtements de contre-allée et de voirie en grave-bitume et enrobés sont réalisés.

La planification de ces travaux doit prévoir la réalisation de travaux non prévus dans le marché comme celle des trous d'arbres, des massifs de candélabres, ou bien la finition des réseaux de concessionnaires.

### Quatrième phase

Après le basculement de deux voies de circulation sur la voirie réalisée en phase 3, une emprise de 14 m de large comprenant une piste de chantier est balisée avec des GBA pour construire la plate-forme tramway.

Dans un premier temps, Eurovia réalise les travaux de terrassement de la plate-forme avec purge et remblais si nécessaire, le coulage d'un béton de fondation sur 19 cm d'épaisseur puis la construction d'une conduite multitubulaire. Des travaux non prévus dans le marché, comme les trous d'arbres

ou les massifs de supports de ligne aérienne, doivent être planifiés et réalisés durant cette période. Ces travaux terminés, l'entreprise de pose de voies intervient pour poser et caler les rails du tramway. Après réception du site, les équipes d'Eurovia récupéreront l'emprise pour terminer les revêtements de plate-forme (gazon, béton désactivé ou enrobé), réaliser le réseau d'arrosage automatique, poser les dernières bordures délimitant le site tramway et aménager les quais de stations.

### Cinquième phase

Cette phase consiste à terminer les aménagements définitifs du côté sud qui n'ont pas été réalisés en première phase pour pouvoir garder l'ensemble des fonctionnalités des Grands Boulevards.

Ces travaux comprennent la pose des bordures et caniveaux délimitant les trottoirs et contre-allées, la finition des trottoirs en béton sablé ou à empreintes, les revêtements de contre-allée en grave-bitume et enrobés.

Comme pour la phase 3, les travaux non prévus dans le marché seront planifiés.

Cette cinquième phase terminée, il restera à réaliser la couche de roulement définitive sur les voies de circulation principales.

Cette couche de roulement sera un BBTM réalisé en deux opérations afin d'optimiser le rendu en tirant le tapis avec des joints à chauds, et de conserver la qualité phonique de l'enrobé.

Ce principe de phasage est adopté pour réaliser l'ensemble des travaux sur les Grands Boulevards (longs de 2200 m) découpés en sept secteurs de longueurs différentes hors carrefour.

La durée totale de réalisation d'un secteur est comprise entre 12 et 14 mois en fonction de la longueur et des contraintes spécifiques.

Chaque carrefour fait l'objet d'une étude particulière liée au planning de réalisation des secteurs. Ce phasage global a été étudié en étroite collaboration avec le maître d'œuvre S.I.A.S. et les ser-

vices techniques de la Ville de Grenoble et a permis de gagner deux mois de travaux pour chaque secteur par rapport aux hypothèses initiales (figure 1).

## ■ UNE AGENCE SPÉCIFIQUE

Pour relever le défi et répondre à la confiance du maître d'ouvrage, Eurovia a créé une agence spécifique pour la réalisation des travaux d'infrastructures et dotée de moyens humains et matériels propres, pour organiser et réaliser l'ensemble des travaux.

Cette agence est dirigée par un directeur de travaux et regroupe un effectif d'environ 250 à 350 personnes selon les phases de travaux.

L'équipe d'encadrement comprend 55 personnes avec une structure opérationnelle pour chaque lot et une structure de direction d'agence.

Sur le plan opérationnel, chaque lot est dirigé par un directeur de travaux adjoint assisté par :

- ◆ plusieurs conducteurs de travaux gérant chacun les activités de leurs chefs de chantier ou/et d'équipes ;

- ◆ des géomètres, métreurs et un projeteur.

Sur le plan fonctionnel, outre le suivi administratif et financier, l'agence dispose d'un chargé de communication, d'un responsable qualité, d'un responsable sécurité, d'un responsable environnement et également des moyens techniques du laboratoire régional avec la mise à disposition d'un assistant technique et d'un technicien en permanence. Pour mener à bien les deux années de travaux, Eurovia a réuni au sein de cette agence une équipe expérimentée ayant participé à la réalisation des deux lignes précédentes et plusieurs équipes spécialisées de l'entreprise. Par ailleurs, la taille et la durée des travaux nécessitent le recours à des besoins importants en main-d'œuvre.

### LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Terrassements : 205 000 m<sup>3</sup>
- Dépose de bordures : 87 km
- Démolition de surface : 404 000 m<sup>2</sup>
- GNT couche de forme : 130 000 m<sup>3</sup>
- GNT couche de réglage : 22 000 m<sup>3</sup>
- Bétons de fondation plate-forme : 16 000 m<sup>3</sup>
- Enrobés : 160 000 t
- Bordures et caniveaux : 140 km
- Bétons désactivés, sablés : 96 000 m<sup>2</sup>
- Réseaux humides : 20 km (avec 2400 regards)
- Réseaux secs (hors multi) : 20 km (avec 2000 chambres)
- Réseau multitubulaire : 245 km de fourreaux avec 260 chambres



L'entreprise s'est attachée à recruter, conformément au respect de la clause spécifique engageant les contractants, à promouvoir l'emploi des personnes rencontrant des difficultés particulières d'insertion et à lutter contre le chômage. Outre le recrutement de personnel par l'intermédiaire de la cellule emploi mise en place par la communauté d'agglomération, l'entreprise s'est dotée d'un centre de formation à proximité du chantier. Assurées par le GIRF, organisme de formation habilité et interne à l'entreprise, ces formations sont destinées à donner les bases élémentaires du métier telles que, dans un premier temps, la connaissance du métrage et du terrassement, la pose de réseaux secs

**Situation**  
Grands Boulevards de Grenoble.  
Phase 4 travaux de terrassements  
plate-forme tramway

*Work progress on the large boulevards  
in Grenoble. Phase 4 earthworks  
on the tramway formation level*

et de réseaux humides avant de passer à l'apprentissage de la petite maçonnerie sans oublier les règles de sécurité et comportementales. Plusieurs promotions ont déjà été formées et ont commencé à intégrer et renforcer les équipes en place. A terme, environ 60 personnes auront suivi ce cycle de formation et d'insertion professionnelle.

### LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

*Groupement d'entreprises "marchés infrastructures"*

- Eurovia Alpes : mandataire avec un ensemble de filiales locales : Perino - Bordone, SCBTP, Didier TP, Sassi BTP, Jouanny SN et SMAG
- Carron SAS : terrassements
- EVD : engazonnement plate-forme

### ABSTRACT

Grenoble : infrastructure work for the third tramway line

*J.-P. Ravassard, L. Moussu, R. Callies*

In 2003, the town of Grenoble initiated work on the third tramway line, which will be operational by 2006. Eurovia, as part of a consortium consisting of local contractors, was awarded through its Grenoble branch all the work for the infrastructure contract for a cost of 61 million euros. The company, which has a good knowledge of the city, where it took part in construction of the preceding lines, and which has carried out numerous similar projects on both the regional and national levels, is applying its experience in the area of tramways to this major project. The company took unprecedented measures, establishing a specific branch office and setting up an organisation capable of taking up several major challenges, including constant maintenance of traffic over the whole length of the line, and meeting tight deadlines. Given the size of this project and the major labour requirements involved, this was also an opportunity for the company to promote employment and occupational integration through a specific training course designed and implemented by Eurovia.

### RESUMEN ESPAÑOL

Grenoble : obras de infraestructuras de la tercera línea de tranvía

*J.-P. Ravassard, L. Moussu y R. Callies*

La aglomeración urbana de Grenoble ha iniciado, en 2003, las obras de la tercera línea de tranvía que entrará en servicio normal en 2006. Por medio de su agencia de Grenoble, y actuando en el marco de un grupo formado por empresas constructoras locales, Eurovia ha sido encargada del conjunto de las obras del contrato de infraestructuras por un importe de 61 millones de euros. La empresa Eurovia, que conoce perfectamente la aglomeración urbana de la ciudad, por su participación en la construcción de las líneas precedentes, y que cuenta con sólidas referencias tanto desde el punto de vista regional como nacional, pone su experiencia en el aspecto de los tranvías al servicio de este gran proyecto. La movi-

lización sin precedente de la empresa ha dado lugar a la creación de una agencia específica y a la implantación de una organización capaz de aceptar varios retos importantes, entre los cuales figura el mantenimiento del tráfico en el conjunto de la línea y el respeto de los plazos impartidos. La envergadura de este proyecto y el recurso a necesidades importantes en cuanto a mano de obra constituyen también la ocasión para la empresa de promover el empleo laboral y la inserción por una capacitación específica proyectada y puesta en aplicación por Eurovia.



# Le parc de stationnement Saint-Georges à Lyon

Situé en contrebas de Fourvière, enclavé sous la place Benoît Crépu entre le quai Fulchiron et l'église Saint-Georges, dans le V<sup>e</sup> arrondissement de Lyon, le parking souterrain Saint-Georges, réalisé pour le compte de Lyon Parc Auto, offrira à terme 700 places de stationnement sur six niveaux à la porte d'entrée du vieux Lyon.

Dans le cadre de ce projet ambitieux, Lyon Parc Auto a confié à Spie Fondations la réalisation des travaux de fondations spéciales en paroi moulée, travaux qui ont débuté en octobre 2001 pour s'achever six mois plus tard.

L'intervention de Spie Fondations s'est déroulée dans un contexte et un environnement urbain complexes, compte tenu du positionnement du projet sur un axe majeur de circulation de l'agglomération lyonnaise et de la proximité de bâtiments d'habitation datant de plus de 400 ans.

## ■ CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les dimensions de ce projet sont telles (120 m de long, 30 m de large, 22 m de profondeur) qu'on peut parler de grande fouille urbaine dont le creusement nécessitera d'aller chercher le substratum à grande profondeur, en traversant un environnement géologique très délicat de par la présence de sols remaniés d'origine granitique (arènes) et de la proximité de la Saône.

Sur le site de construction de l'ouvrage, il a été mis en évidence la succession des terrains suivants :

- ◆ remblais et niveaux anciens de constructions sur 5 à 6 m d'épaisseur ;

- ◆ sables fins à moyens sur 3 à 4 m d'épaisseur ;
- ◆ alluvions grossières et graviers sur 1,50 à 7 m d'épaisseur ;

- ◆ arène granitique (toit situé entre 12 et 19 m de profondeur), puis substratum rocheux granitique.

L'une des particularités géologiques du site réside notamment dans la grande variation du niveau du toit de la couche des arènes granitiques, de la cote 154 IGN69 en extrémité sud du projet à la cote 147 IGN69 en extrémité nord.

Quant à la nappe phréatique, elle est en relation directe avec la Saône, pour un niveau variant de 163,20 IGN69 en eaux quasi permanentes à la cote 166,16 IGN69 pour la crue exceptionnelle.

La définition exacte du projet a nécessité, au cours de la phase de préparation du chantier, la réalisation d'une reconnaissance de sols complémentaire axée sur la définition des caractéristiques du faciès des arènes granitiques.

L'ensemble des résultats de ces essais a permis de définir l'importance de l'ancrage profond de la paroi moulée dans cette couche des arènes granitiques, en assurant la stabilité du fond de fouille (boulance) et la limitation des débits d'exhaure.

## ■ CONTEXTE HISTORIQUE

Le diagnostic archéologique préalable aux travaux de gros œuvre, réalisé en 1998, n'avait pas pu, en raison de la complexité du site (voiries en circulation, nombreux réseaux enterrés, nappe phréatique très haute, espaces publics à préserver), évaluer avec suffisamment de précision la nature et l'importance stratigraphique du site concerné par les travaux du parc de stationnement.

La colonie lyonnaise, fondée en 43 avant Jésus-Christ, principalement implantée sur la colline de Fourvière et les pentes de la Croix Rousse, a connu une occupation humaine progressive des berges de Saône.

Cette occupation des berges a été liée à l'évolution du cours des fleuves et à celle du confluent Rhône/Saône.

A partir de la fin du III<sup>e</sup> siècle de notre ère, le centre de la cité s'est déplacé de Fourvière vers l'actuel quartier Saint-Jean, en rive droite de la Saône.

A la fin du Moyen Âge, le site concerné par le parc de stationnement est localisé à l'emplacement de l'ancien port Sablé, siège d'un important trafic fluvial.

Il était donc prévu qu'après réalisation des parois moulées, les archéologues de l'Inrap (Institut national d'archéologie préventive) effectuent une fouille archéologique préventive exhaustive de l'emprise de l'ouvrage, jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 8 m à 10 m (intervention programmée au minimum sur 13 mois, avec la possibilité d'aller jusqu'à 20 mois en phase optionnelle). Aux entreprises titulaires des lots terrassements et gros œuvre de tenir compte de cette contrainte de phasage liée à l'exécution des fouilles archéologiques pour mettre au point leurs propres méthodes d'exécution.

Cyrille Jan



INGÉNIEUR D'AFFAIRES  
Spie Fondations

Bernard Walbron



DIRECTEUR  
COMMERCIAL  
Spie Fondations

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

*Maître d'ouvrage*  
Lyon Parc Auto

*Maître d'œuvre*  
Wilmotte et Associés (architecte)  
Sepoc (BET général)

*Bureau de contrôle*  
Qualiconsult

*Gros œuvre*  
Campenon Bernard Régions

*Fondations Spéciales*  
Spie Fondations

Figure 1  
Coupe  
nord-ouest  
North-West  
cross section

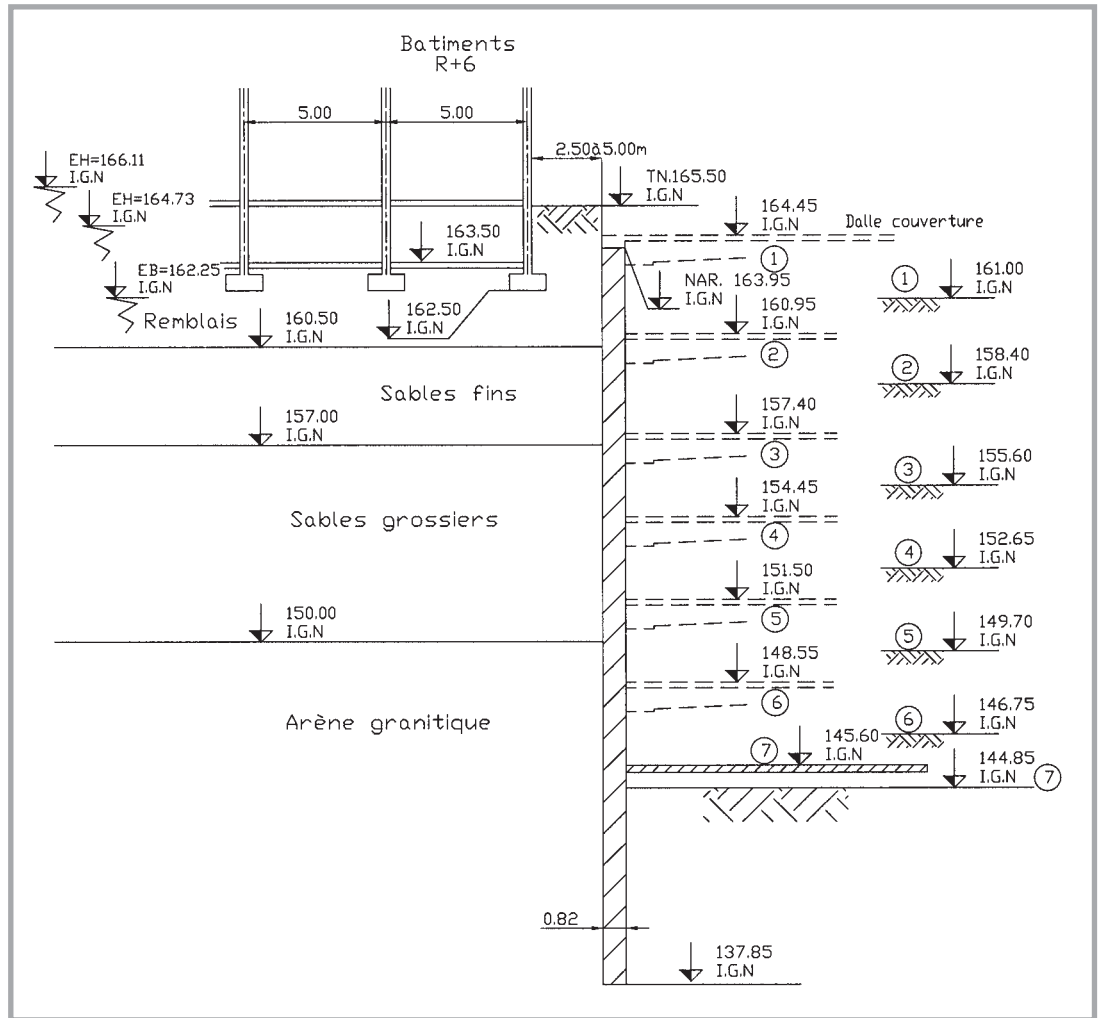
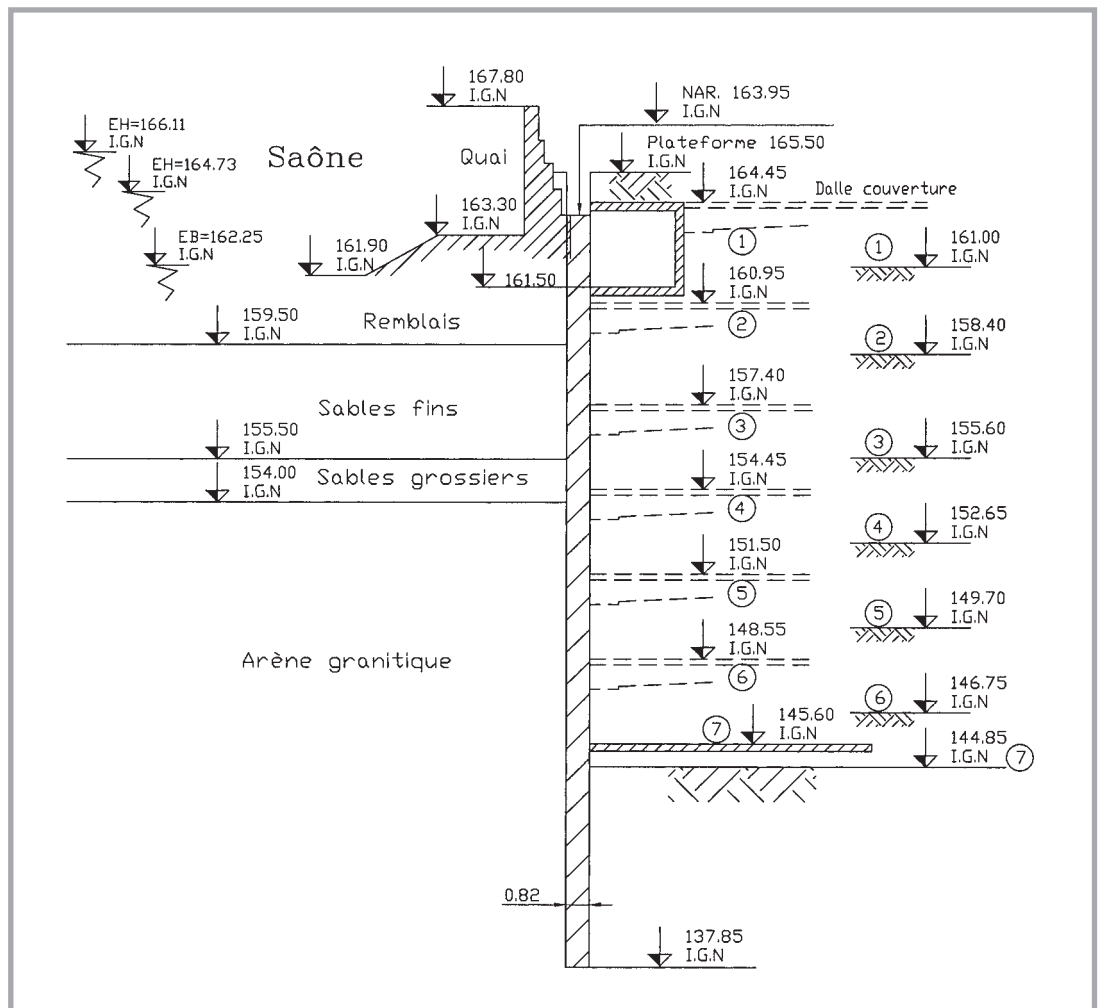


Figure 2  
Coupe  
sud-est  
South-East  
cross section





## ■ SOLUTION TECHNIQUE RETENUE

La solution technique qui a été retenue a consisté en la réalisation d'une enceinte périmétrique en paroi moulée de 82 cm d'épaisseur, sur 300 m de long, et de 20 barrettes centrales, de 62 cm d'épaisseur, servant, en complément de la paroi moulée, d'appuis et de fondations à l'infrastructure du parking. Le fond de fouille étant établi à la cote 144,85 IGN69, l'excavation des parois moulées a recoupé les horizons durs délimités par les arènes granitiques sur une hauteur variant de 10 à 17 m. Le forage dans les terrains durs a représenté ainsi en moyenne 50 % de la surface totale de forage réalisée pour le projet.

Par ailleurs, l'exécution d'une telle fouille, en mitoyenneté de bâtiments très anciens et du mur de quai de la Saône, a imposé de définir un mode opératoire spécifique de forage limitant considérablement les largeurs d'excavation des panneaux, dans un souci de respect d'un environnement très sensible aux déplacements éventuels du terrain.

La stabilité du soutènement est assurée, au fur et à mesure de l'avancement du terrassement de la fouille, niveau après niveau, par la mise en œuvre des poutres en béton armé de l'infrastructure résistante du parking, établies selon un espacement de 5 m (figures 1 et 2).

Parallèlement le projet devait prendre en compte :

- ◆ le maintien de la circulation sur deux voies pendant toute la durée des travaux ;
- ◆ le maintien en service d'un collecteur d'assainissement interférant à ses deux extrémités avec la paroi moulée, devant être dévoté puis remplacé par un nouveau collecteur construit à l'intérieur du premier niveau du futur parking ;
- ◆ la mise à disposition des archéologues de l'emprise du projet par phases successives sur la hauteur des deux premiers niveaux pour la fouille archéologique préventive à l'emplacement de l'ancien lit de la Saône et de sa berge.

## ■ DESCRIPTION DES TRAVAUX

### Les phasages

Pour tenir compte de ces contraintes fortes imposées au projet, il a fallu élaborer et mettre en œuvre une programmation et un phasage spécifique des travaux vis-à-vis du maintien de la circulation et de la présence du collecteur d'assainissement (calepinage adapté des panneaux de la paroi moulée, emprises de chantier phasées...). Il a fallu également définir une solution technique qui permette de modifier, pendant la durée d'intervention des archéologues, le principe de butonnage retenu pour la structure en phase de service, ceci pour optimiser le déroulement des travaux de fouilles archéologiques sous gabarit.



Photo 1  
Installation  
de la centrale à boue  
*Installation  
of the slurry mixing  
plant*

Spie Fondations, s'appuyant sur sa grande expérience des projets complexes et sur les compétences de son personnel en terme d'organisation de chantiers et de définition de solutions techniques et matérielles, a pu répondre à l'ensemble de ces contraintes fortes imposées au projet, en association avec l'ensemble des intervenants (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, bureaux d'études et de contrôle) pour la réussite de ce challenge.

Le projet a donc débuté par une longue phase de préparation et de mise au point, pour permettre, pendant toute la durée des travaux de parois moulées :

- ◆ le maintien de deux voies de circulation entre la place Benoît Crépu et le mur de quai en maçonnerie ;
- ◆ le maintien en service du collecteur d'assainissement existant devant être dévoté ensuite par l'intermédiaire d'ouvrages by-pass à intégrer dans la paroi moulée, avant sa reconstruction définitive au sein du parking.

Le phasage de réalisation des travaux de parois moulées a donc été effectué en découpant longitudinalement l'emprise du projet, permettant ainsi de définir deux zones distinctes pouvant être utilisées alternativement soit comme zone d'activité des travaux, soit comme aire de circulation.

Le fait de travailler selon ce découpage du projet en deux zones distinctes a limité également de façon considérable l'emprise du chantier réservée pour l'évolution des engins et pour le stockage du matériel.

Dans ce contexte sensible, il s'avérait indispensable, pour le respect des délais et du bon déroulement de la programmation et de l'enchaînement des travaux, de ne pas multiplier les temps de déplacement et de réaménagement des installations fixes de la centrale de fabrication et de recyclage des boues de forage. En accord avec l'ensemble des intervenants, il a été convenu d'installer la centrale à boue, pendant toute la durée des travaux, entre les voies de circulation côté quai et l'église Saint-Georges, sur une emprise de 5 m de largeur pour 15 m de longueur (photo 1).





Figure 3  
Phase 1 : réalisation de la paroi zone ouest  
Phase 1 : construction of the wall, western zone

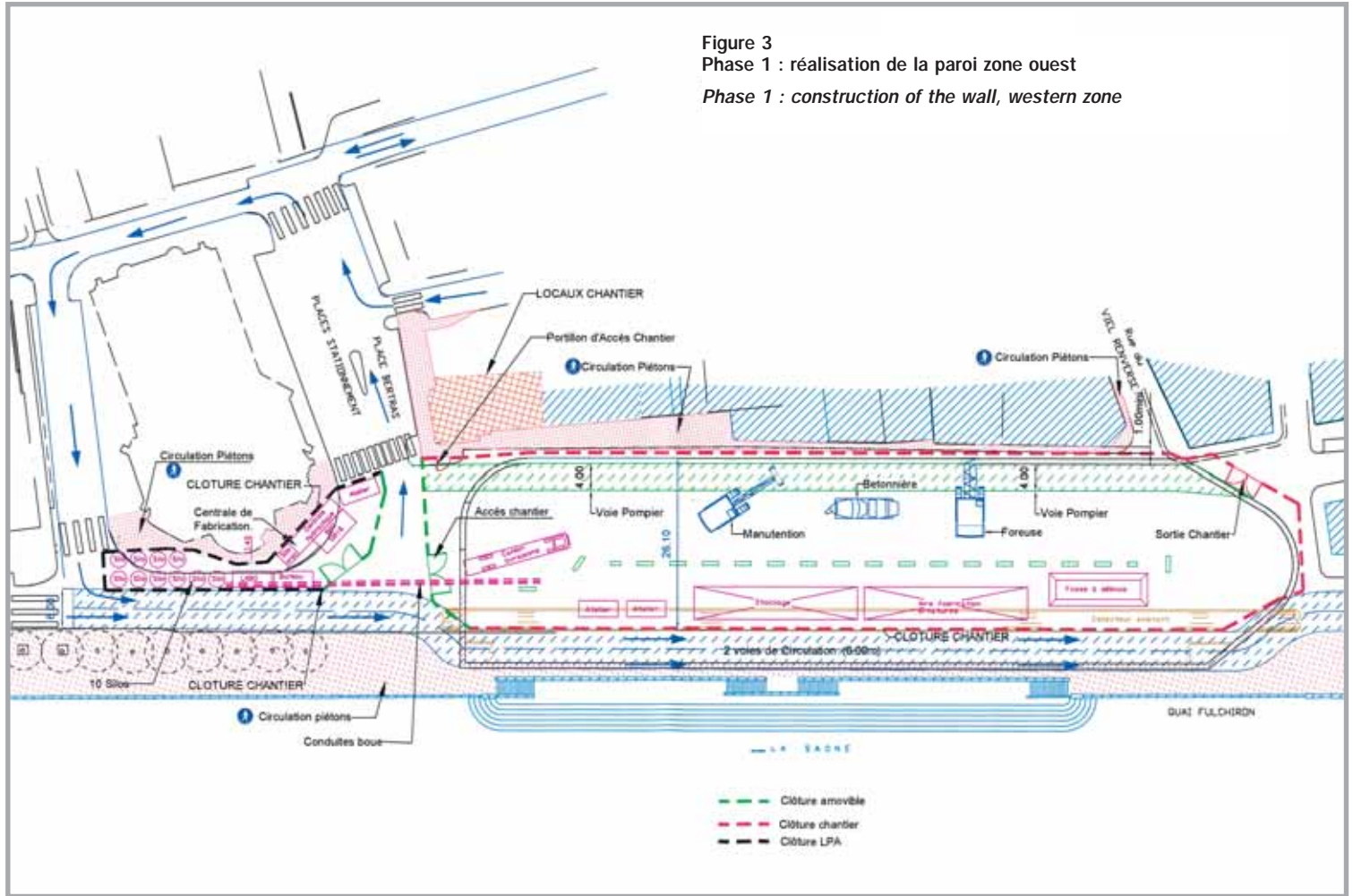
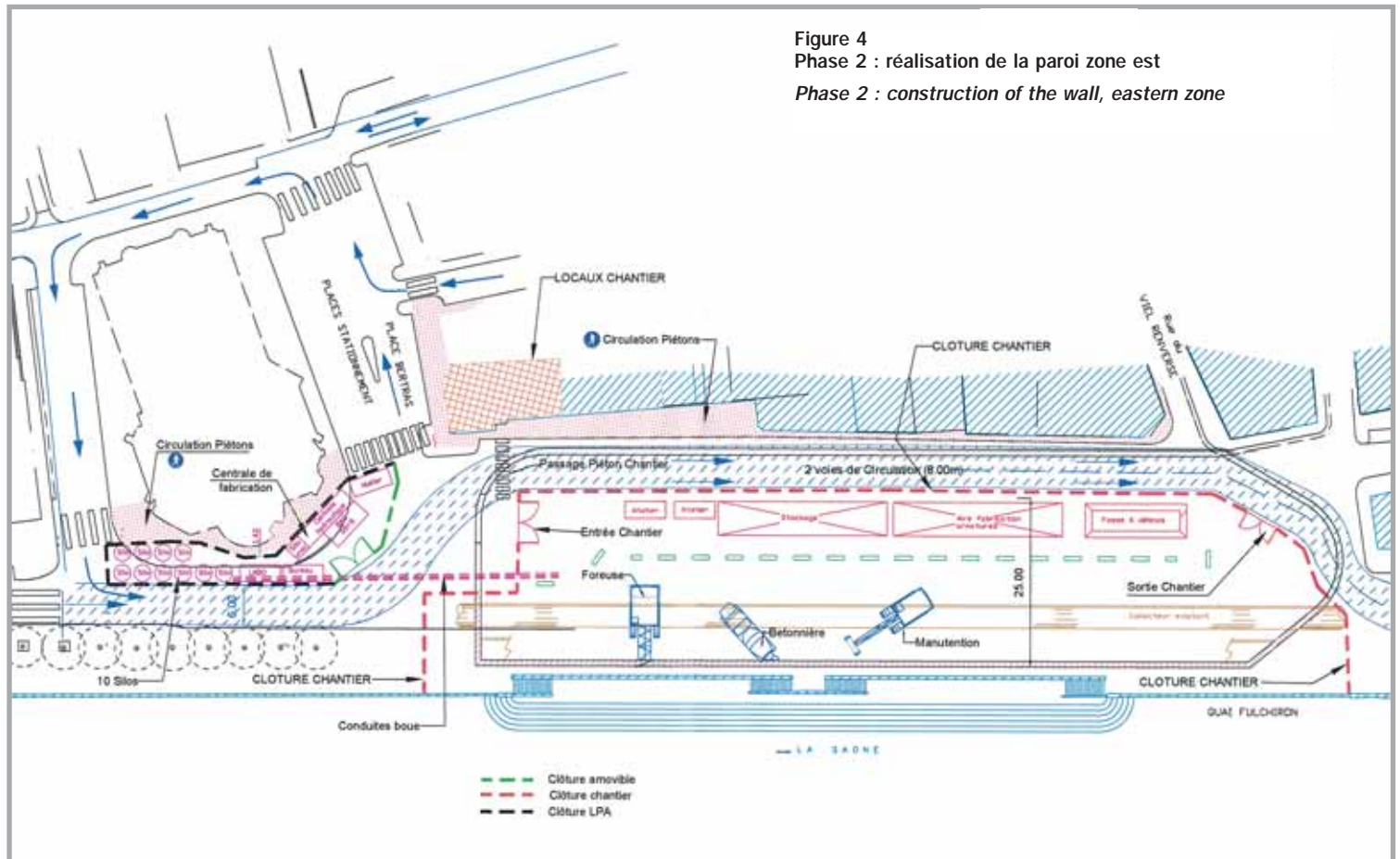


Figure 4  
Phase 2 : réalisation de la paroi zone est  
Phase 2 : construction of the wall, eastern zone





Cette installation se trouvant ainsi entièrement à l'extérieur de l'emprise même des travaux, cela a permis de ne pas aggraver la situation au niveau de la zone de travail effectif.

Des aménagements spécifiques (passages de conduites sous les chaussées) ont dû être réalisés pour permettre la circulation des boues de forage entre la centrale et la zone de travail.

Les travaux ont alors débuté, pour la période d'octobre à décembre 2001, sur la partie ouest du projet, puis, de janvier à fin mars 2002, sur la partie est après les opérations de dévoiement de la chaussée (figures 3 et 4).

### La paroi moulée

La plate-forme de forage a été livrée, après enlèvement de l'ensemble du mobilier urbain, à la cote 166,00 IGN69, le parking étant implanté sous la place benoît Crépu, entre les bâtiments existants et le mur de quai en maçonnerie.

La paroi moulée forme une enceinte de 300 m de pourtour, constituée de panneaux de 5 m de largeur en zone courante, de 82 cm d'épaisseur et de 28 m de profondeur. Pour établir le découpage suivant le linéaire de l'enceinte (plan de panneautage), il a fallu tenir compte des limites des différentes emprises liées au phasage, mais aussi de la présence du collecteur existant.

Chacun des panneaux de paroi moulée a été équipé de joints plats waterstop.

Les panneaux ont été équipés en une seule fois de cages d'armatures de 25 m de hauteur munies d'importants renforts en armatures au droit des liaisons avec les futurs butons en béton armé (photo 2).

A titre indicatif, les études de dimensionnement conduisent à des efforts de compression maximale dans ces poutres, supérieurs à 350 tonnes.

### Les barrettes centrales

Les barrettes de fondations intérieures ont été implantées dans l'axe longitudinal du parking et présentent les dimensions suivantes :

- ◆ largeur : 1,60 m à 2,50 m ;
- ◆ épaisseur : 62 cm.

Ces barrettes servent d'appui à l'infrastructure du parking et, à chaque niveau du parking, sont liaisonnées avec les poutres butonnantes en béton armé.

## RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

### Le suivi acoustique

Compte tenu de l'environnement urbain du projet, le maître d'ouvrage a souhaité "un chantier si-

lencieux" et a demandé à l'entreprise de se conformer au cahier des charges élaboré par son consultant en acoustique, en fonction de la configuration du site et de son état initial avant tous travaux.

Le chantier a donc été instrumenté et un suivi a été effectué pendant toute la durée des travaux de parois moulées, grâce à un dispositif de mesures acoustiques mis en œuvre par le Cabinet Synesthésie Acoustique en façade des bâtiments d'habitation (micro installé à 2 m du chantier et à 3,5 m de hauteur).



**Photo 2**  
 Equipement des panneaux de paroi moulée avec des armatures de 25 m de hauteur

*Equipment of the diaphragm wall panels with reinforcements 25 metres high*

Le suivi continu des mesures a permis de tracer en instantané une courbe du bruit pendant les opérations de forage. Ce dispositif avait pour objectif de surveiller les niveaux de bruit et permettait également, suite à un étalonnage du système sur chacun des engins et matériels du chantier, de pouvoir identifier précisément, en cas de dépassement des seuils, les sources dites bruyantes.

La campagne de mesures a permis de vérifier la justesse des prévisions de la société Synesthésie Acoustique, laquelle avait pronostiqué un niveau sonore de 78 dB (A), après étalonnage sur un chantier similaire.

En effet, le niveau sonore mesuré pendant cette phase de travaux (la plus bruyante) est supérieur de 5 dB (A) au niveau sonore ambiant, qui est de 73 à 74 dB (A).





Photo 3  
Remontée de la base  
d'un pieu en bois

*Raising the base  
of a wooden pile*



## La méthode observationnelle - Suivi des déplacements des ouvrages mitoyens

Dans le cadre du projet, à la demande du client, il a été convenu de mettre en œuvre des cibles de mesure pour le suivi des déplacements des bâtiments anciens mitoyens à la fouille.

Ces mesures se justifiaient en effet par le fait que les archéologues devaient effectuer leurs recherches à l'intérieur de l'enceinte du parking, lors d'une première phase de fouille archéologique réalisée côté Saône sur la longueur totale du parking (profondeur : 8 m ; largeur : 6 m).

Les études de dimensionnement menées par Spie Fondations ont permis de définir une solution prenant en compte cette contrainte, en mettant en œuvre un dispositif de butonnage réduit.

Afin de vérifier les hypothèses prises en compte dans ce phasage spécifique et délicat, Spie Fondations a proposé, en complément du suivi des bâtiments, de mettre en œuvre la méthode observationnelle au droit de l'ouvrage du mur de quai à partir de cibles à l'espacement de 10 m sur le mur de quai et sur la tête de la paroi moulée.

Les critères de cette méthode ont été établis avec l'ensemble des intervenants pour aboutir à la définition de valeurs seuils de déplacements et de mesures conservatoires associées.

Une des nombreuses mesures prévoyait de noyer la fouille de 8 m de profondeur dans le cas d'une remontée du niveau de la Saône au-delà du niveau des eaux quasi permanentes, mesure qu'il n'a pas été nécessaire d'appliquer.

## Les travaux de purges considérables

La réalisation des travaux de parois moulées et de barrettes a été rendue particulièrement difficile du fait de la présence dans le sol de nombreux obstacles, que ce soit dans les couches supérieures ou en profondeur. C'est ainsi qu'il a été nécessaire d'effectuer d'énormes travaux de purges préalablement à la réalisation des murettes guides. Lors du forage des barrettes ou des panneaux de parois moulées, de nombreux vestiges, en bois, béton ou en maçonneries, ont été remontés à la surface (photo 3).

Les difficultés rencontrées lors des travaux, à cause de la rencontre de ces obstacles, ont été validées, a posteriori, par les découvertes importantes qu'ont effectuées les archéologues lors des fouilles ultérieures.

## Les découvertes archéologiques

Les fouilles réalisées à l'intérieur de l'enceinte du parking ont en effet permis de mettre au jour des vestiges s'échelonnant de l'Antiquité (I<sup>er</sup> et II<sup>e</sup> siècle de notre ère) jusqu'à l'époque de construction du quai Fulchiron vers 1850.

Outre les vestiges des constructions médiévales à modernes implantées en berge de Saône, figurent une barque datant du XVIII<sup>e</sup> siècle, neuf pirogues s'échelonnant de la période médiévale au XVI<sup>e</sup> siècle et six embarcations à fond plat datées des I<sup>er</sup> ou II<sup>e</sup> siècle après J.-C., dont certaines ont été coupées par la paroi moulée ou les barrettes centrales du parking (photo 4).

La présence de ces très grandes embarcations antiques (15 à 18 m de long pour 2 à plus de 4 m de large), dont quatre sont échouées les unes contre les autres, confirme qu'il y avait bien à cette époque et à cet emplacement un débarcadère qui permettait d'assurer un trafic de marchandises de grande envergure par voie fluviale.

L'existence d'une installation portuaire fut confirmée par la mise au jour par les archéologues d'un ponton constitué de pieux de bois fichés dans les sables alluvionnaires, associés à des poutres horizontales.

En marge de ces prestigieuses découvertes, les archéologues ont par ailleurs mis au jour de nombreux témoignages de la vie passée de ce quartier, comme des milliers de fragments de céramique, des objets en bois, en cuir, en métal, des bijoux tel un camée en or, et des flotteurs de filets de pêche...





**Photo 4**  
**Découverte des embarcations antiques**  
*Discovery of ancient boats*

*Quant aux barques, que vont-elles devenir ?*  
 Une bonne partie des embarcations retrouvées ont été extraites en entier ou par tronçons en fonction de leur taille. Après traitement des bois, les embarcations seront remontées, restaurées et exposées dans des musées. Ceci prendra plusieurs années ; exposition prévue en 2012.

## ■ CONCLUSION

Malgré une emprise de chantier rendue étroite par le phasage nécessaire, malgré un gros encombrement en surface, mais aussi en profondeur, de par la présence de nombreux vestiges archéologiques dont l'importance ne pouvait pas être estimée avant les travaux, Spie Fondations a su faire face aux difficultés en travaillant en étroite collaboration avec tous les intervenants, en mettant au service de tous sa capacité à s'adapter aux situations les plus délicates et en faisant preuve, une fois de plus, d'une grande réactivité sur le terrain.

## ABSTRACT

Saint-Georges car park in Lyons

*C. Jan, B. Walbron*

Located below Fourvière, under Benoit Crépu square between Fulchiron quay and Saint-Georges church, in the fifth district of Lyons, the Saint-Georges underground car park, constructed for Lyon Parc Auto, will eventually provide 700 parking spaces on six levels at the gateway to the old part of Lyons.

As part of this ambitious project, Lyon Parc Auto awarded Spie Fondations the performance of special diaphragm wall foundation works ; the work began in October 2001 and was completed six months later.

Spie Fondations' work was performed in a complex urban context and environment, given the project's location on a major trunk road in the Lyons urban area and the proximity of residential buildings more than 400 years old.

## RESUMEN ESPAÑOL

El parque de estacionamiento Saint-Georges, en Lyon

*C. Jan y B. Walbron*

El parque subterráneo Saint-Georges, ubicado en la parte inferior de Fourvière y enclavado bajo la plaza Benoit Crépu, entre el muelle Fulchiron y la iglesia Saint-Georges en el 5 distrito de Lyon, construido por cuenta de Lyon Parc Auto, dispondrá de una capacidad de 700 plazas de aparcamiento en seis niveles en la puerta de entrada del antiguo Lyon. Actuando en el marco de este ambicioso proyecto, Lyon Parc Auto ha encargado a Spie Fondations la ejecución de las obras de cimientos especiales en paredes continuas, obras que han dado comienzo en octubre de 2001 y han sido terminadas en un plazo de seis meses.

La intervención de Spie Fondations se ha desarrollado en un contexto y un medio ambiente urbano complejos, habida cuenta de la ubicación del proyecto en un eje principal de tráfico rodado de la aglomeración lionesa y en las inmediaciones de edificios habitados cuya construcción tuvo lugar hace más de 400 años.

# Le parking Kennedy

## Paroi microberlinoise pour

C'est pour le compte de la SEMTCAR (Société d'économie mixte des transports collectifs de l'agglomération rennaise), représentant l'Agglomération rennaise, que Semen tp a réalisé d'avril 2003 à février 2004 les soutènements et les terrassements du parking relais J.-F. Kennedy.

L'objectif était de livrer une "boîte" de 50 m de diamètre sur 25 m de profondeur à la société Demathieu et Bard chargée de l'élévation du parking, dont la structure en double hélice représentera six niveaux enterrés pour une capacité totale de 406 places.

Ce projet s'inscrit dans le cadre des accès au Val, le métro automatique de la Ville de Rennes.

Le contexte très urbanisé du site et la présence de bâtiments d'habitation de grande hauteur (R + 15 soit H = 45 m) à proximité de la fouille (moins de 5 m) ont demandé à l'entreprise une grande ingéniosité tant au stade de la conception du soutènement que de la réalisation des travaux (photo 1).

C'est grâce à une solution originale, intermédiaire entre deux solutions classiques : la paroi berlinoise (paroi de soutènement maintenue par des poteaux et des tirants de gros gabarits) et la paroi clouée (solution de renforcement de sols par inclusions rigides légères) que Semen tp a été retenue pour la réalisation de la paroi de soutènement.



**Photo 1**  
**Une fouille de 50 m de diamètre pour 25 m de profondeur aux pieds d'immeubles R + 7 à R + 15**  
*An excavation 50 metres in diameter and 25 metres deep at the base of eight- and sixteen-storey buildings*

L'idée de base consiste à faire, depuis la surface et avant tout creusement, une partie du soutènement (micropieux verticaux) qui assurera l'équilibre des efforts de butée en pied. Ensuite, on creuse par tranches horizontales (1,50 m en moyenne). Le soutènement est complété par des inclusions légères (tirants) dont la densité (nombre/m<sup>2</sup> de paroi) s'approche de celle d'un renforcement de sol.

Le blindage entre appuis est réalisé par un béton projeté armé d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur.

Semen tp a justifié la stabilité de l'ouvrage à l'aide d'un code aux éléments finis, solution encore peu utilisée par les bureaux d'études français à des fins de dimensionnement.

La modélisation numérique du massif permet, grâce à une analyse préalable des données géotechniques, de visualiser, phase par phase, le comportement de l'ouvrage dans son environnement immédiat.

Cette présentation du calcul a permis à l'entrepri-

se de valider sa solution technique tout en l'optimisant, générant ainsi des économies sans empiéter sur la pérennité de l'ouvrage.

Les contraintes environnementales drastiques ont nécessité la mise en place d'équipements et de procédures spécifiques, en particulier :

- ◆ une isolation phonique des machines pour un abaissement du niveau acoustique de 10 dBA ;
- ◆ un système continu de surveillance des déplacements potentiels des bâtiments relié à une procédure d'astreinte.

Des contraintes techniques supplémentaires sont apparues en cours de chantier qui ont conduit à revoir localement le dimensionnement des tirants tout en recherchant une adaptation des techniques de foration.

### ■ LA PAROI MICROBERLINOISE ET LES TERRASSEMENTS PAR TRANCHES

La première étape a concerné les 12 premiers mètres de l'excavation, là où le sol, produit de l'altération des schistes sous-jacents, est censé être meuble. En fonction de la répartition des charges en surface, des forages verticaux, d'un diamètre



# à Rennes un parking souterrain

**Frédéric Aury**  
DIRECTEUR  
D'EXPLOITATION  
Semen tp



**Bertrand Haentjens**  
INGÉNIEUR TRAVAUX  
RESPONSABLE  
D'AFFAIRES  
Semen tp



de 300 mm et espacés de 1 à 2,00 m, ont été équipés de profilés métalliques de type HEB200 scellés au terrain sur les deux derniers mètres.

Dans un second temps, le terrassement a été opéré par passes descendantes verticales d'environ 1,50 m. Des tirants avec un espacement horizontal de 1,00 à 4,00 m ont été mis en œuvre sur quatre niveaux au fur et à mesure de l'excavation. Des liernes en béton armé préfabriquées ou métalliques relient chaque tirant aux profilés afin de répartir les effets de la poussée du terrain.

Les tirants réalisés sont passifs au sens des recommandations TA95. Néanmoins, ceux-ci ont été préchargés à quelques tonnes avant l'effet des poussées afin d'activer le frottement le long du scellement et ceci afin de limiter l'amplitude des déplacements finaux.

Enfin, cette première étape se termine par un blindage entre appuis réalisé avec un béton projeté d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur.

Avant de démarrer la deuxième grande partie de travaux et atteindre la profondeur finale du terrassement, soit 25 m, une poutre de liaison en béton armé vient ceinturer l'ouvrage.

La deuxième série de profilés est liée à la partie supérieure par cette poutre (photo 2).

Les forages de diamètre 250 mm sont équipés de profilés 140 mm espacés tous les 2 m. La structure discontinue du schiste en partie basse a fait l'objet d'un clouage systématique puis lorsque la foliation a eu tendance à faire rentrer le massif dans le champ, un clouage renforcé et des tirants ont été mis en œuvre.

Compte tenu de l'orientation de la schistosité, les zones renforcées ont été concentrées dans les quarts nord-est et sud-ouest de la fouille.

## ■ DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DRASTIQUES

Compte tenu de l'ampleur de l'ouvrage et du grand nombre d'habitants dans le quartier, il était important de prendre en compte, de façon permanente et la plus fine possible les interactions entre le chantier et les immeubles voisins.

Ces dispositions ont nécessité :

◆ un abaissement du niveau acoustique des machines de 10 dBA grâce à :

- leur isolation phonique particulière (photo 3),
- la construction d'un local "compresseurs",
- la création d'un mur antibruit amovible,



**Photo 2**  
La structure de la paroi microberlinoise

*The structure of the micropile Berlin wall*



**Photo 3**  
Isolation phonique des machines de forage grâce à des caissons

*Sound insulation of boring machines by means of caissons*

- des préforages à la tarière sur les deux premiers mètres ;

- ◆ un nettoyage régulier des entrées des immeubles pour entretenir de bonnes relations de voisinage ;
- ◆ la mise en place d'un système continu de surveillance des existants.

Ce dernier point a fait l'objet d'une attention toute particulière qui a permis d'appliquer à la lettre la méthode dite observationnelle définie dans l'eurocode 7 en respectant les étapes suivantes :

- ◆ précision des déplacements par le calcul et définition des critères d'arrêt ;
- ◆ définition des moyens pour réduire les déplacements ;
- ◆ réalisation des travaux avec mesure continue des déplacements en intégrant les niveaux d'incertitude connus.



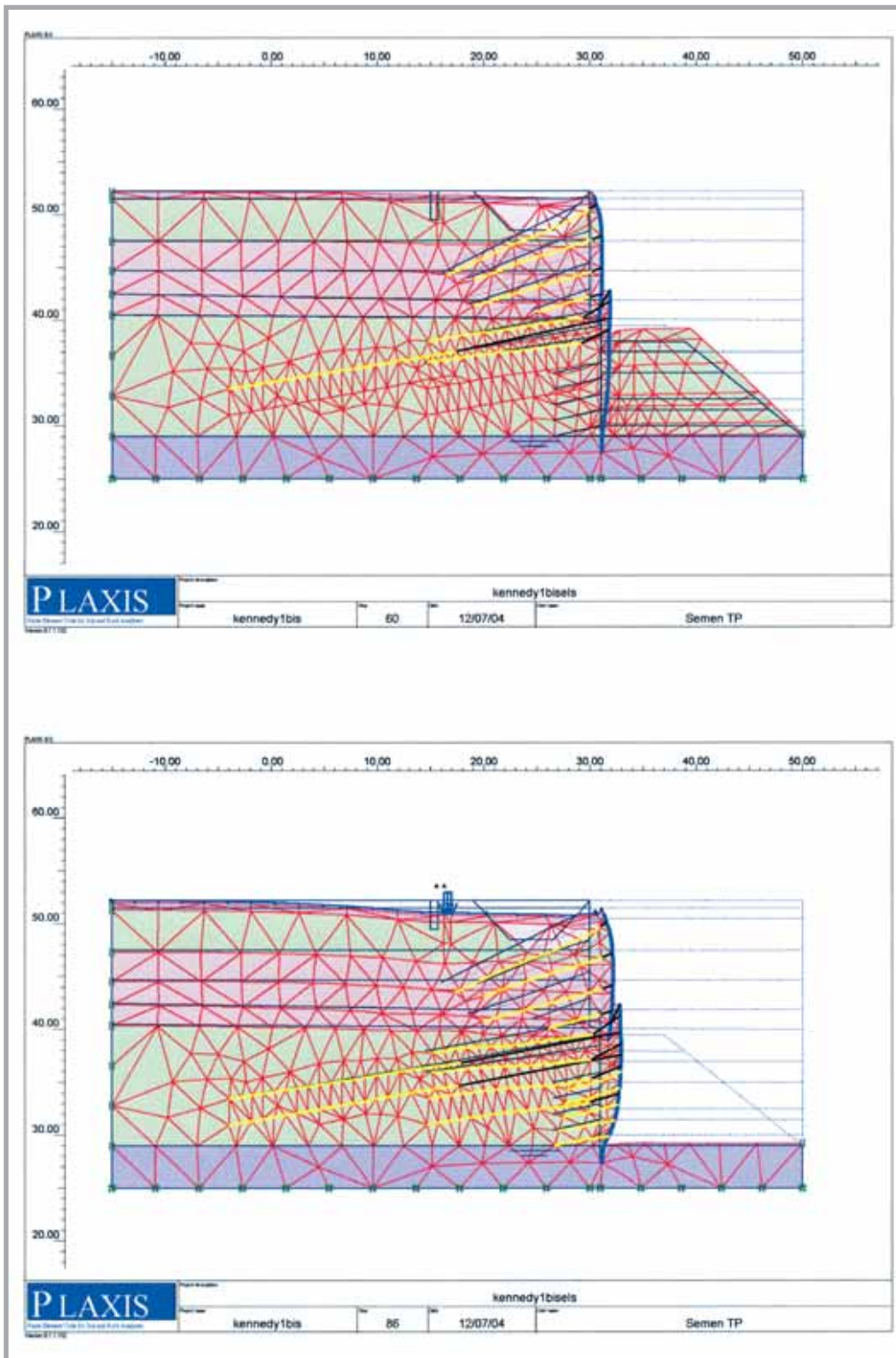


Figure 1  
Calculs aux éléments finis (code PLAXIS). Visualisation amplifiée de la déformée de la paroi et du massif de sol soutenu durant la construction

*Finite-element calculations (Plaxis software). Enlarged view of deformation of the wall and the soil mass supported during construction*

Photo 4

Système d'acquisition et de visualisation en temps réel des déplacements de la paroi et des avoisinants

*System for real-time acquisition and viewing of data concerning movements of the wall and neighbouring area*



Pour ce qui concerne les déplacements limites, ceux-ci avaient été fixés dans le marché sur des valeurs verticales, à 5 mm sur les fondations des bâtiments et 10 mm sur les voiries.

La modélisation aux éléments finis à l'aide du code Plaxis a permis de définir les champs de déplacements provoqués par la construction de l'ouvrage, de proposer une structure pour limiter ces déplacements aux limites du marché et d'en déduire des critères en tête de paroi (figure 1).

Afin de suivre les mouvements de la paroi en continu, l'entreprise a mis en place un système de lecture en continu composé d'un théodolite motorisé relié à un système d'acquisition et de traitement des données (photo 4).

Les lectures, effectuées toutes les deux heures sur des prismes disposés sur les bâtiments alentours et directement sur la paroi (photo 5) étaient traitées et disponibles sous forme de graphiques dans les trois directions consultables sur le réseau internet (figures 2 et 3).

L'ensemble était relié à un dispositif d'astreinte permettant une intervention de l'entreprise dans l'heure en cas de dépassement des seuils autorisés.

Le processus a été enclenché au sud-ouest du parking où les déplacements en tête de paroi ont atteint plus de 6 cm au terme des terrassements.

Cette zone singulière, où de fortes pressions hydrostatiques régnaient dans les interfaces des bancs de schistes, a fait l'objet d'une attention toute particulière durant l'exécution.

Le suivi continu des déplacements le long de la paroi a permis de recalibrer en temps réel la modélisation numérique et d'adapter, dans le même temps, les moyens complémentaires de limitation des déplacements (nombre et capacité des tirants).

Photo 5

Vue d'un prisme fixé en tête de paroi

*View of a prism attached to the head of the wall*



## DES CONTRAINTES TECHNIQUES APPARUES EN COURS DE CHANTIER

La réalisation de tirants d'essai en début d'opération a permis de détecter une anomalie dans l'adhérence des scellements au terrain.

La technique de scellement mise en œuvre in situ est classique, elle se décompose en deux phases :

- ◆ une première phase sur laquelle le coulis de scellement, composé de ciment et d'eau (C/E 2 à 2,5), est envoyé à la base du forage par un tube annexe jusqu'au refoulement par l'orifice du forage ;
- ◆ une deuxième phase, 20 minutes à 1/2 heure après la première destinée à combler le vide formé par la décantation du coulis dans le trou.

Cette technique basse pression donne des résultats régulièrement satisfaisants en terme de frottement et parfaitement adaptés à la microberlineuse dont les tirants restent de faible capacité.

Néanmoins, la grande disparité et la médiocrité des résultats obtenus sur les premiers tirants d'essai, de structures similaires, (en terme de nature de sol d'ancrage (schistes argileux) et de conception de tirants), ont conduit l'entreprise à pousser son analyse et à extraire un tirant afin de visualiser le bulbe de scellement.

Il est alors apparu que :

- ◆ le coulis de ciment remplissait parfaitement le forage ;
- ◆ la forme du bulbe était bien irrégulière assurant bien ainsi l'adhérence du terrain.

Par contre, la surface de rupture n'avait pas lieu à l'interface coulis/sol comme attendu, mais dans le cœur du massif, à environ 2 cm du bulbe (photo 6).

La présence de cette gangue annulaire a été ex-

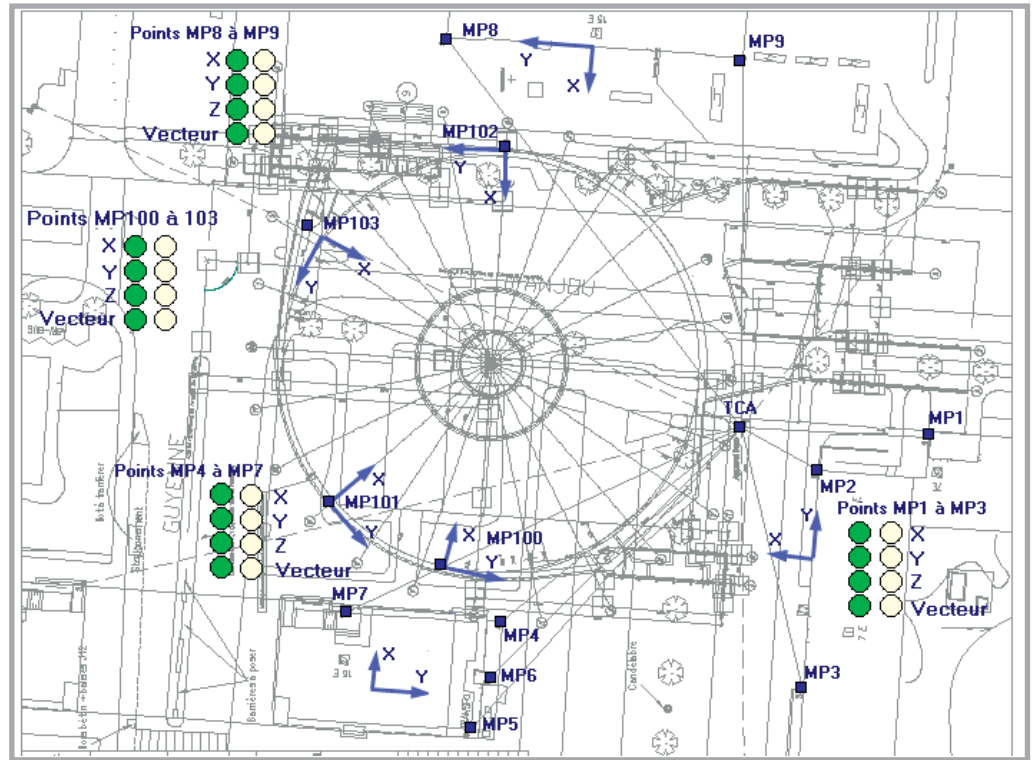


Figure 2  
Implantation des prismes pour le suivi des déplacements durant la construction

*Location of prisms for monitoring displacements during construction*



Photo 6  
La rupture du scellement du tirant d'essai s'est effectuée dans le terrain, 1,5 à 2 cm de l'interface coulis/sol

*Failure of the test tension-member grouting occurred in the field, 1.5 to 2 cm from the grout/soil interface*

### RÉPARTITION DES PRINCIPAUX POSTES

#### Paroi berlinoise

- Profilés métalliques verticaux et liernes (HEB 200 et HEB 140, 300 barres de 13 à 15,50 ml) : 580 000 €
- Béton projeté (3 500 m<sup>2</sup> soit 750 m<sup>3</sup>) : 570 000 €
- Tirants et clous (barres de diamètres 20, 25, 28, 32, 35 et 43 mm ; longueurs unitaires de 6 à 24 ml = 7 000 ml) : 570 000 €

#### Terrassements

- Déblais et évacuation (55 000 m<sup>3</sup>) : 500 000 €
- Remblais (4 000 m<sup>3</sup>) : 100 000 €

#### VRD

Radier drainant + VRD : 170 000 €

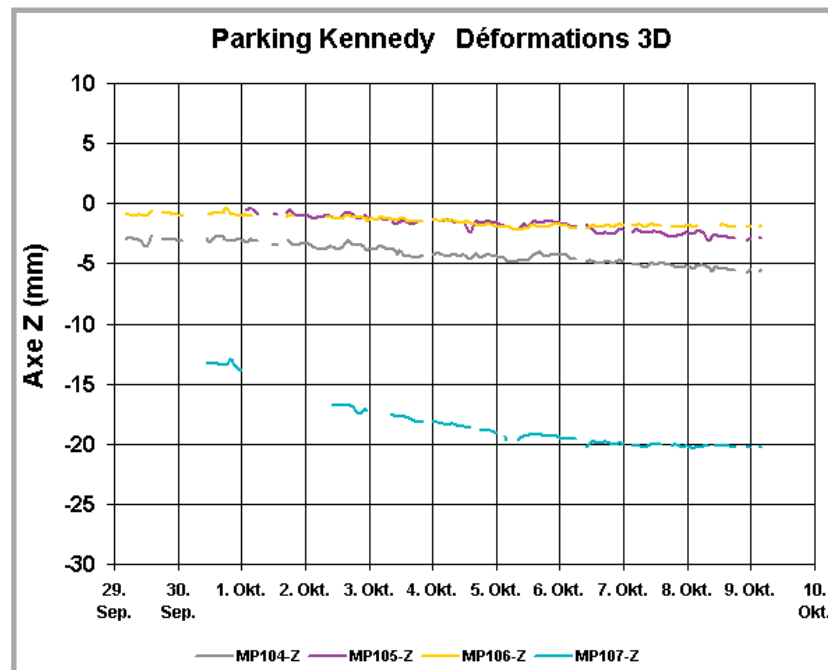


Figure 3  
Graphique de suivi des déplacements en Z sur les prismes 104 à 107. Ce graphique est renseigné toutes les deux heures et consultable 24 heures sur 24 depuis n'importe quel PC relié au réseau internet

*Graph monitoring movement along Z on prisms 104 to 107. Data is input to the graph every two hours, and it can be consulted round-the-clock from any PC connected to Internet*



**Photo 7**  
Tous les tirants ont été testés 15 % au-delà de leur charge de service

*All the tension members were tested at 15 % more than their working load*



**Photo 8**  
Terrassements en grande masse. Les terres sont chargées et évacuées depuis le haut de la plateforme ce qui limite fortement les salissures de voiries

*Mass earthworks. The earth is loaded and removed from the top of the platform, thereby greatly limiting pollution of the road*



pliquée par la technique de forage utilisée. En effet, le marteau hors trou fonctionne avec un fort refoulement du sol, repoussant la matière sur les parois du forage sans l'éjecter hors du trou, ce qui contribue à accentuer la plastification des parois. En remplaçant la technique du marteau "hors trou" par le marteau "fond de trou", l'amélioration de la qualité du scellement a été notable, de l'ordre de 20 %.

Le fort pouvoir d'extraction de l'air utilisé à gros débit dans cette technique, conjugué à l'assèchement du sol au voisinage immédiat des parois ont largement contribué à cette augmentation de la performance des scellements.

Compte tenu de l'importance de l'ouvrage et du contrôle permanent des déplacements imposé par l'environnement immédiat, l'entreprise a proposé de tester l'ensemble des tirants avec une procédure de réception directement tirée de l'interprétation des recommandations TA95 (photo 7).

## CONCLUSIONS

Concernant les études, la construction de cette paroi a permis à l'entreprise de conforter son savoir-faire quant à l'utilisation de la méthode des éléments finis (code PLAXIS) à des fins de dimensionnement d'ouvrages peu courants.

Utilisé dans ce contexte, le calcul par éléments finis offre l'avantage de mieux appréhender le comportement de l'environnement de l'ouvrage en terme de déformations en tenant compte des différentes étapes de construction, le modèle étant validé par un calage avec la méthode classique aux coefficients de réaction (programme RIDO) et des relevés topographiques continus (système de surveillance géomonitor).

En réalisant cette "boite" aux dimensions spectaculaires dans un environnement très urbanisé et dans un contexte géotechnique difficile (photos 8 et 9) :

- ◆ sols à caractère argileux ;
- ◆ schistosité orientée vers la fouille ;
- ◆ circulations d'eau difficiles à maîtriser (faible débit, pressions fortes), Semen tp a prouvé sa capacité à réaliser des soutènements de grande technicité.

Cette réalisation s'est déroulée en respectant toutes les sujétions du marché en termes de délais et de qualité.

La recherche permanente d'une bonne cohésion

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### *Maître d'ouvrage*

SEMTCAR (Société d'économie mixte des transports collectifs de l'agglomération rennaise) agissant au nom et pour le compte de Rennes Métropole

### *Assistant du maître d'ouvrage*

Arcadis - EEG Simecsol

### *Groupe de maîtrise d'œuvre*

Rouleau (architecte et mandataire)/OTH ouest

### *Contrôleur technique*

Norisko

### *Coordonnateur SPS*

Omega Alliance

### *Entreprise*

Groupe Demathieu et Bard (mandataire) – Semen tp

### *Montant du marché*

8 461 560 € HT dont lots 1 à 3 (Semen tp : terrassements, soutènements, VRD) : 2 615 000 € HT





Photo 9

Vue de la fouille depuis le haut de l'immeuble Est. La distance minimale entre la tête de paroi et l'immeuble R + 15 en face est de 4,00 m

*View of the excavation from the top of the eastern building. The closest distance between the wall head and the 16-storey building opposite is 4.00 metres.*

entre les équipes de production Semen tp/Demathieu et Bard et les équipes de maîtrise d'œuvre et d'ouvrage (OTH/SEMTCAR/Arcadis) a largement contribué à la réussite de ce chantier.

## ABSTRACT

Kennedy car park in Rennes. Micropile Berlin wall for an underground car park

Fr. Aury, B. Haentjens

It was for SEMTCAR (semi-public transport company for the Rennes urban area), representing the City of Rennes, that between April 2003 and February 2004, Semen TP performed supporting work and earthworks for the John F. Kennedy park-and-ride facility.

The objective was to supply a "box" 50 metres in diameter and 25 metres deep to the Demathieu et Bard company in charge of car park erection work, with a double spiral structure that will represent six underground levels, with a total capacity of 406 spaces.

This project comes within the framework of access facilities for the "Val" automatic subway for the City of Rennes. Given the highly urbanised site location and the presence of high-rise residential buildings (16 storeys, i.e. 45 metres high) near the excavations (less than 5 metres away), the contractor had to use great ingenuity both in the supporting system design stage and for work performance.

It was thanks to an original solution, mid-way between two conventional solutions, the Berlin-type retaining wall (supporting wall held in position by large-sized columns and tension members) and the soil-nailed wall (soil reinforcement through lightweight rigid inclusions), that Semen TP was selected for construction of the supporting wall.

## RESUMEN ESPAÑOL

El aparcamiento Kennedy, en Rennes. Pantalla microberlinesa para un parque subterráneo

Fr. Aury y B. Haentjens

Operando por cuenta de la SEMTCAR (Sociedad de economía mixta de transportes colectivos de la aglomeración de la ciudad de Rennes) que representa a la aglomeración de Rennes, Semen TP ha ejecutado los muros de contención y los movimientos de tierras del aparcamiento John F. Kennedy, entre abril de 2003 y febrero de 2004.

El objetivo perseguido consistía en suministrar una "caja" de 50 m de diá-

metro por 25 m de profundidad a la empresa Demathieu et Bard, encargada de la elevación del aparcamiento, cuya estructura en doble helicoide representará seis niveles bajo tierra, de una capacidad total de 406 aparcamientos.

Este proyecto corresponde al programa de los accesos del Val, o sea, el metro automático de la ciudad de Rennes.

El contexto sumamente urbanizado del emplazamiento y la presencia de edificios para viviendas de gran altura (R + 15, o sea A = 45 metros), en la proximidad de las excavaciones (menos de 5 m), han precisado a la empresa dar pruebas de una gran ingeniosidad tanto en la etapa del concepto de la contención de las tierras como en la ejecución de las obras. Es debido a una solución original, intermediaria entre dos soluciones convencionales: la pared berlinesa (para el sostenimiento mantenida por columnas y tirantes de gran gálibo) y la pared enclavada (solución de refuerzo de los suelos mediante inclusiones rígidas ligeras), que se ha encargado a la Semen TP para la ejecución de la pared de contención.

# Un remblai auto-compactant : pour limiter les nuisances sur

La pose d'un collecteur de diamètre 1 200 mm dans une rue étroite et très commerçante de Houilles conférait à ces travaux une difficulté toute particulière.

SRBG, filiale d'Eurovia, a proposé pour ce chantier d'utiliser un remblai auto-compactant particulièrement adapté à cet environnement urbain. Cette technique a permis, entre autres, de réduire la largeur de tranchée, de rendre rapidement les zones traitées à la circulation et de supprimer les nuisances de vibrations grâce à l'absence de compactage.

Le collecteur utilisé, une canalisation en PRV (Polyester Renforcé de fibres de Verre) fabriquée par Hobas, répondait parfaitement aux exigences du chantier, de part sa légèreté, ses propriétés mécaniques et son catalogue de pièces spéciales.

## ■ LE CHANTIER DE HOUILLES

Depuis plusieurs années les quartiers du Tonkin et des Pierrats à Houilles sont rythmés par les inondations. La pose d'un collecteur de diamètre 1 200 mm doit permettre de régler une bonne partie des problèmes de débordement du réseau d'assainissement. Ces travaux font suite à des études techniques approfondies menées par la ville de Houilles et le syndicat intercommunal d'assainissement de Houilles, Carrières-sur-Seine, Bezons et Chatou (SIAHCBC). Ce collecteur, destiné à soulager les réseaux en amont, est posé rue Gabriel Péri dans le quartier du centre. Ces travaux d'assainissement, d'une durée de trois mois, ont été précédés de quatre mois de travaux de déviation de réseaux concessionnaires nécessaires pour la pose du tuyau de diamètre 1 200 mm. La rue Gabriel Péri est une des rues les plus commerçantes de la ville. Axe de liaison entre les quartiers est et ouest, c'est une voie relativement étroite, ce qui explique les difficultés rencontrées pour la réalisation des travaux.

La commune a été très attentive à la préservation de l'activité commerciale et à la réduction des nuisances engendrées par les travaux. Dans le cadre de l'appel d'offres le groupement, composé de SRBG (filiale d'Eurovia) et de l'agence Eurovia Ile-de-France de Montesson, a proposé une variante en remblai auto-compactant. Cette proposition répondait au critère environnemental et a été déterminante dans l'attribution de ce marché. Le choix du type de canalisation était tout aussi important, les tuyaux en PRV, fabriqués par Hobas, répondaient ainsi aux exigences du chantier (photo 1).

## ■ LE CHOIX D'UN REMLAI AUTO-COMPACTANT

Le remblaiement d'une tranchée d'assainissement est une opération délicate, qui peut engendrer certaines nuisances. La mise en œuvre de remblai auto-compactant permet de les minimiser et apporte de nombreux avantages.

Un remblai auto-compactant est un matériau fluide fabriqué en centrale à base de ciment, et transporté en camion malaxeur. Comme son nom l'indique, il est mis en œuvre sans compactage. Le produit est excavable sans l'utilisation d'un marteau-piqueur, il est auto-plaçant et ne subit pas de retrait. La prise rapide du matériau permet généralement de rendre possible la circulation piétonne dans l'heure, il faut attendre 6 heures pour les véhicules légers.

Sur le chantier de Houilles, l'utilisation de ce remblai pour la pose du collecteur dans une rue étroite où l'activité commerciale est importante, confère encore plus d'intérêt à cette technique :

- ◆ remblaiement et remise en circulation piétonne rapide ;
- ◆ absence des nuisances dues aux vibrations et au bruit des engins de compactage ;
- ◆ réduction de la largeur de tranchée car il n'est pas nécessaire de prévoir une largeur suffisante pour les engins de compactage (photo 2). Cette technique permet également :
- ◆ une qualité de compactage qui supprime tous les risques d'affaissement de tranchée ;
- ◆ une possibilité de réexcaver le matériau sans l'utilisation de marteau-piqueur ;
- ◆ une mise en sécurité du personnel hors de la tranchée lors du remblaiement.

La rapidité de mise en œuvre a permis, chaque soir, de rendre à la circulation piétonne la zone traitée dans la journée, réduisant ainsi l'emprise du chan-

**Photo 1**  
Mise en œuvre  
du remblai  
auto-compactant  
*Laying  
the self-compacting  
backfill*





# une solution adaptée les chantiers en site urbain

Philippe Parisse



DIRECTEUR  
SRBG

Jean-Marie Joussin



DIRECTEUR GÉNÉRAL  
Hobas France

tier. La configuration de ce dernier, rue étroite et collecteur important, amenait le bord de la tranchée au pied de certains commerces, or l'absence de vibration de compactage a épargné l'apparition de désordres dans les façades.

## ■ RETOUR SUR LES REMBLAIS AUTO-COMPACTANTS

Les matériaux auto-compactants sont utilisés en France depuis les années 90 ; ils font leur apparition dans le nouveau fascicule 70, document de référence de l'assainisseur, qui vient d'être remanié. Ce produit est un mélange de granulats (sables, gravillons, fillers...), de ciment (moins de 100 kg/m<sup>3</sup>), d'eau et d'adjuvants divers. Chaque fabricant possède sa propre composition de matériau, une fiche produit précise ses caractéristiques : type, fluidité, résistance à la compression, délai de restitution à la circulation piétonne...

On distingue deux familles de produits :

◆ les produits essorables dont la fluidité nécessaire à leur mise en œuvre est assurée par un teneur en eau élevée ;

◆ les produits non essorables dont la fluidité est obtenue par l'utilisation d'adjuvants spécifiques. La résistance à la compression, pour ce type de matériaux (élément qui caractérise les possibilités de terrassement ultérieur), varie de 0,5 à 2 MPa à 28 jours. On considère qu'en dessous de 0,7 MPa la réexcavabilité est facile et peut être manuelle, au-delà elle nécessite une mécanisation légère. Le matériau est mis en œuvre dans la tranchée directement de la goulotte du camion malaxeur, en minimisant la hauteur de chute pour limiter la ségrégation du matériau. Suivant le poids des canalisations, il peut être nécessaire de les lester ou de les arrimer pour éviter les effets de la poussée hydrostatique.

## ■ UN NOUVEAU PRODUIT AUTO-COMPACTANT : LE RECYCAN®<sup>1</sup>

La fabrication de produits auto-compactants nécessite des moyens industriels lourds (centrales), à proximité des chantiers associés à un transport par toupie engendrant un coût élevé du produit.

Fort de ce constat, Eurovia, à travers la société Leduc, une de ses filiales intervenant dans la région lilloise, a mis au point le Recycan® : un matériau auto-compactant plus économique fabriqué *in situ* avec les matériaux issus du chantier. Ce nouveau concept allie les avantages du remblai auto-compactant fabriqué en centrale et l'aspect écologique : réduction de plus de 70 % du trafic poids lourds et des mises en décharge, recyclage des matériaux de chantier et économie des ressources naturelles en agrégats.



Photo 2  
Un chantier  
à proximité  
des commerces  
A construction  
site close  
to shops

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

*Maître d'ouvrage*  
Commune de Houilles (78)

*Maître d'œuvre*  
E.C.A. – M<sup>me</sup> Gonzales

*Entreprises*  
• SRBG – Saint-Germain-en-Laye (78)  
• Eurovia Ile-de-France - Montesson (78)

*Travaux*  
• Pose d'un collecteur de diamètre 1 200 mm sur 560 ml en PRV fourni par Hobas  
• Reprise de 70 branchements  
• Création de deux chambres de répartition

1. Cf. Travaux n° 801, octobre 2003, page 36.



Photo 3  
Centrale  
Recycan®  
Recycan®  
plant



Photo 4  
La canalisation PRV  
de Hobas

*The Hobas GRP  
pipe*



La fabrication du Recycan® est réalisée directement sur chantier à l'aide d'une mini-centrale compacte et mobile (6,50 m x 2,50 m). Celle-ci est approvisionnée en matériau directement extrait de la tranchée. Le matériau subit un criblage puis est malaxé avec un apport de ciment, d'eau et de fibres. Le coulis Recycan®, ainsi fabriqué, est ensuite transporté dans la tranchée à l'aide d'une pompe et de tuyaux souples.

Le remblai devient circulaire environ 3 heures après sa mise en place et ne présente ni retrait, ni fissuration.

Fort du succès de ce procédé qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet Eurovia, SRBG a décidé de développer le produit Recycan® en Ile-de-France (photo 3).

## ■ LA CANALISATION PRV

Les canalisations PRV Hobas font partie de la famille des composites fabriqués par centrifugation à partir de résine thermosable et de fibres de verre. Les matériaux composites tendent généralement à supplanter les matériaux traditionnels dans l'industrie, grâce à leurs propriétés de résistance mécanique, de légèreté, de résistance thermique unanimement reconnues, mais aussi plus particulièrement dans les réseaux d'eaux, grâce à leur qualité hydraulique, de résistance chimique (pH 1) et à l'abrasion. Ces propriétés confèrent aux canalisations en PRV une durabilité exceptionnelle estimée à 50 ans dans les conditions d'exploitation d'un réseau (photo 4).

Dans le cadre du chantier de la rue Gabriel Péri, la canalisation en PRV Hobas était particulièrement adaptée aux contraintes d'exécution et d'exploitation du réseau projeté. En voici les principales caractéristiques :

- ◆ faible encombrement extérieur des canalisations : les tuyaux PRV DN 1 200 ont un diamètre extérieur de 1 229 mm contre 1 440 mm environ par exemple pour des canalisations en béton armé. Les canalisations Hobas sont livrées en longueur 3 m ou 6 m selon les difficultés de pose liées à la présence des réseaux des concessionnaires ;

- ◆ une résistance mécanique à l'épreuve du temps : le dimensionnement mécanique sous charge roulante a été mené avec des canalisations SN 10 000 apportant un coefficient de sécurité très sécuritaire à long terme (50 ans) pour une plus grande pérennité du réseau ;

- ◆ augmentation de la capacité débitante du réseau : l'état de surface des canalisations très lisse (rugosité absolue 0,01 mm) a permis d'augmenter la capacité hydraulique du réseau à un débit projeté de 1,70 m<sup>3</sup>/s malgré une pente motrice relativement faible et de nombreux changements de direction de la canalisation ;

- ◆ la facilité de pose dans un environnement très dense : les moyens de levage ont été volontairement minimisés afin de limiter les nuisances phoniques aux riverains et adaptés aux canalisations en PRV dont le poids au mètre linéaire est par exemple sept fois moins lourd que des canalisations en béton armé.

Le catalogue très large de raccords disponibles et pièces spéciales d'adaptation permet à l'entreprise de trouver dans un délai très bref, les raccords et pièces qui lui permettent de s'affranchir des difficultés imprévues du chantier liées à l'implantation réelle des réseaux existants.

La rapidité d'exécution obtenue permet de respecter le planning de découpage par tronçons du chantier.

L'entreprise utilise à titre d'exemple des coudes sur mesure, des cheminées de visite DN 1000, des culottes ou selles de branchement DN 1200/150

PRV-160 PVC- 200 ainsi que des manchons de scellement.

### L'expérience de l'utilisation de remblais auto-compactants avec les canalisations en PRV Hobas

Des chantiers, associant le groupe Eurovia et Hobas, ont déjà été menés en commun dans le Nord de la France.

La compatibilité des canalisations en PRV avec ce type de remblai est totale. La canalisation en PRV est notamment inerte vis-à-vis des réactions physico-chimiques du remblai pendant sa prise.

Les canalisations en PRV Hobas sont actuellement en plein développement en France. Leur compatibilité avec les techniques récentes de remblai auto-compactant les rend encore plus attrayantes.

#### ABSTRACT

Self-compacting backfill : an appropriate solution for limiting nuisances on projects on urban sites

*Ph. Parisse, J.-M. Joussin*

**The work of laying a main drain 1200 mm in diameter in a narrow, very busy street of Houilles was extremely difficult.**

**Eurovia's subsidiary SRBG proposed using for this project a self-compacting backfill particularly appropriate for this urban environment. This technique made it possible, among other things, to reduce the trench width, to restore rapidly the areas treated for traffic, and to eliminate vibration nuisances by eliminating compacting.**

**The drain used, a GRP (glass reinforced plastic) pipe manufactured by Hobas, provided a perfect answer to the project requirements, due to its lightness, its mechanical properties and its catalogue of special parts.**

#### RESUMEN ESPAÑOL

Un terraplenado autocompactante : a título de solución adaptada para limitar las molestias durante las obras en medio urbano

*Ph. Parisse y J.-M. Joussin*

**El tendido de un colector de 1200 mm de diámetro en una calle estrecha y muy comercial de la ciudad de Houilles confería a estas obras una dificultad sumamente particular.**

**SRBG – filial de Eurovia – ha propuesto para estas obras la utilización de un relleno autocompactante particularmente adaptado para este entorno urbano. Esta técnica ha permitido, entre otras cosas, reducir la anchura de la zanja, devolver rápidamente las zonas tratadas para el tráfico rodado y eliminar las molestias de vibraciones debido a una inexistencia de compactación.**

**El colector utilizado, o sea, una canalización de PRV (Poliéster reforzado con fibras de vidrio), producido por Hobas, correspondía perfectamente a los requerimientos de la obra, en primer lugar por su bajo peso, sus propiedades mecánicas y su catálogo de piezas especiales.**

# Fort-de-France

## Etude de vulnérabilité au d'eau potable

Le groupement BRL ingénierie, IMS et Dynamique Concept a terminé le 5 février 2003 une étude commandée par la DDE de Martinique sur la vulnérabilité au risque sismique du réseau d'adduction d'eau potable (AEP) de la ville de Fort-de-France. Cette étude abordait le risque sismique sous trois angles différents : le fonctionnement hydraulique du réseau primaire, la vulnérabilité des 134 km de canalisation en se fondant sur les dernières méthodes développées, en particulier celle de l'American Society of Civil Engineers (ASCE), et le diagnostic des quelque 40 ouvrages du réseau, dont trois stations de traitement et 30 réservoirs. Les résultats obtenus ont permis de dégager un phasage de travaux de renforcement visant à sécuriser à chaque étape l'alimentation d'une part croissante de la population.

Le 5 février 2003 se tenait à Fort-de-France (Martinique) la réunion finale de présentation des conclusions de l'étude de vulnérabilité au risque sismique des installations d'eau potable de la ville de Fort-de-France. Cette étude par son approche globale était une première nationale, dans l'esprit des dernières évolutions mondiales dans ce domaine. Elle s'est inscrite dans un programme global d'expertise des bâtiments ou installations sensibles qui doivent rester fonctionnelles après séisme majeur (programme GEMITIS). La Martinique est en effet un département où le risque sismique est élevé. L'Etat, par le biais du ministère de l'Équipement des Transports et du Logement et de la DDE de Martinique, en était le maître d'ouvrage. Le conducteur d'opération était la DDE Martinique assistée par la Direction régionale de l'environnement (DIREN) et la Régie personnalisée des eaux et de l'assainissement (RPEA); cette dernière étant gestionnaire des installations d'eau potable de la ville de Fort-de-France. Cette étude a été menée en association par trois bureaux d'ingénierie : BRL ingénierie (mandataire), IMS (Ingénierie des Mouvements de Sol, cotraitant) et Dynamique Concept (sous-traitant de BRLi), à la suite d'un appel d'offres lancé par la DDE Martinique en avril 2001.

### ■ PRÉSENTATION DU SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DE FORT-DE-FRANCE

La Régie des Eaux assure l'alimentation en eau potable (AEP) de Fort-de-France (94 049 habitants au recensement de 1999) depuis 1998. Pour ce faire elle dispose d'une ossature composée de six prises d'eau brute en rivière, trois stations de traitement et près de 30 sites où sont implantés des réservoirs. Le système se décompose en trois sous-systèmes articulés chacun autour d'une unité de traitement :

- ◆ la station Didier à l'ouest (photo 1), mise en service en 1948, d'une capacité nominale de 25 000 m<sup>3</sup>/j, alimente 13 réservoirs ;
- ◆ la station Durand à l'est, mise en service en 1968, d'une capacité nominale de 25 000 m<sup>3</sup>/j, alimente six réservoirs ;
- ◆ la station Cafetière au centre qui comporte deux filières, mises en service respectivement en 1939 et 1972, d'une capacité nominale de 11 000 m<sup>3</sup>/j, alimente 11 réservoirs.

Ces systèmes sont interconnectés. Le réseau de canalisations primaire d'eau potable de Fort-de-France (diamètres ≥ 200 mm) représente un linéaire de près de 134 km. L'ensemble du réseau se situe au sein d'un contexte topographique, géologique et géotechnique particulièrement varié. D'aval en amont, le territoire de Fort-de-France se compose de plaines issues d'alluvions et d'anciennes mangroves réputées liquéfiables, puis de mornes aux ravines fortement encaissées et marquées par de fréquents mouvements de terrains.

La plupart des réservoirs sont des réservoirs circulaires en béton armé avec coupole (photo 2) ou, pour les plus récents, avec dalle de couverture, de capacité entre 100 à 2 000 m<sup>3</sup>.

Le parc comprend aussi deux châteaux d'eau : le réservoir de Jambette, un ouvrage circulaire en béton armé de 10 m de hauteur et de 1 000 m<sup>3</sup>, ainsi que le réservoir de Camp Balata, ouvrage métallique de 40 m<sup>3</sup>. On compte également deux réservoirs carrés en maçonnerie : le réservoir de l'Eveche (le plus ancien, construit en 1915) de 6 000 m<sup>3</sup>, et le réservoir de Tiberge de 1 500 m<sup>3</sup>. Il comprend enfin quelques citernes métalliques de 5 à 20 m<sup>3</sup>.

### ■ ÉTUDE HYDRAULIQUE

Très étendu, le réseau AEP de Fort-de-France est d'autant plus complexe qu'il s'est développé au

**Photo 1**  
Station  
de traitement Didier  
*Didier treatment plant*





# séisme des installations

cours d'une longue période. Une étude hydraulique visant à vérifier son bon fonctionnement et à en dégager les ouvrages stratégiques était donc nécessaire.

Une modélisation hydraulique de l'ossature principale du système d'alimentation en eau potable de Fort-de-France a été réalisée avec PORTEAU logiciel développé par le Cemagref. L'étude hydraulique a permis de vérifier le bon fonctionnement du réseau : pas d'insuffisance d'alimentation, autonomie des réservoirs généralement supérieure à la journée. Elle a ensuite permis d'effectuer un classement des réservoirs par affectation d'une priorité de 1 à 4 à chaque réservoir.

Ce classement a résulté d'une analyse croisée sur la base des trois critères suivants :

◆ **fonctionnalité de l'ouvrage** : il s'agit d'un critère traduisant l'importance d'un réservoir dans la structure du système d'alimentation en eau potable de Fort-de-France.

Le classement retenu sur ce critère est le suivant :

- classe 1 : réservoirs de tête du réseau,
- classe 2 : réservoirs alimentant un ou plusieurs réservoirs,

- classe 3 : réservoirs de distribution de grand volume en bout de réseau,

- classe 4 : réservoirs de distribution de petit volume desservant des écarts ;

◆ **population desservie** : ce critère traduit l'importance d'un réservoir en terme de population sous sa dépendance directe ou indirecte. Le paramètre qui est considéré ici est la population totale desservie.

Le classement retenu sur ce critère est le suivant, et se base sur la moyenne de population totale desservie par un réservoir ( $E_{pd}$ ) et l'écart-type ( $\sigma_{pd}$ ) :

- classe 1 : population desservie totale supérieure à  $E_{pd} + \sigma_{pd}$ ,

- classe 2 : population totale desservie comprise entre  $E_{pd}$  et  $E_{pd} + \sigma_{pd}$ ,

- classe 3 : population totale desservie comprise entre 1,5 % de  $E_{pd}$  (1 500 habitants) et  $E_{pd}$ ,

- classe 4 : population totale desservie inférieure à 1,5 % de  $E_{pd}$  ;

◆ **consommateurs prioritaires** : ce critère traduit l'importance d'un réservoir liée à l'importance des consommateurs desservis.

Le classement retenu sur ce critère est le suivant :

- classe 1 : réservoir alimentant des établissements médicaux, la caserne de pompiers, l'usine EDF et la RPEA,

- classe 2 : réservoir alimentant le port, la station d'épuration, les ZIP et ZAC, les casernes militaires,

- classe 3 : réservoir alimentant les établissements scolaires,

- classe 4 : les autres réservoirs.

Le classement retenu est fondé sur la moyenne arrondie de ces trois critères. Elle reflète bien la hiérarchie réelle entre réservoirs. On a obtenu quatre réservoirs de classe 1, sept réservoirs de classe 2, dix réservoirs de classe 3, le reste étant des réservoirs de classe 4.



Photo 2  
Le réservoir Durand correspond au type de réservoir le plus répandu. C'est un ouvrage en béton armé, circulaire, à coupole, de 1 000 m<sup>3</sup>

*The Durand reservoir is the most common type of reservoir. It is a reinforced concrete, circular, domed structure of capacity 1000 cu. m*

## ■ DIAGNOSTIC DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Une fois le bon fonctionnement du réseau vérifié et l'importance de chaque réservoir quantifiée, la deuxième phase de l'étude a consisté à évaluer la vulnérabilité de chacun des ouvrages hydrauliques. Cette évaluation s'est faite par des calculs au séisme d'une part, et par une reconnaissance de terrain d'autre part.

### Calculs au séisme

#### Les actions

Dans l'analyse de la vulnérabilité des réservoirs existants les actions suivantes ont été prises en compte :

◆ actions permanentes : poids propre des structures, poids des terres sur les débords de radiers, poids de terre ou d'étanchéité sur la couverture, poussées des terres statiques ;

◆ actions variables : poids d'eau sur radiers, sous-pressions sous radiers, charges hydrauliques sur

- ▶ les parois, charges d'exploitation, de montage et d'entretien, effets de température ;
- ◆ actions accidentelles : action sismique, surpression dynamique des terres, surpression dynamique de l'eau.

*L'accélération sismique*

Les ouvrages d'alimentation en eau potable sont répertoriés en classe D, la Martinique est classée en zone III, il en résulte une accélération nominale de 4,4 m/s<sup>2</sup> (soit 0,45 g).

Les actions sismiques ont été déterminées par analogie avec l'approche retenue dans l'étude Gemitis<sup>1</sup> (tableau I), trois hypothèses d'action sismique sont considérées :

- ◆ séisme fort : accélération de 0,45 g ;
- ◆ séisme moyen : accélération de 0,22 g ;
- ◆ séisme faible : accélération de 0,12 g.

Les valeurs des accélérations ont ensuite été modifiées par l'application des effets de site géologiques et topographiques :

◆ effets géologiques : la géologie du site de chaque ouvrage a été déterminée par une synthèse des documents bibliographiques disponibles.

Par conséquent, le choix qui a été fait était celui d'une macro approche dont l'échelle était relativement vaste vis-à-vis de la situation locale de l'ouvrage.

Ces descriptions générales ont été complétées par des observations géotechniques plus précises lorsque des sondages de reconnaissances de sol existaient dans la zone concernée.

Ensuite les classes de site au droit des ouvrages ont été évaluées suivant les quatre classes des règles PS 92 ;

◆ effets de site suivant les prescriptions réglementaires PS 92 : les coefficients d'amplification  $\tau$  ont systématiquement été déterminés pour les sites d'implantation des ouvrages lors des reconnaissances de terrain.

*Les surpressions dynamiques de l'eau*

L'évaluation de la réponse dynamique de l'eau du réservoir sous l'action sismique constituait une particularité de ce type d'ouvrages.

On utilise normalement les équations hydrodynamiques en prenant en compte :

- ◆ les composantes convective et impulsive (oscillatoire) du mouvement du liquide ;
- ◆ la déformation de la coque du réservoir (réservoir métallique) due aux pressions hydrodynamiques, et les effets d'interaction avec la composante impulsive ;
- ◆ la déformabilité du sol de fondation et la modification de la réponse qui en résulte.

Dans le but de l'évaluation de la réponse dynamique sous les actions sismiques, le liquide peut être supposé en général incompressible.

L'évaluation exacte des pressions hydrodynamiques maximales induites par les excitations horizontales et verticales, exige l'utilisation d'une analyse temporelle utilisée généralement pour des grands réservoirs (> 10 000 m<sup>3</sup>) ou des réservoirs métalliques.

Des méthodes simplifiées, basées sur des analogies mécaniques du comportement du liquide, et permettant l'approche traditionnelle du spectre de réponse, peuvent être utilisées à condition que l'ap-

Tableau I  
Tableau  
des accélérations  
*Acceleration  
table*

Séismes de scénarios	Accélération maximale au rocher (m/s <sup>2</sup> )		Période de retour	Observations
	GEMITIS	PS 92		
Fort	4,0 ( 0,4 g)	4,5 ( 0,45 g)	> 300 ans	Séisme de référence PS 92
Moyen	2,0 ( 0,2 g)	2,25 ( 0,22 g)	50 à 75 ans	1/2 séisme fort
Faible	1,0 ( 0,1 g)	1,125 ( 0,12 g)	20 à 25 ans	1/2 séisme moyen

Tableau II  
Fiche d'inspection  
type  
*Typical inspection  
sheet*

<p>Geométrie de l'ouvrage, coffrage</p> <p>N.B. Les caractéristiques du béton armé dépendent de la date de construction (1934 à 1987) et de la vétusté de l'ouvrage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de réservoir</li> <li>• Année de construction ; Caractéristique du béton</li> <li>• Nombre de cuves, capacité en mètre cube</li> <li>• Matériaux de construction</li> <li>• Etanchéité intérieure, étanchéité de la couverture</li> <li>• Diamètre ou longueur ; Largeur ; Flèche de la coupole ; Hauteur</li> <li>• Nombre de poteaux intérieurs</li> <li>• Niveau d'eau maximal estimé (m)</li> <li>• Diamètre de canalisation entrée et sortie</li> <li>• Position relative par rapport au TN et dénivelée</li> <li>• Plans de coffrages ; Epaisseur de la paroi</li> </ul>
Ferrailage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existence de plans de ferrailage ; Caractéristiques des aciers</li> <li>• Ferrailage du radier</li> <li>• Ferrailage de la jupe</li> <li>• Ferrailage de la coupole</li> </ul>
Réservoir, observations générales d'ordre structurel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radier</li> <li>• Jupe</li> <li>• Etat de surface des parements extérieurs</li> <li>• Monolithisme jupe-dalle</li> <li>• Reprise de bétonnage</li> <li>• Qualité de l'exécution</li> </ul>
Réservoir, désordres constatés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etat du béton</li> <li>• Fissuration du béton</li> <li>• Etat des armatures</li> <li>• Etanchéité intérieure du réservoir</li> <li>• Etanchéité extérieure de la toiture</li> <li>• Observations diverses</li> </ul>
Chambre de vannes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation de la chambre de vannes</li> <li>• Liaison structurelle chambre - réservoir</li> <li>• Position de la chambre /TN</li> <li>• Type de canalisation</li> <li>• Entrées / sorties des canalisations - réservoir</li> <li>• Entrées / sorties des canalisations chambre / TN</li> <li>• Appuis des canalisations</li> <li>• Liaisons entre éléments de fontainerie</li> </ul>

1. BRGM GEMITIS Fort-de-France 1998. Evaluation et réduction du risque sismique, mai 1999 R 40631

proximation introduite par ces méthodes soit justifiée pour le cas particulier considéré.

Dans le cas des réservoirs en béton armé de faible capacité où les parois peuvent être considérées comme rigides, la théorie des fluides parfaits incompressibles permet de montrer qu'une représentation correcte des effets de l'excitation horizontale est obtenue en schématisant le liquide de la manière suivante :

- ◆ une masse  $M_i$  (i pour impulsion) liée rigidement aux parois ;
- ◆ une masse  $M_c$  (c pour convection) liée élastiquement aux parois et représentant la partie du liquide qui oscille au voisinage de la surface libre. C'est cette dernière approche qui a été retenue.

### Reconnaitances de terrain

Le calcul a été accompagné d'une reconnaissance de terrain. Cette reconnaissance s'est organisée selon trois volets : l'inspection du site, l'inspection de la structure et l'inspection des équipements. L'analyse de la vulnérabilité a été systématisée par des fiches spécifiques complétées pour chaque ouvrage. Les points vérifiés sont donnés sur le tableau II.

### Résultats

La plupart des réservoirs examinés bien qu'étant dans un état de vétusté plus ou moins avancé ont été jugés résistants à l'action sismique moyennant des renforcements dépendant de l'état de dégradation.

Les réservoirs se trouvant sur des sites instables (glissement ou liquéfaction) ont été considérés comme très vulnérables et ceci quel que soit leur état. Dans l'exemple d'appréciation de la vulnérabilité présenté tableau III, on cumule le risque fort d'instabilité de la pente et le très mauvais état des réservoirs et de la chambre de vannes.

Le choix et l'importance du renforcement des réservoirs ont varié selon l'état des contraintes dans les armatures et la vétusté des éléments en béton armé (jupe, toiture, poteaux et poutres intérieurs). Les techniques suivantes ont été proposées :

- ◆ traitement des armatures en fonction de leur état de corrosion ;
- ◆ injection des fissures ;
- ◆ application du TFC, tissu de fibre de carbone ;
- ◆ précontrainte additionnelle.

## ■ DIAGNOSTIC DU RÉSEAU DE CANALISATIONS

Le réseau de canalisations permet l'exploitation des ouvrages hydrauliques. La troisième phase, le diagnostic des canalisations, constituait donc le complément naturel du diagnostic des ouvrages.

RÉSERVOIR	
Séisme	Endommagements possibles
Faible : 0,12 g	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les fissures au droit de certaines reprises de bétonnage et au droit de défaut localisés seront plus marquées</li> <li>• L'acrotère en moellons sera détruit entraînant le glissement de la terre de protection</li> <li>• Suintements au droit des fissures de la jupe</li> </ul>
Moyen : 0,24 g	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuites au droit des fissures de la jupe devenues plus importantes</li> <li>• Tassement du sol côté aval</li> <li>• Endommagement de la chambre des vannes</li> </ul>
Fort : 0,48 g	Probable ruine du réservoir avec un important basculement vers l'aval
CHAMBRE DES VANNES	
Séisme	Endommagements possibles
Faible : 0,12 g	Endommagement de la chambre de vannes surtout au droit de la dalle de couverture
Moyen : 0,24 g	Fissuration des murs et des massifs supports des conduites dans la chambre de vannes
Fort : 0,48 g	Effondrement de la chambre de vannes

Tableau III  
Exemple d'appréciation de la vulnérabilité d'un réservoir

*Example of assessment of the vulnerability of a reservoir*

Les objectifs de cette étude étaient d'évaluer, de manière générale, un ordre de grandeur du nombre de ruptures envisagées suivant l'intensité du séisme attendu.

### La modélisation du réseau

La première étape fut l'évaluation des aléas "mouvements de terrain", de manière statique, et suivant les méthodes de cartographie PPR<sup>2</sup>. Une carte du degré d'occurrence prévisible de ces phénomènes sur le linéaire du réseau étudié a donc été réalisée à une échelle de l'ordre du 1/2000<sup>e</sup>. Cette méthode naturaliste a également été complétée par l'analyse de données géotechniques et topographiques disponibles afin de différencier des classes de sols et des coefficients d'amplifications sismiques homogènes au sens des PS92.

La seconde étape a consisté au recueil des données intrinsèques aux canalisations. Les plans fournis par la Régie des Eaux de Fort-de-France ainsi que les outils SIG<sup>3</sup> ont facilité la différenciation géographique du réseau en segments dont les divers paramètres étaient homogènes. Ces paramètres correspondaient :

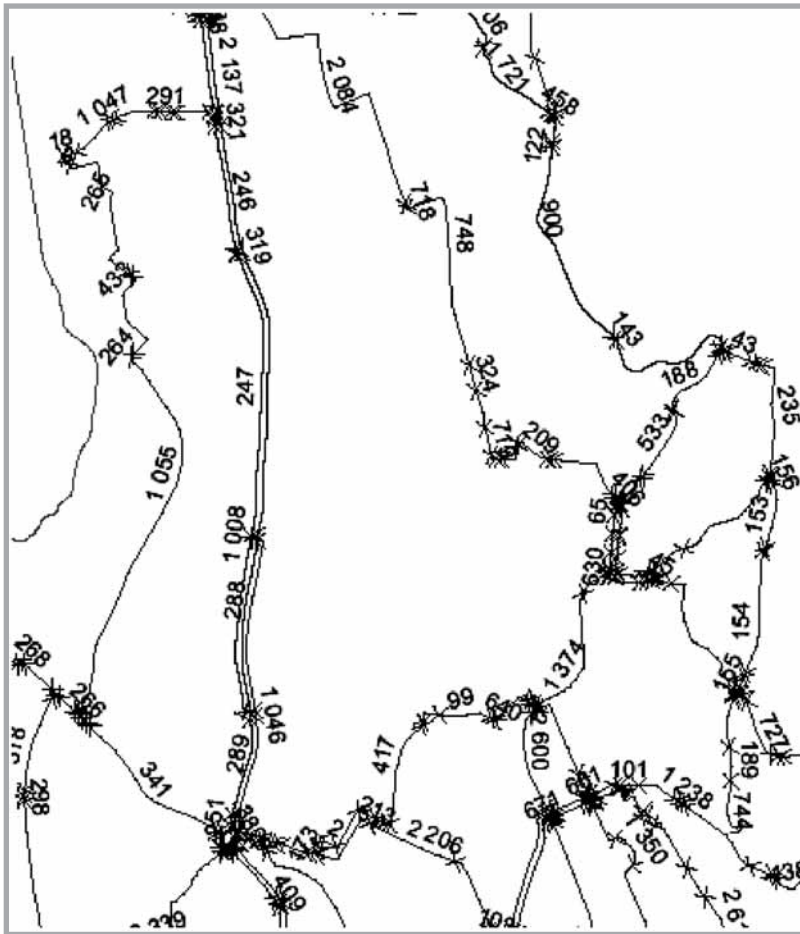
- ◆ au diamètre de la canalisation ;
- ◆ à la longueur de la section unitaire ;
- ◆ au matériau utilisé (fonte grise, fonte ductile, acier...);
- ◆ à la classe de site selon le microzonage sismique BRGM ;
- ◆ au niveau d'aléa "mouvements de terrain" ;
- ◆ au coefficient tau d'amplification topographique, selon PS92 ;
- ◆ au niveau d'aléa "liquéfaction" selon le microzonage BRGM de Fort-de-France.

2. PPR : Plan de prévention des risques prévisibles

3. SIG : Système d'information géographique



Figure 1  
Extrait de la carte  
de tronçons  
homogènes  
Excerpt  
from the uniform section  
map



Le réseau modélisé de Fort-de-France comportait au final 2 700 tronçons homogènes (figure 1).

## La matrice de détérioration

La réalisation d'une matrice de détérioration a ensuite été effectuée suivant deux méthodes empiriques :

- ◆ la méthode de Kubo & Katayama, ou "méthode japonaise";
- ◆ la méthode de l'American Lifeline Alliance, de l'American Society of Civil Engineers (ASCE), ou "méthode américaine".

Ces deux méthodes sont basées sur l'analyse des désordres engendrés respectivement par les séismes de Kobe et de Californie. Toutes deux font intervenir des formules mettant en relation un nombre de "ruptures de canalisation par kilomètre" suivant les différents paramètres du réseau (voir plus haut).

### Pour la formule japonaise :

- nombre de ruptures/km =  $1,7 \times (\text{accélération attendue en m.s}^{-2})^{6,1} \times 10^{-16} \times (\text{coefficient (C) lié au sol}) \times (\text{C lié au matériau}) \times (\text{C lié au diamètre de la canalisation})$ .

**Pour la méthode américaine** deux formules ont été utilisées :

- nombre de ruptures/km =  $0,00187 \times (\text{C lié à la taille et au matériau de la canalisation}) \times (\text{accélération attendue en m.s}^{-2})$  ;

- nombre de ruptures/km =  $1,06 \times (\text{C lié au matériau}) \times (\text{déplacement attendu})^{0,319}$ .

Ces formules, affectées d'un coefficient lié à l'aléa

"mouvements de terrain" et à la "liquéfaction", ont été appliquées sur chacun des tronçons homogènes.

## Les résultats

Les deux méthodes ont donné des résultats très différents. La méthode japonaise a donné des densités de rupture au kilomètre faibles, de 0 à 5, et encore, avec des ruptures seulement en cas de forts séismes et en zones soumises à un aléa de mouvements induits forts.

A l'inverse, la méthode américaine a donné, dans toutes les configurations de séisme ou d'aléa, des valeurs de nombre de ruptures au kilomètre plus élevées et vraisemblablement plus représentatives : de 0 à 36.

Trop optimistes, les résultats de la méthode japonaise sont probablement liés au fait que les procédés de pose et les matériaux des canalisations sont vraisemblablement de qualité inférieure à Fort-de-France qu'au Japon.

Une carte des taux de rupture (divisés en quatre classes exprimées par une couleur) a permis la localisation géographique des secteurs les plus vulnérables ainsi qu'une analyse statistique des dégâts attendus (figure 2).

## Les confortements

Le renforcement des tronçons des secteurs les plus vulnérables passe par plusieurs solutions telles que :

- ◆ la protection des prises d'eau vis-à-vis des mouvements de terrains ;
- ◆ le doublement du réseau dans les zones vulnérables ;
- ◆ l'utilisation d'autres itinéraires d'acheminement de l'eau ;
- ◆ l'absence de coude dans les zones liquéfiables ;
- ◆ la mise en place de joints coulissants répondant aux sollicitations sismiques.

## LES SCÉNARIOS DE CRISE

Le diagnostic des canalisations a permis de connaître l'état général du réseau de canalisation et d'identifier les secteurs les plus vulnérables. Toutefois la vulnérabilité globale du système, à savoir la capacité des réservoirs à fonctionner après séisme faible, moyen ou fort, ne pouvait être correctement évaluée que par une étude générale reprenant les résultats des trois phases du diagnostic.

Toutes ces données ont donc été synthétisées dans une étude des conséquences d'un séisme sur le fonctionnement du réseau principal d'eau potable. L'état de fonctionnement de chaque ouvrage et de chaque tronçon de canalisation après séisme a ainsi été évalué, avant tout travaux de renforcement, pour les 3 niveaux de séisme : faible, moyen et fort.

## L'état de fonctionnement des ouvrages

Pour chacun des ouvrages (prises, unités de traitement, réservoirs) les cinq critères suivants ont été examinés :

- ◆ glissement induit et mouvement de terrain ;
- ◆ liquéfaction ;
- ◆ stabilité générale ;
- ◆ structure de l'ouvrage ;
- ◆ équipements.

Lorsque tous étaient jugés "corrects", ou en "aléa faible" ou "faiblement endommagés" l'ouvrage a été considéré apte à remplir sa fonction après séisme.

A l'inverse, lorsqu'un, au moins, des cinq critères était jugé "non correct", en "aléa fort" ou "fortement endommagé" l'ouvrage a été considéré hors service après séisme.

Lorsqu'un des critères se trouvait en aléa moyen ou si une incertitude sur ce critère subsistait les deux cas suivants ont été pris en compte :

- ◆ hypothèse favorable : le critère est vérifié ;
- ◆ hypothèse défavorable : le critère n'est pas vérifié.

L'aptitude de chaque ouvrage à fonctionner après séisme a donc été évaluée pour chacun des trois niveaux de séisme considéré et selon les deux hypothèses favorable ou défavorable.

## L'état de fonctionnement des canalisations

Le nombre total de ruptures obtenues par la méthode ASCE, toujours pour les trois niveaux de séisme considérés, a été relevé pour chaque partie du réseau reliant les réservoirs entre eux.

Ici aussi, compte tenu de la dispersion importante de la méthode, deux hypothèses ont été adoptées :

- ◆ hypothèse favorable : les valeurs inférieures de la légende par couleur de la carte, à savoir 0, 5, 10 et 15 ruptures/km ;
- ◆ hypothèse défavorable : les valeurs supérieures de la légende par couleur de la carte, à savoir 5, 10, 15 et 36 ruptures/km.

Les résultats de la méthode japonaise n'ont pas été retenus car elle a été estimée trop favorable.

## Les résultats

Les résultats ont été représentés sous forme de six schémas synoptiques (figure 3) indiquant :

- ◆ la priorité de chaque ouvrage (1 à 4) et son état de fonctionnement après séisme ;
- ◆ le nombre probable de ruptures dans les canalisations de liaison.

Ces schémas synoptiques ont mis en évidence une désorganisation importante du réseau en cas de séisme même faible, dû en particulier au nombre élevé de ruptures de canalisation.

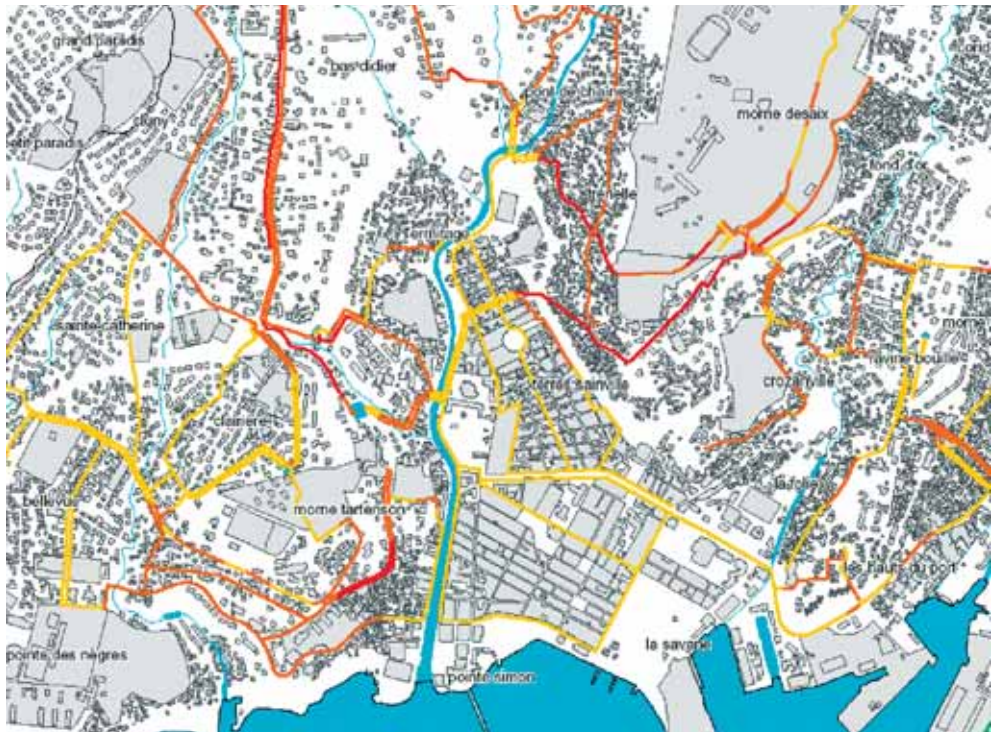


Figure 2  
Extrait de la carte des ruptures de canalisations pour un séisme fort et suivant la méthode américaine

Excerpt from the pipe failure map for a strong earthquake, according to the American method

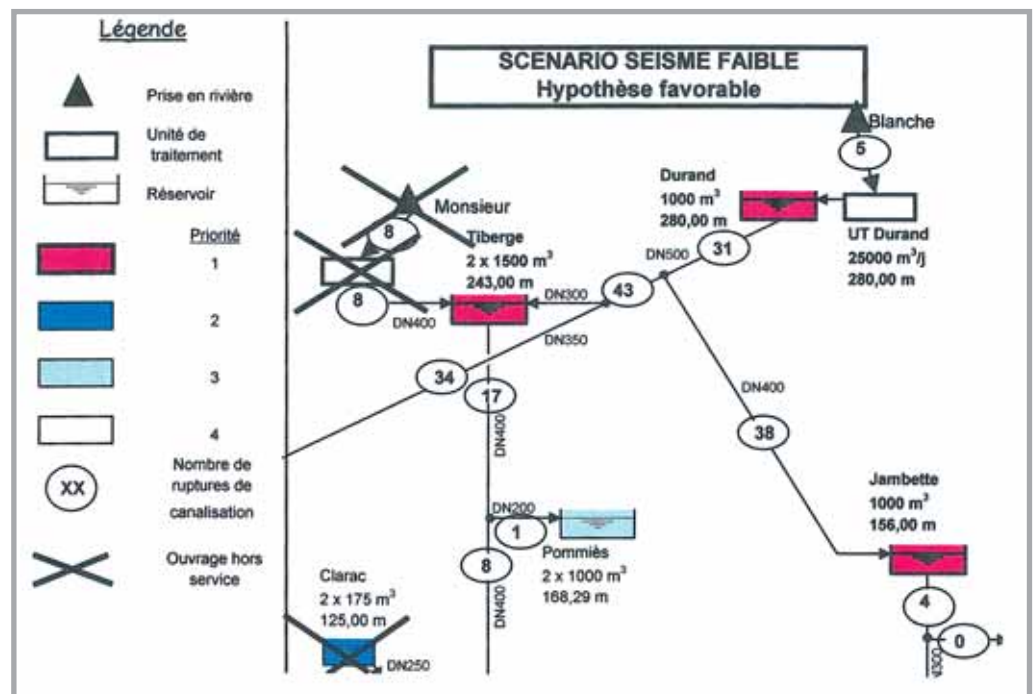


Figure 3  
Extrait schéma synoptique de l'état probable du réseau après séisme

Excerpt from a block diagram of the likely condition of the network following an earthquake

## Le programme de renforcement du système

A partir de ce constat, un programme de travaux de renforcement du réseau en cinq étapes a été proposé. Chaque phase de travaux a été définie en respectant les trois axes suivants :

- ◆ renforcer une partie cohérente du réseau, à savoir la chaîne : prise en rivière - unité de traitement - réservoir - canalisations de liaison. En particulier, une unité de traitement mobile a été prévue pour la 1<sup>re</sup> phase ;
- ◆ pour les canalisations, privilégier l'interconnexion des tronçons de canalisation, afin de multiplier les chemins entre deux ouvrages, sur les travaux plus

► lourds de remplacement de canalisations ou de réalisation de nouveaux tronçons ;

◆ sécuriser le fonctionnement des réservoirs en suivant leur ordre de priorité, de manière à intéresser à chaque étape une part maximale de population et d'usagers prioritaires. Ainsi la première phase concerne la sécurisation des réservoirs de priorité 1, la seconde phase celle des réservoirs de priorité 2, et ainsi de suite.

### ■ LE COÛT DES TRAVAUX

Pour chaque ouvrage, un coût d'ordre des renforcements de terrain, de structure et d'équipements a été donné. De même un coût d'ordre de remplacement de canalisations a été donné. Ce chiffrage a permis d'estimer grossièrement les travaux de sécurisation de l'ensemble du système AEP à 100 millions d'euros HT.

Il est à noter que dans cette estimation les trois premières étapes de renforcement représentent en moyenne 15 millions d'euros chacune et qu'elles permettent de sécuriser le fonctionnement des réservoirs intéressant 99 % de la population.

Pour ces trois premières étapes la part de renforcement des ouvrages est de 40 % environ et celle du renforcement des canalisations de 60 %. Tout projet de sécurisation du système AEP nécessitera donc une étude approfondie des travaux de conduites.

### ■ CONCLUSION

La construction du système d'adduction d'eau potable de la ville de Fort-de-France s'est étalée sur un siècle. Le réseau a été étendu au gré de l'évolution de la population et de son implantation. Il en résulte un ensemble d'une grande diversité qui n'a pas été conçu pour résister aux séismes. Ce type d'étude, globale et approfondie, devrait s'avérer un outil précieux à l'usage des pouvoirs publics pour lui permettre de répondre positivement au problème complexe de la tenue sous séisme d'un tel réseau.

### ABSTRACT

Fort-de-France. Study of the earthquake vulnerability of potable water facilities

*Ph. Schalkwijk, B. Couturier, T. Dumoulin, P. Plotto, V. Davidovici*

The consortium formed by BRL Ingénierie, IMS and Dynamique Concept on 5 February 2003 completed a study commissioned by the Martinique Departmental Directorate of Equipment (DDE) concerning the vulnerability of the potable water supply network of Fort-de-France city to seismic hazards. This study approached the seismic risk from three different viewpoints : hydraulic operation of the primary network, vulnerability of the 134 km of pipeline based on the latest methods developed, in particular the American Society of Civil Engineers (ASCE) method, and diagnosis of the 40 or so civil engineering structures on the network, including three treatment plants and 30 reservoirs. The results achieved made it possible to define scheduling of reinforcement works designed to secure at each stage the supply for a growing part of the population.

### RESUMEN ESPAÑOL

Fort-de-France. Estudio de la vulnerabilidad de las instalaciones de agua potable en caso de terremotos

*Ph. Schalkwijk, B. Couturier, T. Dumoulin, P. Plotto y V. Davidovici*

La agrupación BRL ingeniería, IMS y Dynamique Concept ha finalizado, el 5 de febrero de 2003, un estudio previo encargo de la Delegación de Obras Públicas de Martinique, acerca de la vulnerabilidad en caso de terremotos de la red de alimentación de agua potable (AEP) de la ciudad de Fort-de-France. Este estudio abordaba los riesgos sísmicos situándose según tres ángulos distintos, a saber : el funcionamiento hidráulico de la red primaria, la vulnerabilidad de los 134 km de canalizaciones, fundándose en los últimos métodos desarrollados y, fundamentalmente, aquel de la American Society of Civil Engineers (ASCE), y el diagnóstico de unas 40 estructuras de la red, entre las cuales cuatro estaciones de tratamiento y 30 depósitos. Los resultados

conseguidos han permitido determinar las etapas de las obras de consolidaciones con el propósito de obtener la debida seguridad en cada etapa de la alimentación de una proporción cada vez mayor de la población.



# partenariat

## Le laboratoire national du Sénégal renforce son système qualité

A l'instar de l'ensemble des laboratoires nationaux africains, le CEREEQ (Centre expérimental de recherche et d'études pour l'équipement) ne bénéficie plus de l'appui technique de la coopération française via le CEBTP depuis plus de 15 ans. Pourtant les besoins sont bien réels.

On peut citer à ce titre les travaux de l'UISF<sup>1</sup>, organisme domicilié à l'Unesco dans le cadre de la francophonie dont le délégué général est M. E. Absi qui, conscient de l'importance des enjeux, a créé un groupe de travail pour la mise en place d'une coopération internationale inter-laboratoires. Un laboratoire isolé perd efficacité et fiabilité, deux caractéristiques qui sont essentielles à sa crédibilité, dans le cas des laboratoires des PED ce problème revêt un caractère vital. C'est dans ce contexte que le gouvernement du Sénégal a utilisé une partie des fonds alloués par la Banque Mondiale pour le deuxième projet sectoriel de transport, pour financer un programme de mise à niveau au standard international du système qualité du laboratoire national.

Rincet BTP Services a été sélectionné par le CEREEQ pour réaliser le programme de formation/perfectionnement en vue de l'obtention d'une accréditation formelle. Le programme, en cours d'achèvement a débuté fin 2002.

1 - Union internationale des ingénieurs et des scientifiques utilisant la langue française

### ■ PRÉSENTATION DU CEREEQ

La concession du CEREEQ est située à Dakar Hann sur un terrain clos de 8000 m<sup>2</sup> environ, regroupant trois bâtiments qui se répartissent comme suit :

- ◆ les bâtiments A et B couvrent respectivement 420 et 520 m<sup>2</sup> de surface utile, ils ont été édifiés vers 1949, année de création du laboratoire. Ces bâtiments constituent les laboratoires des sols et fondations et de matériaux de construction (photo 1) ;
- ◆ le bâtiment de la direction générale, d'une superficie de 370 m<sup>2</sup> a été construit en 1982 et abrite à la fois la direction générale, la comptabilité et les services techniques de contrôle de travaux (photo 2).

L'effectif du laboratoire est composé de cinquante-cinq personnes de nationalité sénégalaise.

Le CEREEQ, actuellement placé sous tutelle du ministère de l'Équipement et des Travaux publics, a été géré par le CEBTP (Centre expérimental du bâtiment et des travaux publics) de 1949 à 1975, il s'appelait alors le LBTP (Laboratoire du bâtiment et des travaux publics).

De 1975 à 1999, le laboratoire est devenu un établissement public à caractère commercial sous la tutelle du ministère de l'Équipement et des Transports terrestres.

Depuis 1999, une procédure de privatisation de son capital est en cours.

Photo 2



Photo 1

### ■ ACTIVITÉS DU CEREEQ

Le CEREEQ réalise pour le compte de tiers :

- ◆ des analyses, essais, inspections techniques et contrôles ;
  - ◆ des études techniques et conseils.
- Son savoir-faire s'exerce dans les domaines :
- ◆ du bâtiment ;
  - ◆ du génie civil et des ouvrages d'art ;
  - ◆ des infrastructures de transport.

Les activités sont à rattacher aux secteurs suivants :

- ◆ infrastructures de transport :
  - études de reconnaissance géotechnique,
  - contrôles techniques et géotechniques,
  - auscultation des chaussées ;
- ◆ matériaux de construction :
  - béton,
  - autres matériaux : acier à béton, agglomérés et ciment ;
- ◆ mécanique des sols et fondation :
  - études de fondation,
  - études spécifiques sur la stabilité de grands déblais ou remblais,
  - mur de soutènement, stabilité des quais.

L'établissement est représenté aux commissions de normalisation de l'Association sénégalaise de normalisation (A.S.N.)

Le principal client du CEREEQ est l'Etat sénégalais, mais il intervient aussi pour des entreprises privées.

## ■ LA DÉMARCHE QUALITÉ EN COURS

Le programme de mise en œuvre de la formation qualité a été élaboré par la direction du CEREEQ et par son délégué qualité, sur une proposition du service formation de Rincet BTP Services.

Le programme se décompose en six phases :

- ◆ sensibilisation du personnel, audit de l'existant, choix des activités à accréditer ;
- ◆ formation spécifique du délégué qualité ;
- ◆ établissement du Manuel Qualité et du plan d'assurance qualité ;
- ◆ mise en place de la démarche qualité pour les activités concernées ;
- ◆ audit intermédiaire permettant de faire le point sur le fonctionnement de la structure qualité ;
- ◆ sessions de perfectionnement.

### Les questions clés

La première étape de sensibilisation consistait à poser les questions clés sur le fonctionnement du laboratoire et sur l'image que la société de services transmet à ses clients.

Peut-on assurer que les procédés de réalisation des essais sont maîtrisés en toute circonstance et le seront dans le futur ?

Si nos clients visitaient l'entreprise, continueraient-ils à bénéficier de la confiance qu'ils nous accordent ?

L'engagement de la direction dans cette démarche qualité constitue un point essentiel et doit revêtir un caractère exemplaire.

La structuration du système qualité du laboratoire est un des outils indispensables pour accéder aux marchés importants nationaux et régionaux que vise le CEREEQ dans le contexte de la privatisation en cours.

### L'audit initial

Il permet non seulement de faire le point à un moment donné sur le fonctionnement des diffé-

Photo 3



Photo 4

rentes activités du laboratoire, mais aussi d'identifier celles qu'il est pertinent d'accréditer dans un premier temps. Le choix est fait parmi les activités essentielles du laboratoire en sélectionnant celles dont la qualité de mise en œuvre est suffisamment proche du standard à atteindre.

Il est nécessaire de se fixer des objectifs accessibles et d'éviter de se disperser dans une multiplicité d'actions qui rendrait l'entreprise impraticable et vouée à l'échec.

L'approche proposée par Rincet BTP Services est de construire une base saine, dont la démarche qualité est validée et porte sur les activités essentielles du laboratoire.

La démarche est ensuite étendue de proche en proche aux autres activités.

Les activités retenues pour la demande d'accréditation sont :

- ◆ les contrôles des bétons (photo 3), confection des éprouvettes, maniabilité, résistance à la compression simple, fendage ;
- ◆ et des essais de géotechnique courante (photo 4), limites d'Atterberg, équivalent de sable, Proctor, CBR, teneur en eau.

Il convient de préciser que, parallèlement à la démarche qualité, le laboratoire se dote de matériels nouveaux acquis avec le soutien de la Banque Mondiale.

### La formation de perfectionnement du délégué Qualité

Elle s'est effectuée en région parisienne pendant 4 semaines. Elle a débuté par une initiation à

l'élaboration des outils documentaires : Manuel Qualité et plan d'assurance qualité. A ce stade de la formation, des moyens informatiques et plus précisément un ordinateur portable a été mis à disposition du stagiaire, afin d'assurer la continuité entre le travail élaboré et son utilisation à Dakar.

Le stage s'est poursuivi par une formation sur le système qualité Iso 9001 2000 dispensée par l'Afnor.

Puis, plusieurs visites de laboratoires ont été organisées, conduites avec les responsables qualité de chacune des entités rencontrées. Ils ont pu faire état des difficultés auxquelles ils doivent faire face dans leur travail mais aussi des résultats gratifiants obtenus.



Photo 5

### Finalisation des documents

L'étape suivante consistait à finaliser, en concertation avec l'ensemble des intervenants, les documents établis par le délégué qualité et à les mettre en application dans les services concernés.

La relecture des documents s'est faite par internet. C'est par le même moyen que les documents et les supports techniques ont été transmis.

### Le diagnostic du système Qualité mis en place

Celui-ci a précédé l'audit mené par la Banque Mondiale. Chacune des différentes phases de la mise en place de la structure qualité a fait l'objet d'un compte rendu d'activité transmis par le CEREEQ à la Banque Mondiale.

Ce travail, réalisé par les techniciens de laboratoire, l'ingénieur responsable des essais et le délégué qualité (photo 5) se poursuit actuellement.

## Sessions de perfectionnement

En complément des actions menées ci-dessus, et au fur et à mesure que de nouveaux équipements sont installés, des sessions de perfectionnement portant sur le périmètre d'accréditation envisagé et sur des activités complémentaires sont réalisés depuis septembre 2004, les thèmes abordés sont les suivants :

- ◆ les essais géotechniques en laboratoire y compris l'essai triaxial ;
- ◆ les essais in situ et les prélèvements de sol ;
- ◆ connaissance, contrôle et essais sur les bétons et leurs constituants ;
- ◆ les différents types de fondations spéciales ;
- ◆ le suivi de chantier.

## CONCLUSION

L'opération décrite a débuté en novembre 2002 et se terminera en juin 2005. A l'heure actuelle les comportements qualité de tous les intervenants ont évolué très favorablement, la transformation des modes de fonctionnement du laboratoire est en passe d'atteindre les objectifs fixés.

La mise en place de systèmes Qualité validés est une question de survie pour les laboratoires africains.

Pour être concurrentiels, il est indispensable que les laboratoires nationaux africains soient privatisés. En effet, un laboratoire national ne peut pas accéder à une large part du marché, car il ne peut être à la fois, conseil du maître d'ouvrage, en l'occurrence l'Etat, et participer aux contrôles internes des entreprises.

S'engager dans une politique de certification et communiquer sur cette qualité démontrée par une accréditation, c'est être en mesure d'accéder à l'ensemble des marchés locaux, régionaux voire internationaux et par voie de conséquence réussir le passage à la privatisation.

Outre la réactualisation des savoir-faire techniques qui sont en général bien maîtrisés, il est surtout nécessaire, à l'occasion de la mise à niveau des systèmes qualité, de repenser l'organisation et le management des laboratoires.



**Mame Amar Faye**  
DIRECTEUR DU CEREEQ



**Mamadou Sankharé**  
DÉLÉGUÉ QUALITÉ CEREEQ



**Patrick Meuli**  
RESPONSABLE QUALITÉ RINCENT BTP SERVICES

## ABSTRACT

The Senegal national laboratory reinforces its Quality System

*M. Amar Faye, M. Sankharé, P. Meuli*

Since November 2002, the company Rincent BTP Services has carried out, with World Bank funding, a Quality training programme for the personnel of the CEREEQ.

The accreditation sought by the laboratory concerns the activities of testing and inspection of construction materials and routine geotechnics.

This approach is part of the programme of structural changes in the laboratory to enable it to obtain access to new markets.

In addition to special training for the Quality assistant, all the players were involved in working out the Quality procedures and the relevant documents, and the programme is currently being continued through advanced training sessions as the laboratory's equipment is upgraded.

The widespread adoption of this type of approach by all African national laboratories is essential for the success of the privatisation policy underway.

## RESUMEN ESPAÑOL

El laboratorio nacional de Senegal refuerza su sistema de calidad

*M. Amar Faye, M. Sankharé y P. Meuli*

Desde noviembre de 2002, la empresa Rincent BTP Services ejecuta, mediante el financiamiento del Banco Mundial, un programa de capacitación de Calidad para el personal del CEREEQ.

La acreditación que trata de obtener el laboratorio se refiere a las actividades de ensayos y de control de los materiales de construcción y de geotecnia básica.

Semejante enfoque se inserta en el programa de cambios estructurales del laboratorio con objeto que pueda acceder a nuevos mercados.

Además de la capacitación específica del delegado de calidad, el conjunto de los participantes se ha involucrado en la elaboración de los procedimientos de calidad y de los documentos correspondientes.

Actualmente, el programa se prosigue por diversas sesiones de perfeccionamiento a medida que interviene la reha-

bilitación de los equipos del laboratorio.

La generalización de este tipo de enfoque al conjunto de los laboratorios nacionales africanos es indispensable para el logro de la política de privatización actualmente en curso.



# marchés

## La participation des entreprises à la conception des travaux et des ouvrages au regard de la nouvelle directive Marchés publics

Depuis la révision, en 1989, de la directive "Travaux" de 1971, les marchés publics de travaux ont "pour objet soit l'exécution, soit conjointement l'exécution et la conception de travaux... ou d'un ouvrage... soit de faire réaliser, par quelque moyen que ce soit, un ouvrage".

Cette définition a été reproduite sans changement dans la nouvelle directive du 31 mars 2004 en étant explicitée par le considérant suivant :

"Vu la diversité que présentent les marchés publics de travaux, il convient que les pouvoirs adjudicateurs puissent prévoir tant la passation séparée que la passation conjointe de marchés pour l'exécution et la conception des travaux. La présente directive ne vise pas à prescrire une passation séparée ou conjointe. La décision relative à une passation séparée ou conjointe du marché doit se fonder sur des critères qualitatifs et économiques qui peuvent être définis par les législations nationales".

La directive comporte cependant quelques dispositions nouvelles en faveur de la participation des entreprises à la conception des travaux ou des ouvrages.

### ■ LES SPÉCIFICATIONS PERFORMANCIELLES OU EXIGENTIELLES

Aux termes de l'article 23, les spécifications techniques sont formulées :

- ◆ soit par référence aux normes, aux agréments techniques ou aux spécifications techniques nationales (formulation des directives antérieures) ;
- ◆ soit en termes de performances ou d'exigences fonctionnelles, pour autant qu'elles soient "suffisamment précises pour permettre aux soumissionnaires de déterminer l'objet du marché et aux pouvoirs adjudicateurs d'attribuer le marché" (alternative ouverte par la nouvelle directive).

Ces prescriptions sont explicitées par le considérant suivant :

- "Les spécifications techniques... devraient permettre l'ouverture du marché à la concurrence. A cet effet, la présentation d'offres reflétant la diversité des solutions techniques doit être possible. Pour ce faire, d'une part, les spécifications techniques doivent pouvoir être établies en termes de performances et d'exigences fonctionnelles et, d'autre part, en cas de référence à la norme... des offres basées sur d'autres solutions équivalentes doivent être prises en compte par les pouvoirs adjudicateurs".

L'accent est donc mis sur les obligations de résultats de préférence aux obligations de moyens, étant entendu que des exigences fonctionnelles (conception d'un ouvrage répondant à un programme) ouvrent à la conception un champ beaucoup plus étendu que des spécifications performanciennes.

### ■ LES VARIANTES

Aux termes de l'article 24-2 "Les pouvoirs adjudicateurs indiquent, dans l'avis de marché, s'ils autorisent ou non les variantes ; à défaut d'indication, les variantes ne sont pas autorisées". Cette rédaction est généralement apparue comme en régression par rapport à celle des directives antérieures, laquelle était la suivante :

"Les pouvoirs adjudicateurs mentionnent, dans le cahier des charges, les conditions minimales que les variantes doivent respecter ainsi que les modalités de leur soumission. Ils indiquent, dans l'avis de marché, si les variantes ne sont pas autorisées".

En réalité, puisque les variantes ne peuvent porter que sur les prescriptions pour lesquelles ont été fixées des conditions minimales à respecter (comme l'a confirmé l'arrêt "Traunfeller" de la CJCE du 16 octobre 2003), la nouvelle rédaction ne fait que clarifier les dispositions antérieures en distinguant :

- ◆ l'autorisation éventuelle des variantes dans l'avis de marché (art. 24-2) ;
- ◆ et les conditions (ou plus précisément les exigences) qu'elles doivent respecter, fixées par le cahier des charges :

- Art. 24-3 "Les pouvoirs adjudicateurs qui autorisent les variantes mentionnent dans le cahier des charges les exigences minimales que les variantes doivent respecter ainsi que les modalités de leur soumission".

- Art. 24-4 "Ils ne prennent en considération que les variantes répondant aux exigences minimales qu'ils ont requises".

Bien que l'article 24 prenne place après l'article 23 "Spécifications techniques", il peut s'appliquer à des variantes autres que techniques : période et délai d'exécution, conditions d'exécution (article 26), caractéristiques environnementales... etc.

### ■ LES CRITÈRES D'ATTRIBUTION DU MARCHÉ

La directive du 18 juillet 1989, bien qu'ayant élargi la notion de marché de travaux aux contrats de conception-réalisation, n'avait pas complété la liste des critères d'attribution cités à titre d'exemple (prix, délai d'exécution, coût d'utilisation, rentabilité, valeur technique).

La nouvelle directive (article 53) corrige cette omission en ajoutant la qualité, le caractère esthétique et fonctionnel et les caractéristiques environnementales (pour les marchés de travaux).

## ► ■ LE DIALOGUE COMPÉTITIF

Cette nouvelle procédure (article 29) offre aux entreprises le champ le plus large en matière de conception dans les domaines technique, financier et juridique.

Elle s'applique aux "projets particulièrement complexes" pour lesquels les pouvoirs adjudicateurs sont "dans l'impossibilité objective de définir les moyens aptes à satisfaire leurs besoins ou d'évaluer ce que le marché peut offrir en termes de solutions techniques et/ou de solutions financières/juridiques", et cela "dans la mesure où le recours à des procédures ouvertes ou restreintes ne permettrait pas l'attribution de tels marchés".

Cette procédure garantit la confidentialité des solutions présentées au cours des dialogues et, après leur conclusion, le choix de l'offre finale jugée économiquement la plus avantageuse par application des critères indiqués dans l'avis de marché.

## ■ LA CONFIDENTIALITÉ DES OFFRES

Aux termes de l'article 6 "conformément au droit national auquel est soumis le pouvoir adjudicateur, ce dernier ne divulgue pas les renseignements que les opérateurs économiques lui ont communiqués à titre confidentiel ; ces rensei-

gnements comprennent notamment les secrets techniques ou commerciaux et les aspects confidentiels des offres".

Cette disposition ne peut qu'inciter les entreprises à proposer des solutions originales, qu'il s'agisse d'appels d'offres performanciers ou exigeants ou de variantes.

*Michel Cambournac*

## Infos chantiers : 1<sup>er</sup> trimestre 2004

### ■ MISES EN SERVICE

#### A89 : Périgueux Est - Thenon

Le 9 janvier dernier, un nouveau tronçon de l'A89 entre Périgueux et Thenon (34 km) a été ouvert à la circulation. Cette section, desservie par une barrière à péage entièrement automatisée, comprend un total de 42 ouvrages d'art dont un viaduc de 290 mètres de long et de 35 mètres de haut (viaduc du Douime). Cette mise en service sera suivie à l'automne 2004 par l'ouverture anticipée du tronçon Mussidan - Périgueux (25 km).

- Investissement : 230 M€
- Début des travaux : janvier 1999
- Jusqu'à 600 personnes sur le chantier

#### A85 : Villefranche - Saint-Romain

La section de l'autoroute A85 située entre Villefranche-sur-Cher et Saint-Romain-sur-Cher a été mise en service le 12 décembre 2003. Ce tronçon de 32 km s'inscrit dans la continuité de la construction de l'A85, permettant de relier Vierzon à Tours et, au-delà la façade atlantique à l'Est. Par ailleurs, les travaux vont être lancés pour la section Saint-Romain-sur-Cher et Esvres qui devrait être achevée fin 2007. L'A85 reliera Vierzon à Tours fin 2008.

#### Station d'épuration de Reims

Fin décembre, la station d'épuration de l'agglomération rémoise a été inaugurée. Sur 16,5 ha, l'installation à traitement physico-chimique est apte à traiter 75 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour, pour 470 000 équivalents/habitants. Pour plus de performance, la station s'adjoint une unité de désodorisation traitant jusqu'à 100 000 m<sup>3</sup> d'air par heure.

- Investissement : 71 M€
- Durée des travaux : 24 mois

#### Déviationsud de Bergerac

Le 26 janvier dernier, ont été inaugurés les 4,2 km de la tranche sud de la déviation de Bergerac (portion de la RN21 entre Agen et Périgueux). Les

travaux pilotés par la DDE de la Dordogne ont nécessité la construction d'un ouvrage de 220 m sur la Dordogne, de trois ouvrages routiers de franchissement et de 1 000 m de murs antibruit.

- Investissement : 22,4 M€
- Début des travaux : 1998

#### A34 : Reims - Charleville-Mézières

Le 20 décembre 2003, la section de 10,3 km entre Faissault et Bertoncourt a été ouverte à la circulation. Elle a ainsi permis l'achèvement de la liaison à 2 x 2 voies entre Reims et Charleville-Mézières. Ce nouvel axe a pour effet de dopper le plan routier des Ardennes. Ainsi, par exemple, le contournement nord-ouest de Charleville-Mézières doit entrer en phase d'avant-projet sommaire et la liaison A34 - Vouziers est déclarée prioritaire.

Caractéristiques de Faissault - Bertoncourt :

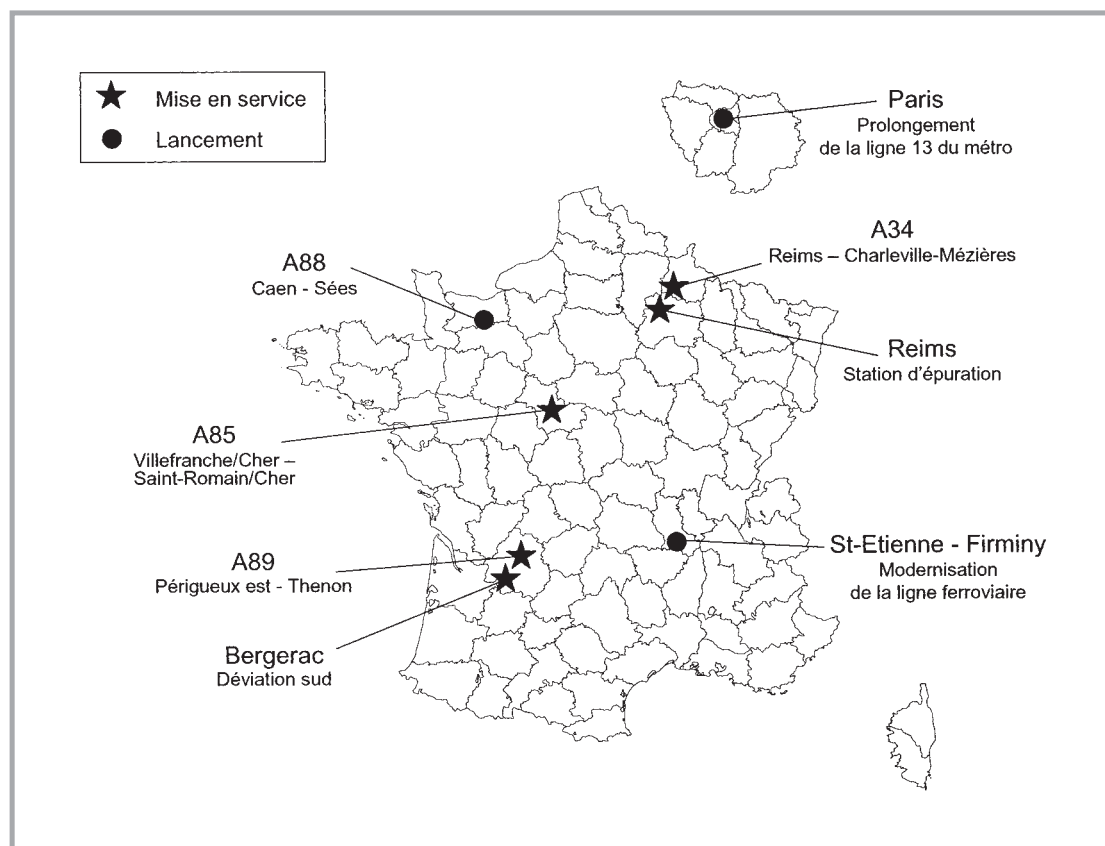
- Investissement : 65 M€
- 10,3 km - 8 ponts

### ■ LANCEMENTS

#### A88 : Caen - Sées

Attendue depuis plus de 30 ans, la liaison autoroutière A88 entre Caen et Sées entre dans sa phase de réalisation. Elle permettra de relier directement les ports de Caen - Ouistreham et de Cherbourg à l'autoroute A28, au niveau de la ville de Sées située entre Alençon et Rouen. L'autoroute A88 Caen - Sées, longue de 75 km, inclura l'actuelle 2 x 2 voies Caen - Falaise dont les 30 km seront mis aux normes autoroutières.

- Investissement : 304 M€ dont 191 M€ actuellement financés par la région Basse-Normandie





(50 %), l'Etat (30 %) et les départements de l'Orne (13,4 %) et du Calvados (6,6 %)

- Mise en service échelonnée entre 2006 et 2008

## Modernisation de la ligne ferroviaire entre Firminy et St-Etienne

Initiée en 1998, la modernisation de la ligne ferroviaire Saint-Etienne - Firminy est désormais lancée. La première phase de travaux qui comprend l'électrification des deux voies, la mise au gabarit des ponts routiers, le renouvellement des rails et du ballast, l'aménagement des gares... vient d'être engagée.

- Investissement : 44,6 M€ (+ 9 M€ pour les gares)

- Objectif : tripler le nombre de voyageurs sur la ligne

- 2<sup>e</sup> phase : réalisation de l'interconnexion avec le réseau urbain stéphanois à horizon 2010

## Prolongement de la ligne 13 du métro parisien

Les travaux préparatoires de la ligne 13 du métro jusqu'au quartier du Luth à Asnières-Gennevilliers (Hauts-de-Seine) ont démarré. Il s'agit dans un premier temps de déplacer les réseaux d'assainissement, d'eau et d'électricité. Deux nouvelles stations seront créées.

- Investissement : 204 M€, financés à 40 % par la région, plus 16 % prêtés par la Région à la RATP, 24 % par l'Etat et 20 % par le département des Hauts-de-Seine

- Longueur du tronçon : 2 km

- Fin des travaux : 2007

## ■ OÙ EN SONT-ILS ?

### Mini-métro à l'aéroport de Roissy

ADP a lancé depuis quelques mois des travaux visant à mettre en place un mini-métro, le SAT (Système Automatique de Transport) qui reliera entre elles les aérogares de l'aéroport de Roissy - Charles de Gaulle. Le projet reprendra une partie des rails mis en place dans les années 1990 pour le projet précédent, le SK6000, qui avait été un échec technologique.

Le métro roulera 24 heures sur 24, sans conducteur. Il sera gratuit et permettra d'aller de l'aérogare 1 à l'aérogare 2 en 8 minutes au lieu de 25 minutes en bus actuellement.

- Investissement : 150 M€, entièrement pris en charge par ADP

- Mise en service en 2006

- 5 stations desservies

## Aéroport de Toulouse - Blagnac

La CCI de Toulouse, gestionnaire de l'aéroport de Blagnac, va investir 230 M€ d'ici à 2008 afin de faire porter sa capacité à 8,5 millions de passagers contre un trafic de 5,3 millions en 2003. Le gouvernement a en effet préféré reporter le projet de construction d'un nouvel équipement à 30 km de l'agglomération. Le programme de modernisation comprend la réalisation de deux terminaux, l'élargissement de l'une des deux pistes (pour accueillir l'A380), la construction d'une station d'épuration et d'un nouveau parking.

## Station d'épuration de la Céreirède

La communauté d'agglomération de Montpellier a décidé de stopper l'extension de la station d'épuration de la Céreirède et l'installation d'un émissaire de rejet en mer après que le tribunal administratif a décidé d'annuler les arrêtés préfectoraux autorisant ce double chantier. La cause : il semblerait que les risques sanitaires liés au rejet en mer des différents effluents n'aient pas été suffisamment analysés au cours de l'étude d'impact. Une demande de suspension de la décision a été déposée par le maître d'ouvrage.

- Investissement : 150 M€

- Mise en service théorique : fin 2005

## Pénétrante du Paillon à Nice

Principal chantier routier actuel du Conseil général des Alpes-Maritimes, la pénétrante du Paillon, section Cantaron - Pointe de Contes a pris de l'avance (six mois environ). Le percement du tunnel de la Condamine, aujourd'hui achevé, a pris moins de temps que prévu.

- Investissement : 61 M€

- Mise en service théorique : fin 2005

## Port 2000 au Havre

La facture du nouveau port à conteneurs devrait atteindre environ 806 M€, soit plus de 25 % de plus que prévu au début du chantier en 2001. Cette augmentation s'explique par l'actualisation des prix à fin de chantier, la prise en compte de dessertes supplémentaires et par des surcoûts dans les travaux d'infrastructures. Elle sera prise en compte pour l'essentiel par le Port Autonome.

## ■ CE SERA DEMAIN...

### Mise en sécurité de la RN14 (95)

La DDE du Val d'Oise réalise actuellement les études de projet pour mettre en sécurité la RN14

entre Cergy-Pontoise et Magny-en-Vexin, seize kilomètres à forte accidentologie avec 5 à 6 morts par an.

Plusieurs types d'aménagement vont être réalisés : mise en place d'une glissière pour séparer les voies, suppression des obstacles sur les côtés de la route, réduction du nombre de carrefours, réservation de voies latérales aux véhicules agricoles...

- Investissement : 55 M€, financés à 20 % par l'Etat et à 40 % chacun par la Région et le département

- Début des travaux : automne 2004

- Durée des travaux : 3 ans

## Tramway de Nice

Avec une déclaration d'utilité publique qui vient de franchir l'étape délicate du contentieux devant le tribunal administratif, les responsables de la communauté d'agglomération Nice Côte d'Azur lancent, d'ici le printemps, la majeure partie des appels d'offres concernant la 1<sup>re</sup> ligne du tramway niçois. L'objectif est de monter en puissance en 2004 sur les travaux de réseaux et de lancer cet été ceux du centre de maintenance et de la plate-forme du tramway ainsi que les travaux d'alimentation électrique.

- Investissement : 301 M€ HT

- Mise en service : fin 2006

- Longueur de la 1<sup>re</sup> ligne : 8,8 km

## TGV Perpignan - Figueras

Après trois ans de difficiles négociations, la France et l'Espagne ont donné le feu vert à la construction d'une nouvelle ligne ferroviaire entre Perpignan et Figueras (Catalogne). Gilles de Robien et son homologue espagnol, Francisco Alvarez-Cascos, ont signé à Madrid le contrat de concession qui désigne les futures entreprises en charge de la construction et de l'exploitation de la liaison TGV.

Cette liaison permettra un gain de deux heures pour les voyageurs et de dix heures pour le fret. Elle permettra également d'alléger le trafic routier à la frontière, traversée chaque jour par 17000 camions.

- Investissement : 952 M€ (dont 540 M€ provenant de financement public)

- Mise en service : 2009

- Longueur : 45 km (dont 8 km de tunnel)

## 1<sup>re</sup> ligne de tramway au Mans

Le projet de tramway du Mans entre dans sa phase concrète. L'avant-projet d'études qui vient d'être approuvé par la Communauté urbaine annonce le démarrage de ce chantier qui va profondément remodeler la physionomie de la ville.

Le Mans a choisi le rail pour cette ligne de 15 km, jalonnée de 30 stations. Cette ligne empruntera parfois des rues étroites nécessitant de lourds travaux.

- Investissement : 290 M€ (+ 45 M€ pour l'aménagement de la gare)
- Début des travaux préparatoires : juin 2004
- Mise en service : 1<sup>er</sup> trimestre 2007

## Port de Calais

La chambre de commerce et d'industrie de Calais, concessionnaire du port, va engager un programme d'investissements portuaires de 80 M€ pour 2004-2005. Le principal projet consiste à construire un 9<sup>e</sup> poste pour les car-ferries du trafic transmanche. Les travaux se dérouleront en 2004. Le port va également construire deux entrepôts de 4000 m<sup>2</sup> chacun, réaliser des aménagements VRD sur la zone fret et des travaux d'équipement sur le port de plaisance.

Par ailleurs, une étude de faisabilité va être lancée concernant une extension du port.

## ■ ... OU APRÈS DEMAIN

### Lancement d'enquête publique

- Concernant l'autoroute A831 entre Fontenay-le-Comte (Vendée) et Rochefort (Charente-Maritime), du 12 janvier au 13 février 2004.
- Concernant le tramway sur pneus entre le centre de Saint-Denis (Seine-Saint-Denis) et la gare RER de Sarcelles, du 12 janvier au 13 février 2004.
- Concernant le prolongement de la ligne 4 du métro parisien, de Porte d'Orléans à Montrouge et Bagneux, du 22 janvier au 1<sup>er</sup> mars 2004.
- Concernant la création de deux lignes de tramway, la rénovation et le prolongement de la ligne actuelle ainsi que l'extension du métro à Marseille, du 5 janvier au 13 février 2004.
- Concernant la première ligne de tramway du Mans, du 15 mars au 22 avril 2004.

## ■ DES PROJETS PLUS LOINTAINS

### Electrification de la ligne Paris - Provins

RFF et la SNCF ont annoncé que l'électrification de la ligne Paris - Provins (Seine-et-Marne), dernière ligne d'Ile-de-France à fonctionner avec des locomotives diesels, n'interviendrait qu'en 2008. Un nouveau report qui exaspère les usagers, à tel point que deux associations de défense des voyageurs ont vu le jour depuis un an.

- Investissement : plus de 200 M€

### Contournement ferroviaire de Nîmes - Montpellier

Dans le prolongement de la ligne Perpignan - Figueras, le contournement de Nîmes - Montpellier devrait permettre de désengorger l'axe classique. La ligne verra circuler aussi bien des TER que des TGV et des convois de fret, caractéristique qui induit la prise en compte de critères techniques particuliers liés à la rampe et au gabarit notamment. Aujourd'hui, les procédures préalables à la déclaration d'utilité publique sont en cours et les travaux devraient débuter en 2006.

- Investissement : 900 M€
- Début des travaux : 2006
- Mise en service : 2010
- Longueur : 60 km

## ■ FEU VERT

### A45 : Saint-Etienne - Lyon

Gilles de Robien a arrêté la bande des 300 m de la future autoroute A45, entre Saint-Etienne et Lyon. Cette étape va permettre aux préfets de la Loire et du Rhône d'engager les études nécessaires à la constitution de l'avant-projet sommaire. Le tracé retenu pour cette nouvelle infrastructure concédée d'une cinquantaine de kilomètres implique notamment la réalisation de trois tunnels.

- Investissement : entre 1 et 1,6 Md€
- Enquête préalable à la DUP : fin 2005

## ■ GRANDS CHANTIERS

### A51 : Grenoble - Sisteron

Le projet de liaison autoroutière A51 entre Grenoble et Sisteron n'en finit pas de se heurter à des obstacles administratifs. Le dernier en date remonte à début mars : la Commission nationale de débat public a indiqué qu'elle ne pouvait pas organiser de débat car le tracé proposé par le ministère de l'Équipement n'est pas cohérent avec celui figurant dans les schémas multimodaux de services collectifs de transports de la région. Le dossier, engagé depuis 20 ans, a fait l'objet de pas moins de cinq annonces ministérielles dont quatre favorables au tracé par l'est de Gap (tracé actuellement soutenu par le ministère).

### Couverture de l'A6B en Ile-de-France

Les travaux de couverture de l'autoroute A6B, dans la traversée du Kremlin-Bicêtre, Gentilly

et Arcueil, devraient débuter fin 2006. C'est le nouveau calendrier de ce chantier qui subit ainsi un retard d'un an suite au remodelage du projet initial. Le nouveau projet finalisé par la Communauté d'agglomération du Val de Bièvre (CAVB) prend davantage en compte la requalification urbaine de la zone traversée conformément aux souhaits des habitants et des collectivités locales concernées. En 2010, l'A6B devrait être couverte sur 1,7 km.

- Investissement : 112,82 M€, financés par l'Etat (31 %), la Région (36 %), le département (25 %) et la CAVB (8 %)
- Début des travaux : fin 2006

### LGV Limoges - Poitiers

Une ligne à grande vitesse entre Limoges et Poitiers, mise en service en 2014, c'est ce qu'a promis dans un courrier rendu public Jean-Pierre Raffarin à Bernadette Chirac, conseillère générale de la Corrèze. Le Premier ministre y affirme que les études préliminaires seront engagées au deuxième trimestre 2004 afin que les travaux puissent démarrer en 2011. Cette liaison mettra Limoges à deux heures de Paris et à 30 minutes de Poitiers.

(Source FNTP)