

# TRAVAUX

n° 787

## TERRASSEMENTS

- Le Havre - Port 2000. Digues de protection et accès maritimes

- Aménagements hydrauliques. La maîtrise de l'eau, enjeu de projets locaux

- Elargissement de l'A10. Les îles végétales

- A20 - Cahors Sud/Cahors Nord (Lot/Cahors Nord)

- Les travaux de TOARC de l'A432

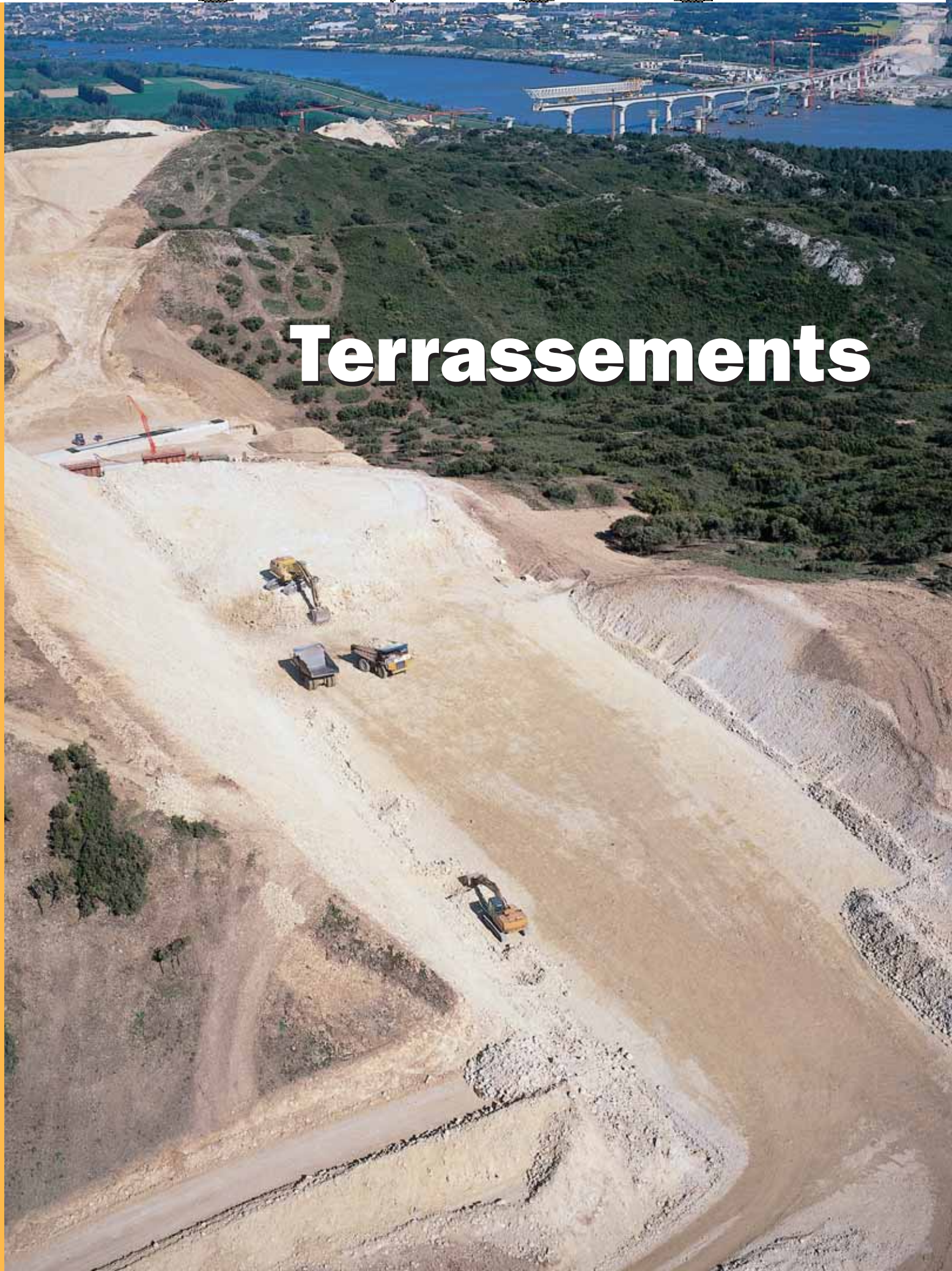
- L'assainissement de la Couronne valentinoise

- Delta 3. La plate-forme multimodale de Dourges

- Une ingénierie pour le minage

- 4 km de déviation en béton armé continu (BAC) sur la RN4 en Moselle

# Terrassements



# Travaux

# numéro 787

# juin 2002

# Terrassements

# sommaire



## Notre couverture

TGV Méditerranée. Lot 41  
© DTPT / Guignard

## DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

## RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier  
3, rue de Berri - 75008 Paris  
Tél. : (33) 0144133144

## SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart  
Tél. : (33) 024118 11 41  
Fax : (33) 024118 11 51  
Francoise.Godart@wanadoo.fr

## VENTES ET ABONNEMENTS

Olivier Schaffer  
9, rue Magellan - 75008 Paris  
Tél. : (33) 0140738005  
revuetravaux@wanadoo.fr

France : 155 € TTC  
Etranger : 190 €  
Prix du numéro : 19 € (+ frais de port)

## MAQUETTE

T2B & H  
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris  
Tél. : (33) 0144648420

## PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle  
61, bd de Picpus - 75012 Paris  
Tél. : (33) 0144748636

Imprimerie Chirat  
Saint-Just la Pendue (Loire)

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

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

## Editions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris  
Commission paritaire n° 0106 T 80259

## éditorial

Daniel Tardy

1

## actualités

8

## matériels

16

## PRÉFACE

Pierre Martin

19



◆ Le Havre - Port 2000. Les travaux des digues de protection et accès maritimes sont lancés  
- *Le Havre - Port 2000. Work has begun on protection and sea access channel breakwaters*

S. Londres

22



◆ Aménagements hydrauliques. La maîtrise de l'eau, enjeu de projets locaux  
- *Hydraulic engineering. Water management and local projects*

Fr. Giroud

32



◆ Elargissement de l'A10. Les îles végétales dans l'océan de la plaine  
- *Widening the A10. Islands of plants in the ocean of the plain*

B. Lassus

36



◆ A20 - Cahors Sud/Cahors Nord (Lot/Cahors Nord). Hauts déblais, grands remblais  
- *A20 - Cahors South/Cahors North (Lot/Cahors North). High earth cuts, large embankments*

J.-M. Rochette

39



◆ Les travaux de TOARC de l'A432 : une liaison entre les autoroutes A42 et A43  
- *Work on the A432 project : a link between the A42 and A43 motorways*

F. Sartori

43



◆ L'assainissement de la Couronne valentinoise. Réussite d'un challenge  
- *Sanitation of the "Couronne valentinoise" area. A successful challenge*

Cl. Robin, B. Grange, J.-L. Pailhès

46



◆ Delta 3. La plate-forme multimodale de Dourges  
- *Delta 3. The Dourges multimodal platform*

J. Avenel, E. Freneat, I. Henry, A. Morbois

50

# Sommaire

juin 2002

**Terrassements**

Dans les prochains numéros

**Autoroute A89**

**Environnement**

**Travaux urbains**

**Eau**

**Réhabilitation  
d'ouvrages**

**International**

**Ponts**

**Travaux**

**souterrains**

**Routes**



◆ Une ingénierie pour le minage  
- *Engineering for mining*

**M. Pailharey, L. Terpreau, P. Bernasconi, Y. Sifre**

**56**



◆ 4 km de déviation en béton armé continu (BAC)  
sur la RN4 en Moselle

- *4 km diversion in continuous reinforced concrete (CRC)  
on highway RN4 in the Moselle region*

**J. Abdo**

**61**

**économie**

**65**

**sommaire annuel  
2001**

**74**

**répertoire  
des fournisseurs**

**79**

**ABONNEMENT  
TRAVAUX**

Encart après p. 48

**A**u commencement... il y a toujours le terrassement, car tout chantier démarre avec la mise en forme et à niveau du terrain.

Le métier de terrassier est difficile et ne s'apprend pas à l'école. Le terrassement c'est un art et... tout d'exécution. Naturellement, ce sont les chantiers des grands ouvrages linéaires : autoroutes, TGV... etc. qui requièrent les formations les plus structurées.

Celles-ci se donnent sur le chantier avec l'apprentissage des méthodes et des techniques, mais aussi une véritable fascination par l'évolution de ces engins fantastiques.

En quelques décennies, les chantiers de terrassement ont considérablement changé, et ils continuent aujourd'hui d'évoluer très vite.

Pour recenser de manière non exhaustive les facteurs déterminant dans cette progression, retenons :

- les préparations minutieuses, appuyées sur des reconnaissances multiples, exploitées par des laboratoires performants ;
- le suivi des méthodes sur le chantier ;
- les progrès considérables réalisés dans les matériels. Ceux-ci, s'ils ressemblent extérieurement à leurs aînés, ne sont plus du tout les mêmes. Le surcroît de puissance, les automatismes, l'accroissement de la fiabilité et la grande amélioration du confort de la cabine, permettent au conducteur de se consacrer entièrement au suivi de son travail ;
- l'utilisation des guidages satellites et lasers qui permettent des précisions de premier ordre (adieu les forêts archaïques de piquets) et facilitent la réalisation du réglage ;
- le traitement des sols étudiés et adaptés. Ils n'empêchent pas, certes, la pluie de tomber, mais ils permettent de gagner un temps précieux à la reprise ;

- la tendance et la volonté de réaliser les chantiers "en univers clos", contrainte de l'environnement et respect du budget obligent. Ainsi moins de transports de matériaux exportés du chantier ou importés sur celui-ci, mouvement de terre équilibré ;

- enfin, la vitesse d'exécution de l'ouvrage qui a considérablement augmenté.

Ce résultat est bien entendu la conséquence de toutes les améliorations énumérées ci-devant mais aussi la volonté des entreprises.

La commission technique du Syndicat des Terrassiers, composée des directeurs techniques des principales entreprises de terrassement, étudie régulièrement les méthodes nouvelles.

Actuellement, nous avons en cours une recherche sur l'identification et l'analyse des éléments perturbateurs ou inhibiteurs de prise dans le traitement des sols aux liants hydrauliques.

Elle est soutenue par nos fournisseurs de liants hydrauliques et au premier chef par notre profession.

De même, nous avons à l'étude le problème des traitements des couches de forme *in situ* et des sols fins en assises de chaussée pour ne citer que ces thèmes-là.

Ainsi les entreprises seront en mesure de proposer des solutions innovantes et totalement adaptées, cela pour la plus

grande satisfaction des maîtres d'ouvrage.

Mais parce que rien ne tourne mieux que ce qui tourne régulièrement, pour permettre le maintien à un haut niveau de cet outil très performant que sont les entreprises françaises de terrassement, il est nécessaire de réguler au cours des ans les volumes de travaux pour ne plus connaître les dépressions d'activité, fort préjudiciables au développement harmonieux et soutenu de la technique.



■ **PIERRE MARTIN**  
**Président**  
**de la commission**  
**technique du Syndicat**  
**professionnel**  
**des Terrassiers**  
**de France**

# Le compactage du 3ème

**Les rouleaux conventionnels se caractérisent par des systèmes de vibration qui ne permettent qu'une variation très limitée de l'amplitude sans réelle prise en considération des différentes conditions d'application en fonction des types de matériaux, des épaisseurs de couches ou des conditions de compactage variables.**

Le système VARIOMATIC (mis sur le marché en 1996)<sup>1</sup> est le seul système au monde fabriqué en série et destiné à générer une optimisation automatique des performances de compactage. Entièrement homologué, ce système s'est vendu depuis lors à plusieurs centaines d'exemplaires. Les principaux marchés: l'Europe –depuis 1997–, également les Etats-Unis et l'Extrême-Orient. Outre ses hautes performances de compactage, le système VARIOMATIC permet tout simplement d'obtenir une meilleure qualité en terme d'homogénéité de compactage et de rugosité de surface. Certaines applications, telles que le compactage sur les ponts, la réalisation de couches minces ou d'une manière générale le travail en environnements sensibles, ne seraient possibles qu'en compactage statique sans cette technologie.

Dans un premier temps, ce système de compactage a été développé sous le nom de VARIOMATIC, puis récemment il est devenu "ASPHALT MANAGER" avec la prise en compte de deux nou-

velles composantes: la mesure de la température de surface du mélange bitumineux et la création d'une valeur  $E_{VIB}$  (MN/m<sup>2</sup>) indiquant la rigidité dynamique du matériau à compacter.

## Compactage et contrôle en une seule passe

L'ASPHALT MANAGER est un système entièrement automatique qui mesure et gère les travaux de compactage sur les enrobés bitumineux en fonction de la rigidité du matériau au fur et à mesure du compactage. Il est donc désormais possible de mesurer les résultats du compactage pendant la pose du matériau.

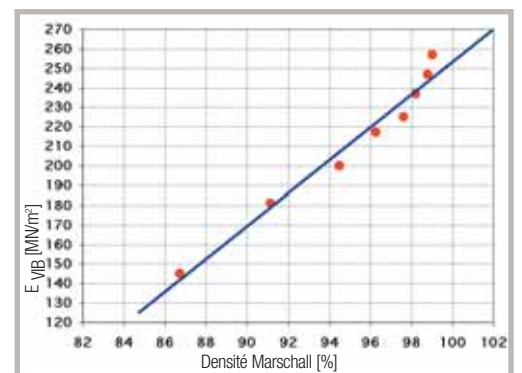
Le système de vibration de l'ASPHALT MANAGER génère ce qu'on appelle des oscillations dirigées provoquées par des arbres vibrants à rotation inverse. Le sens des oscillations est adapté aux exigences du matériau à compacter: la force de compactage peut s'exercer de façon verticale (amplitude maximale) jusqu'à l'horizontale. En outre, le sens d'application de la force s'adapte automatiquement en fonction de la direction de translation du rouleau. Le sens d'application de la force est déterminé par l'interaction entre le cylindre et la rigidité du matériau à compacter.

L'ASPHALT MANAGER permet de déterminer une mesure physique nommée  $E_{VIB}$  pouvant servir à l'évaluation du niveau de compactage grâce à des capteurs situés sur le cylindre vibrant, c'est

la rigidité dynamique du matériau à compacter, en relation directe avec la densité du mélange bitumineux. Cette mesure  $E_{VIB}$  est indiquée en MN/m<sup>2</sup>.  $E_{VIB}$  réagit aux variations de densité: plus la densité augmente, plus le mélange bitumineux devient rigide et donc la valeur  $E_{VIB}$  augmente.

$E_{VIB}$  réagit aux écarts d'élasticité de la couche de base. Sur une fondation tendre et avec un niveau de force pré-sélectionné élevé, il est probable qu' $E_{VIB}$  reste faible.

L'ASPHALT MANAGER intègre également la notion de température de surface qui est donc mesu-

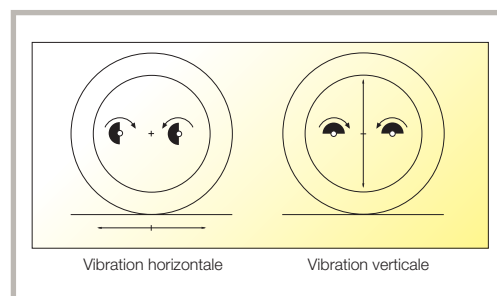
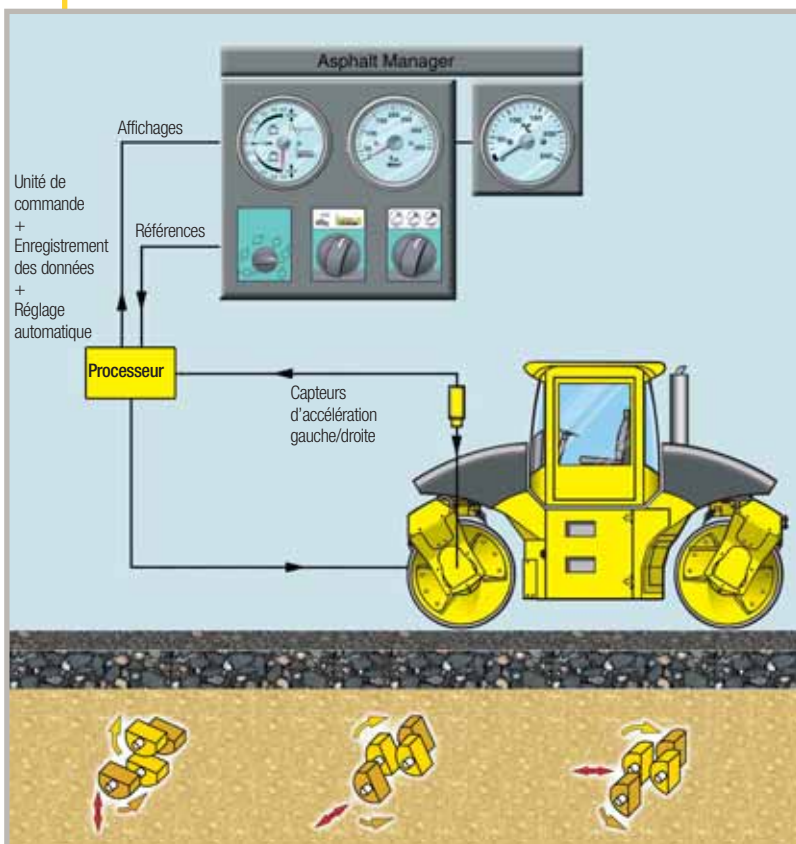


Bonne corrélation: des valeurs  $E_{VIB}$  [MN/m<sup>2</sup>] plus élevées signifient un niveau de compactage plus important.

rée en permanence. Selon l'épaisseur de la couche, la température ambiante et la force du vent, la température du mélange bitumineux mesurée au cœur de la couche peut être jusqu'à 40°C plus élevée. Le compactage devra s'effectuer à une température de surface de 80°C.

La valeur  $E_{VIB}$  réagit également aux variations de température. Plus la température diminue, plus le mélange bitumineux devient rigide même si le compactage n'est pas encore terminé,  $E_{VIB}$  augmente en même temps que la température diminue.

L'ASPHALT MANAGER peut être utilisé pour des travaux spécifiques en "mode manuel" offrant le choix entre 6 amplitudes, chacune selon un sens de vibration constant. L'ASPHALT MANAGER est équipé d'un interrupteur d'urgence En cas de défaillance des circuits électroniques,



<sup>1</sup> Brevets délivrés: EP 070 45 75; US 579 76 99

# millénaire selon BOMAG

l'interrupteur d'urgence permet de sélectionner 2 sens de vibration : horizontal ou vertical.

## Les applications pour le compactage des sols et des mélanges bitumineux

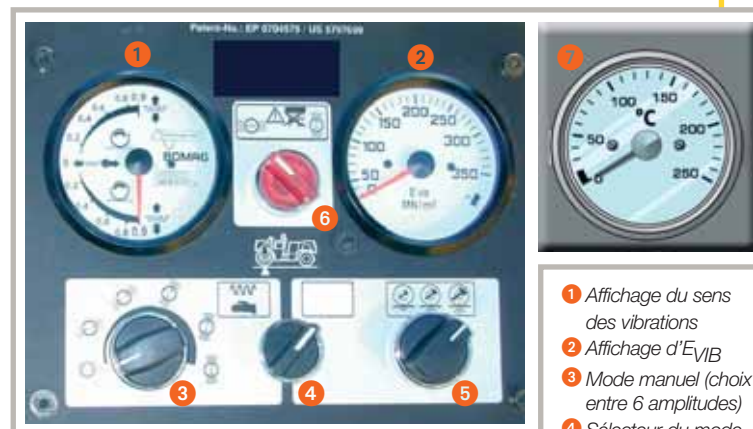
Assistance aux travaux de compactage et mesure des trajectoires sur la couche de forme, les couches antigel et les couches porteuses non collées : la valeur  $E_{VIB}$  augmente au fur et à mesure du compactage. Les zones faibles sont localisées. Assistance aux travaux de compactage sur les couches de mélanges bitumineux. Si le compactage est effectué dans une plage de températures étroite (par ex. entre 120° et 150°C) et que la couche de fondation présente une stabilité suffisante,  $E_{VIB}$  traduira l'augmentation du compactage. Une indication directe sur la densité n'est possible qu'après avoir effectué des mesures de comparaison au

moyen d'un capteur à isotopes (Troxlér). La puissance de compactage et l'effet de profondeur peuvent être adaptés à la couche à compacter et à la couche profonde (voir tableau des applications recommandées).

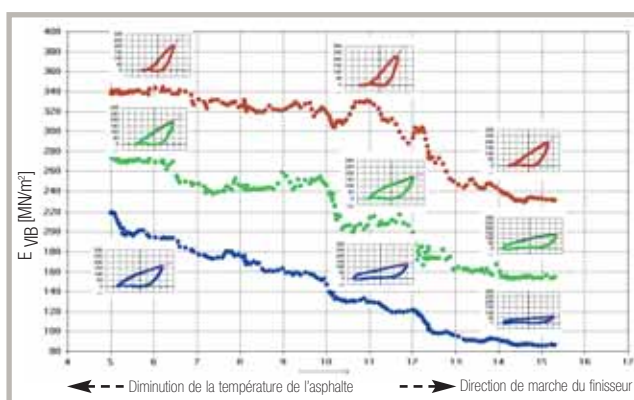
Avec une intensité de compactage équivalente, les résultats obtenus avec les rouleaux BOMAG équipés de l'ASPHALT MANAGER révèlent une meilleure uniformité de compactage et une rugosité plus nette de la surface du bitume (valeurs caractéristiques de rugosité d'env. 30% supérieures). La différence d'aspect des bordures en mélange bitumineux est également très révélatrice : tandis que les rouleaux traditionnels génèrent une expulsion considérable de matériau en sens transversal et donc des fissures, des renflements, des irrégularités, l'ASPHALT MANAGER laisse une surface homogène et plane. Un autre avantage particulier du système ASPHALT MANAGER apparaît en zone urbaine et sur les ponts. Des mesures ont révélé que les sollicitations dues aux vibrations exercées sur les bâtiments pouvaient être considérablement atténuées par la possibilité de présélectionner la vibration. Les vitesses de propagation de vibrations peuvent ainsi être maintenues à

un niveau considérablement inférieur aux valeurs de référence énoncées par DIN 4150-3.

BOMAG, Leader Mondial du Compactage, vous propose une nouvelle fois de bénéficier des toutes dernières développements de la technologie dans le domaine du compactage et tout particulièrement avec sa dernière génération de rouleaux tandems avec direction à pivots équipés du système "ASPHALT MANAGER".



- 1 Affichage du sens des vibrations
- 2 Affichage d' $E_{VIB}$
- 3 Mode manuel (choix entre 6 amplitudes)
- 4 Sélecteur du mode de travail (manuel ou automatique)
- 5 Mode automatique (choix entre 3 gammes de puissance avec contrôle d'amplitude)
- 6 Interrupteur d'urgence
- 7 Indicateur de température



L'ASPHALT-MANAGER démontre l'augmentation de la portance du matériau à compacter.

Pour tous renseignements, contacter :

**BOMAG SAF**  
**Pierre Tessier**  
 B.P. 34 - Z.A. des Cochets  
 91223 Brétigny s/Orge cedex  
 Tél. : 01.69.88.39.00 - Fax : 01.60.84.18.66  
 www.bomag.fr

## SPÉCIFICATIONS DE TEMPÉRATURE CONCERNANT LE REVÊTEMENT BITUMINEUX

Type de couche	Réglage	Couche de base	Couche intermédiaire		Couche de roulement	
			Facile à compacter	Difficile à compacter	Béton bitumineux	Béton bitumineux coulé
Fermeté homogène (stable)	Automatique : niveau de puissance	3	2-3	3	2	3
	Autre : manuel* position	6-3	4-3	5-3	4-2	4-2
	Température de compactage	> 80°C	> 80°C	> 100°C	> 100°C	> 120°C
Instable	Automatique : niveau de puissance	2	1-2	2	1	2
	Autre : manuel* position	4-2	3-2	3-2	2-1	2-1
	Température de compactage	> 80°C	> 80°C	> 100°C	> 100°C	> 120°C
Couches posées sur les ponts	Automatique : niveau de puissance	1-2	1-2	1-2	1	1-2
	Autre : manuel* position	3-2	2-1	2-1	2-1	2-1
	Température de compactage	> 80°C	> 80°C	> 100°C	> 100°C	> 120°C

\*en mode manuel, commencer par le niveau le plus haut, puis réduire.

# Le Havre - Port 2000

## Les travaux des digues maritimes sont lancés

D'envergure internationale, le projet Port 2000 du Port Autonome du Havre est spécifiquement dédié au trafic conteneurisé. Il devrait permettre, jusqu'en 2020 au moins, de faire face à la nouvelle demande des transporteurs maritimes. Après un important débat public et une étude d'impact approfondie, la première phase de travaux a été initiée. Elle débouchera, en 2004, sur la création de quatre postes à quais supplémentaires pour les navires porte-conteneurs. Cette première phase de travaux comprend la construction de 1400 ml de quais, mais également la création de nombreuses digues et d'un nouvel accès maritime, ou encore la mise en place de dessertes terrestres plus performantes. Parmi les premiers travaux entrepris, le marché des digues de protection et des accès maritimes (DPAM), attribué à un groupement d'entreprises dont GTM Terrassement est le mandataire, nécessite la mise en commun de nombreux savoir-faire et une gestion particulièrement rigoureuse des matériaux.



Photo 1  
Photomontage du projet Port 2000  
Photomontage of the Port 2000 project

### LE PROJET PORT 2000

#### Contexte

Soucieux de répondre à la demande nouvelle des transporteurs de conteneurs (navires de plus en plus gros, opérations portuaires à fort rendement) et de maintenir sa place face à la concurrence, le Port Autonome du Havre (PAH), les mairies du Havre et des communes voisines, le département et la région ont décidé, avec l'aide de l'Etat, de lancer le programme d'extension Port 2000. Ce projet de long terme se fonde sur les perspectives de croissance établies jusqu'en 2020 : le port du Havre pourrait être amené, à cette échéance, à traiter jusqu'à 4 millions d'EVP par an environ, contre 1,5 million d'EVP en 2000 (EVP : équivalent de vingt pieds).

La prise en compte par l'Etat, puis le choix final du projet du PAH se sont faits dans le souci d'un développement durable, et un esprit d'information et de consultation. Ces préoccupations ont pris la for-

me de plusieurs démarches de concertation, d'une importante étude d'impact et d'une expertise indépendante pour dresser le bilan du projet. Outre les contraintes techniques de celui-ci, un important cahier des charges environnemental a été dressé : le projet Port 2000 doit avoir un impact minimum sur l'environnement estuarien (qui comporte plusieurs zones naturelles protégées), qu'il s'agisse de l'impact direct des installations portuaires, ou d'un impact à plus long terme via une modification des régimes de courants et de sédimentation dans l'estuaire. Les incidences néanmoins inévitables du nouveau terminal portuaire sur l'environnement doivent être compensées par des mesures d'aménagement environnementales spéciales.

#### Le projet retenu (figure 1)

Le schéma d'aménagement pris en considération par le ministre de l'Équipement, des Transports et du Logement le 5 décembre 1998 distingue deux phases de travaux.

#### Phase 1

Cette dernière comprend :

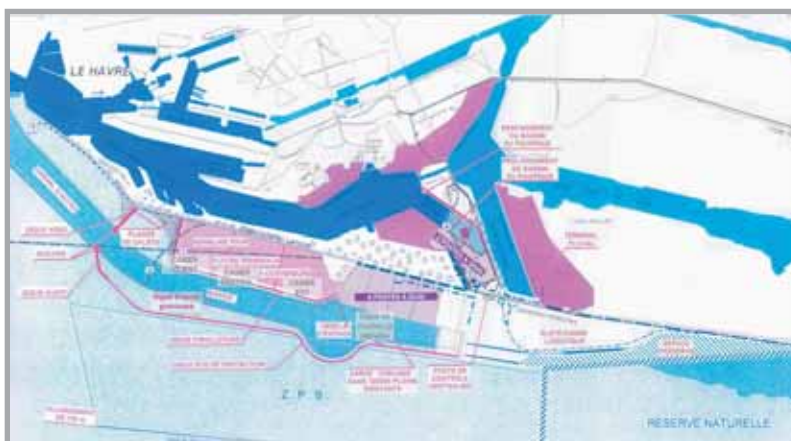
- ◆ la réalisation d'une première tranche de deux postes à quais, implantés sur la berge nord d'une darse dans la zone actuellement remblayée, à l'Est de la digue en crochet (mise en service en 2004) ;
- ◆ la seconde tranche de deux postes, dans la continuité Est de la première, avec prolongement de la darse (mise en service en 2006) ;
- ◆ le dragage de chenaux et d'un cercle d'évitage (pour les manœuvres des navires) derrière une digue de protection, et création d'une nouvelle zone de remblais retenus par une digue d'enclosure ;
- ◆ la tranche conditionnelle de deux postes à quais dans le prolongement du quai d'Osaka, avec agrandissement du bassin du Pacifique ;
- ◆ la réalisation de nouvelles circulations afin de constituer des terminaux cohérents, dans le prolongement des zones de déchargement ;
- ◆ la réalisation d'ouvrages d'accompagnement et d'aménagements de génie écologique (reposoir à oiseaux, aménagement de vasières...) visant à amorcer une véritable réhabilitation de l'estuaire de la Seine.

#### Phase 2

Elle sera étalée dans le temps en fonction des besoins futurs :

- ◆ création d'un poste supplémentaire à l'Est des quatre premiers ;

Figure 1  
Schéma  
d'aménagement  
de Port 2000  
Port 2000 layout  
diagram





# de protection et accès

◆ création de sept postes supplémentaires sur les remblais de la phase 1.

L'accélération de la croissance des trafics au Havre, en particulier avec le choix de l'armement MSC d'y établir une de ses bases, conduit à envisager la mise en service de deux de ces huit postes dès 2006.

Le projet englobe également la création de zones logistiques, à l'Est des nouveaux terminaux (et dans toute la région), où des entreprises de stockage, distribution et transformation de marchandises pourront s'implanter, générant des emplois.

## Estimations et financement des premiers travaux

Le coût de la première phase est évalué à 518 millions d'euros pour quatre postes (ou 565 millions si deux postes supplémentaires sont réalisés) auxquels s'ajoutent plus de 63 millions pour les dessertes ferroviaires proches, et plus de neuf millions pour les dessertes routières. Le budget dévolu aux mesures environnementales, est d'environ 50 millions d'euros, en dotation pour 10 ans. On peut ajouter à ces chiffres le montant prévisionnel des investissements privés engendrés par les travaux (manutentionnaires, logisticiens...), qui devrait avoisiner les 230 millions.

Le financement de six premiers postes à quais et d'infrastructures d'accès sera assuré pour l'essentiel par le maître d'ouvrage (PAH : plus de 308 millions d'euros), viennent ensuite l'Etat (près de 180 millions), le département et la région (99 millions), les fonds européens (Feder : plus de 38 millions), Réseau Ferré de France (RFF : plus de 12 millions), et enfin Réseau et Transport Européen (près de 2,5 millions), soit une enveloppe totale de 640 millions d'euros.

## ■ PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES INFRASTRUCTURES À METTRE EN PLACE

### Accès nautiques

Les accès nautiques définitifs seront réalisés par dragages successifs (approfondissements, élargissements) : en fin de travaux, le fond des chenaux et bassins sera situé à la cote - 16 m CMH (CMH : Carte marine du Havre ; le niveau 0,00 m CMH correspond aux plus basses eaux théoriques au Havre soit - 4,38 m NGF). Le volume total de

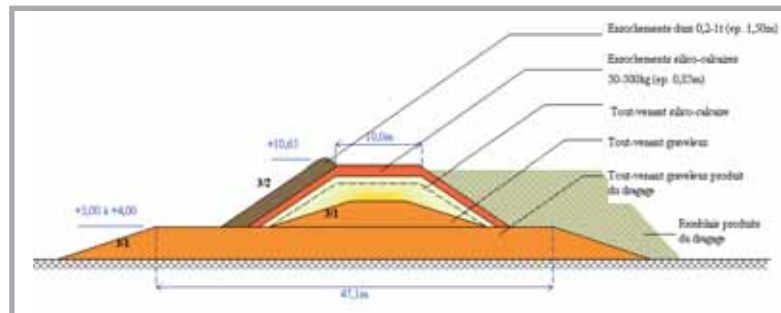


Figure 2  
Coupe de la digue d'enclosure

Cross section of enclosing breakwater

matériaux à draguer lors de la première tranche est évalué à 50 millions de mètres cubes environ. Il s'agit principalement de sables et graviers de silex noirs, et de sables fins gris-vert recouvrant la formation précédente. Les talus, le long des chenaux, auront une pente de 5/1 pour le chenal extérieur, et 3/1 dans les bassins. Les matériaux dragués seront valorisés dans la mesure du possible, ou immergés dans une zone de dépôt au large d'Octeville.

### Les quais et terre-pleins

Le linéaire total de quais à réaliser en phase 1 au sud des installations actuelles est de 1400 m pour quatre postes, en parois moulées couronnées par une poutre en béton armé de 9,10 m de haut. Leur fondation se situe vers - 30 m CMH, profondeur du substratum rocheux.

Un dispositif d'ancrage par tirants passifs, entre la paroi et des palplanches, assure la stabilité du quai, avant dragage de la darse à la cote prévue. Le rail arrière des gigantesques portiques de manutention des conteneurs reposera sur une poutre sur barrettes à 35 m en arrière du quai. Ce marché a été confié à Solétanche Bachy.

### Les digues et ouvrages annexes

#### Digues

La longueur totale des digues de protection est d'environ 5 850 ml. S'y ajoutent les digues d'enclosure (environ 3 000 ml). Toutes du type "digue à talus", elles reposent, sur un soubassement en galets issus du dragage, large d'une cinquantaine de mètre en crête. On peut distinguer différents profils détaillés ci-après.

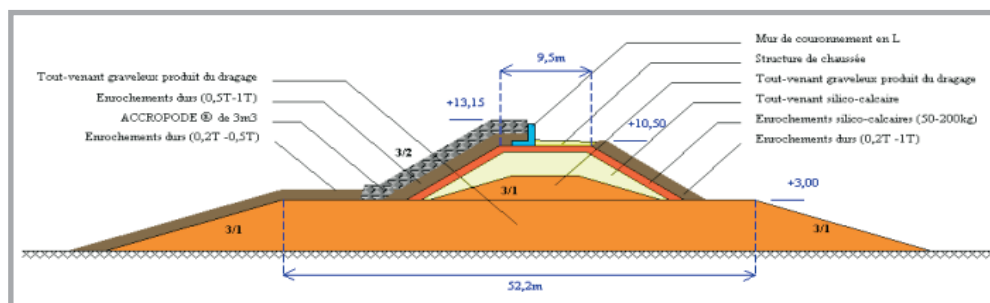
#### La digue d'enclosure (figure 2)

Cette digue qui doit retenir les matériaux remblayés ne nécessite pas d'importantes protections. Elle se compose d'un noyau en tout-venant graveleux issu du dragage, recouvert de tout-venant silico-cal-



► caire de carrière. Suit une couche de protection en enrochements silico-calcaires. Côté bassin, une carapace est prévue, en enrochements durs à l'Est, et en BCR (blocs cubiques rainurés en béton) plus à l'ouest là où la houle est plus forte. La largeur en crête est d'une dizaine de mètres.

Les digues de protection (figure 3)



**Figure 3**  
Coupe de la digue de protection nord

**Cross section of the northern protection breakwater**

Les digues de protection seront plus exposées que la digue d'enclosure. Leurs profils restent toutefois assez semblables à l'exception des carapaces d'enrochements durs (présentes sur les deux faces), et d'ACCROPODE® en béton côté mer. La crête est parcourue par un mur en L d'environ 2 m de haut, pour la protection contre les franchissements.

Selon l'exposition aux houles, la taille des enrochements durs, la taille des ACCROPODE®, et l'épaisseur des couches varient. De plus, toutes les digues orientées à l'ouest voient leur soubassement protégé par des enrochements, du pied de digue jusqu'au TN.

Il est important de préciser que la solution à ACCROPODE® retenue, proposée par le groupement, permet une économie globale de matériaux, et une valorisation supplémentaire des produits dragués en employant le tout-venant graveleux en noyau (la solution de base du PAH prévoyait des digues larges de plus de 13 m en crête, avec noyaux en silico-calcaire, protégées par BCR).

### Les plages

Deux plages de galets doivent être réalisées :

- ◆ une plage "extérieure" en galets, dans l'angle ouest de la digue de la CIM et de la future digue nord. Elle est destinée à augmenter la stabilité de cette dernière en atténuant les franchissements et réflexions de houle ;
- ◆ une plage "intérieure", dans l'angle ouest de la digue de la CIM et de la zone remblayée. Elle doit servir de protection aux terre-pleins et a également une vocation environnementale. Son profil est plus complexe, succession d'étendues de sable à faible pente et de cavaliers en galets.

### Les ouvrages de la passe d'entrée

L'entrée du port est encadrée d'énormes caissons verticaux en béton armé (H x l x L = 30 m x 21,50 m x 50 m), destinés à supporter des feux. Leur radier doit reposer au fond de souilles réalisées par

dragage entre - 17 m et - 20 m CMH. Ils doivent être remplis de produits dragués afin d'assurer leur stabilité.

## Les autres aménagements

### Les aménagements d'intérêt écologique

Outre la future plage intérieure déjà citée, une vaste zone de reposoir à oiseaux a été créée au plus vite à l'Est de Port 2000. En effet, l'actuel reposoir est appelé à disparaître lors du creusement de la darse. Un site de remplacement a donc dû être désigné, à 3 km en amont.

D'une superficie d'environ 40 ha, le projet comprend l'arasement de la végétation (sauf mesure particulière de protection de la flore dans deux bosquets), le rétablissement de zones marantes par renouvellement du terrain, ouverture d'une brèche dans une digue et création de seuils. Les oiseaux seront protégés par la création d'une étendue restant en eau à marée basse et encerclant une île centrale et plusieurs îlots, des fossés et des merlons plantés d'arbustes côté route de l'estuaire. D'autres travaux environnementaux destinés à augmenter l'intérêt écologique de la réserve naturelle sont en cours d'études dont de très importants aménagements de vasières (20 millions d'euros) et d'îles artificielles (8 millions) pour les oiseaux. Des mesures scientifiques de suivi sur 10 ans accompagneront ces travaux.

### Les travaux d'accompagnement

La réalisation du projet implique le retrait partiel ou le déplacement de conduites de rejet en mer d'entreprises implantées dans l'ancien port. Des dessertes ferroviaires à raccorder au réseau RFF, un terminal fluvial, les entrées routières du port et les bâtiments associés (poste d'accueil, bâtiment d'exploitation, tour radar...) doivent également être construits d'ici 2004. Dans un premier temps, il s'agira de créer des plates-formes pour les futures voies ferrées et d'établir la déviation de la partie ouest de la route de l'estuaire (deux nouveaux giratoires, des échangeurs et des rampes d'accès à un pont).

## LA RÉALISATION DES TRAVAUX

### Le déminage préliminaire

La présence sur le site de nombreuses munitions de la Seconde Guerre mondiale a nécessité le plus important chantier de déminage jamais réalisé en temps de paix. Confiés à EMCC et Navarra, filiales de Vinci Construction spécialisées en travaux maritimes et Géocéan, ces travaux ont commencé en octobre 2000, pour ne s'achever totalement qu'après février 2002. La zone concernée par le déminage correspond à plus de 390 ha. Une première cam-

pagne a permis d'enregistrer depuis la surface plus de 2 000 signaux suspects. Une seconde phase a ensuite pu commencer : jusqu'à 60 plongeurs ont examiné les sources des échos et découvert près de 200 obus, mines ou torpilles à demi enfouis. Les munitions considérées comme inertes ont été déplacées. Les autres ont été balisées, et signalées au groupe de plongeurs démineurs de la Marine nationale qui a procédé à leur pétardage au large dans une zone spécialement réservée.

### Les premiers aménagements environnementaux (photo 2)

Le groupement constitué par GTM Terrassement, TPC et Sotraga (toutes filiales de GTM Construction), a terminé l'aménagement du nouveau reposoir sur dunes en février 2002, avant la disparition de l'ancien site. Ce chantier de plus d'un million d'euros, réalisé en 3 mois et demi et qui a mobilisé jusqu'à une cinquantaine de personnes, constitue désormais une référence.

Outre le délai très court, les particularités essentielles de ce chantier résidaient dans la mauvaise qualité du sol, l'omniprésence de l'eau (zone marécageuse, Seine, marées), et l'importance de l'environnement, sur le site mais aussi en terme d'image de tout Port 2000.

En effet, les formations superficielles de cette zone sont essentiellement constituées par des limons et des sables vasards de très faible portance. Tout compactage était donc impossible, et le recours à un matériau sableux d'emprunt obligatoire, au moins pour la création de pistes provisoires. Les engins ont reçu des équipements spéciaux (pneus et chenilles de type "marais", portes à l'arrière des bennes), et les méthodes de travail ont été revues : tous les travaux d'extraction de matériaux ont été réalisés par de petites pelles de 30 t travaillant en "jet direct". Les volumes ainsi terrassés représentent environ 190 000 m<sup>3</sup> de matériaux plus ou moins vaseux, et 50 000 m<sup>3</sup> de matériaux sableux d'emprunts. Les travaux ont nécessité un important pompage 24 heures/24. La création des seuils et l'ouverture d'une brèche dans la digue se sont faites à marée basse, parfois de nuit.

Les fortes contraintes environnementales se sont, elles, traduites par le balisage, dès les premiers jours du chantier, des zones interdites d'accès et de travaux, notamment les mares à batraciens et les bosquets abritant des végétaux protégés, et un effort de réduction des nuisances sonores (limitation stricte de l'usage du klaxon), mais surtout une vigilance particulière concernant les risques de pollutions accidentelles. Toutes les dispositions relatives à l'environnement ont fait l'objet d'un PAE (plan d'assurance environnement) rigoureux, et la visite régulière de représentants d'associations et de comités de surveillance a contribué à la garantie de son application.



**Photo 2**  
Nouveau reposoir.  
a) Terrassement des sables vasards.  
b) Talus et fossés de protection du site après travaux.  
c) Îles et étendue d'eau artificielles après travaux

**New bird resting ground.**  
a) Earthworks in muddy sands.  
b) Site protection slopes and ditches after works.  
c) Artificial islands and watercourses after works

### Les travaux confiés à DPAM 2000

Le 23 août 2001, le port a signé l'ordre de service confiant les travaux des digues de protection et accès maritime au groupement solidaire DPAM 2000, pour un montant de près de 250 millions d'euros. Ce groupement doit réaliser l'ensemble des travaux de dragage, de terrassement et de génie civil de Port 2000, à l'ouest des premiers postes en construction.

Le pilotage du projet est assuré par une cellule commune, responsable des relations avec le port et de la coordination. Les travaux sont logiquement répartis entre trois autres cellules spécialisées : la cellule dragage, constituée par la société belge Dredging International (dont Vinci est un des actionnaires), la cellule terrassement, regroupant TPC et Deschiron autour de GTM Terrassement (mandataire du groupement), et enfin la cellule génie civil, comprenant Campenon Bernard TP, GTM Génie civil et Services et Vinci Construction Grands Projets.

#### La préfabrication sur site

La préfabrication dans le port des principaux éléments de génie civil a été décidée. Seul le mur en L, en crête de digue, doit être réalisé en place. Les bétons (B26 pour les Accropode®, B40 pour les musoirs et le mur de couronnement) seront fabriqués sur le chantier. Leurs composants proviendront de source locale, et des galets issus du dragage, lavés et concassés sur le site, pourront notamment être utilisés comme granulats.

#### Les caissons de la passe d'entrée

Les deux musoirs seront construits jusqu'à un certain stade en bassin de radoub. Les radiers seront

### LE MARCHÉ DES DIGUES DE PROTECTIONS ET ACCÈS MARITIMES DE PORT 2000

#### Maitre d'ouvrage

Port Autonome du Havre (PAH) (établissement public d'Etat)

#### Maitre d'œuvre

Direction technique du PAH

#### Entreprises exécutantes de DPAM 2000

GTM Terrassement (mandataire), Dredging International, Campenon Bernard TP, Vinci Construction Grands Projets, GTM Génie civil et Services, Deschiron, TPC

#### Sous-traitants de DPAM 2000

Sogreah (études hydrologiques et de stabilité des digues), Terrasol (études de stabilité des digues), EMCC (moyens maritimes et déminage)

#### Fournisseurs

Sotraga (matériaux silico-calcaires), Sociétés des Carrières de l'Ouest, Leroux Philippe et TPC (enrochements durs), Lheureux (location de matériels de travaux publics), Legrand (idem)

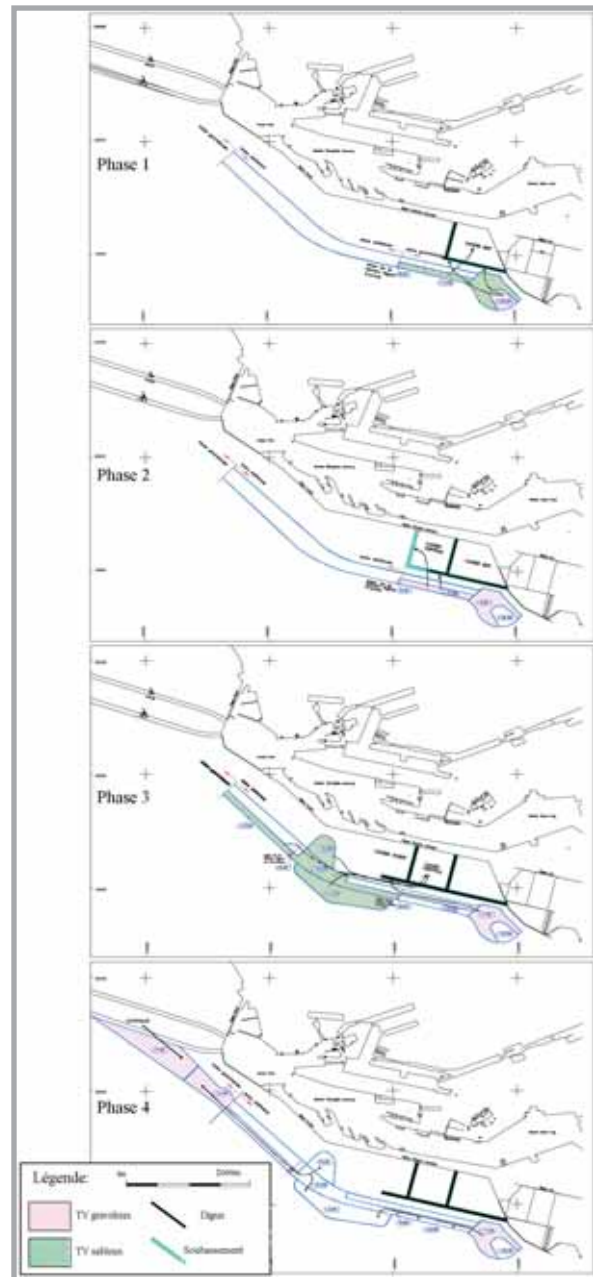
**Photo 3**  
La DSD (drague stationnaire à désagrégateur)  
Vlandereen 19  
stationary agitation dredger



**Photo 4**  
Mise en place  
du soubassement  
par le ponton diffuseur  
Bayard 2  
Laying the base  
by spreader pontoon  
Bayard 2



**Photo 5**  
La DAM Charlemagne.  
Ses cent un mètres de long  
et sa capacité de plus de 5000 m<sup>3</sup>  
en font la plus grande d'Europe  
The Charlemagne sea access channel  
breakwater. With a length  
of one hundred and one metres  
and a capacity of over 5,000 cu. m,  
it is the largest in Europe



**Figure 4**  
Phasage du dragage et de la construction des digues  
Scheduling of dredging and breakwater construction

### Le déroulement du chantier proprement dit

En janvier 2002, les premiers travaux ont débuté, avec pour premier objectif la réalisation d'une planche d'essai d'une centaine de mètres de digue d'enclosure et de soubassement, afin de valider les méthodes.

### Les travaux de dragage

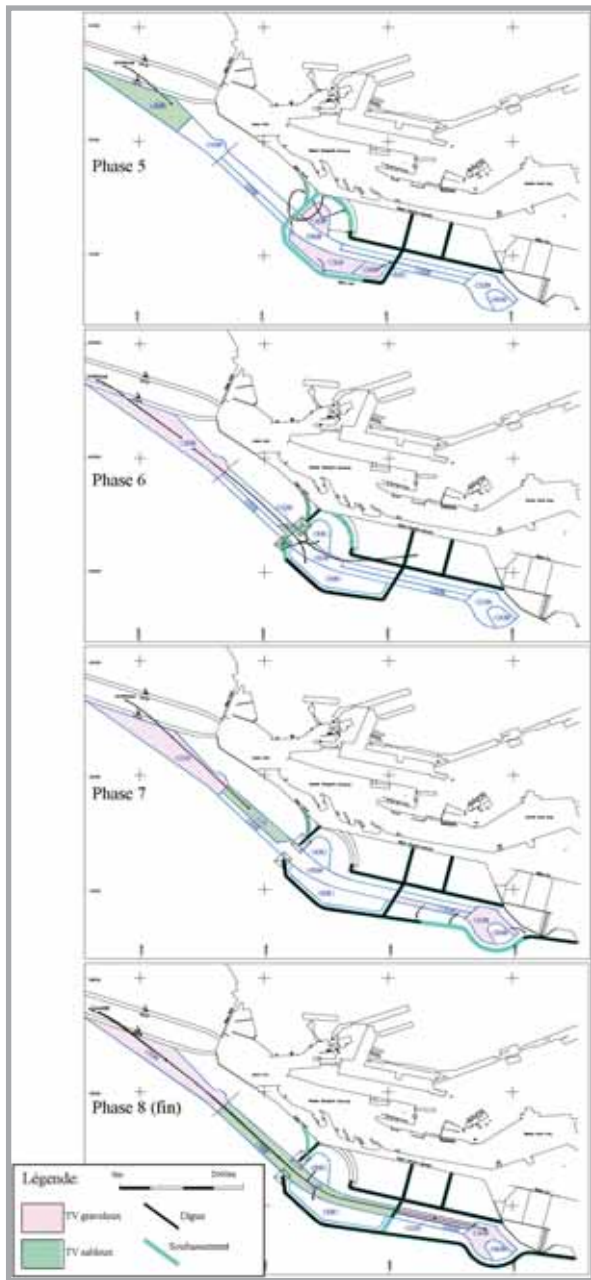
Dredging International a envisagé la mise en œuvre de trois types de matériel, dont une drague stationnaire à désagrégateur (DSD), et des dragues aspiratrices en marche (DAM).

La DSD (photo 3) travaille à l'ancre et peut se déplacer autour de sa position initiale en tirant sur ses amarres. Munie d'une pompe associée à une fraise, elle est capable de désagréger des terrains indurés. Le dispositif de refoulement dans une conduite flottante de 500 ml se termine sur un ponton diffuseur à positionnement et guidage dynamiquement, particulièrement intéressant pour constituer le soubassement de toutes les digues en jet continu (photo 4), lorsque les matériaux dragués s'y pré-

réalisés en premier, puis les voiles extérieurs et intérieurs épais de 70 cm, et enfin les dix poutres supérieures de chaque musoir, qui supporteront les superstructures. Une fois le musoir bétonné jusqu'au niveau de + 8,50 m CMH, soit 26 m de haut, les caissons seront lestés de sable humide pour assurer leur stabilité en flottaison, et mis en place par des moyens maritimes.

### Les ACCROPODE®

Une unité de préfabrication d'ACCROPODE® doit être installée sur le site par la cellule génie civil. Au total, près de 53 000 éléments doivent être coulés, en majorité des ACCROPODE® de 1,5 m<sup>3</sup>, les autres faisant 2 m<sup>3</sup> et 3 m<sup>3</sup>.



**Figure 5**  
**Phasage du dragage et de la construction des digues**  
**(suite)**

**Scheduling of dredging and breakwater construction**  
**(cont'd)**

tent (tout-venant graveleux). L'ensemble de ces caractéristiques est bien adapté à un travail en partie sud-est des zones de dragage (chenal intérieur, cercle d'évitage, souilles des musoirs).

Les deux DAM (photo 5) opéreront essentiellement (mais pas exclusivement) dans la partie nord-ouest (chenal extérieur) des zones de dragage. Les matériaux dragués par les DAM seront clapés, soit de manière provisoire près du chantier, avant d'être repris par la DSD, soit de manière définitive, dans la zone de dépôt d'Octeville.

Dredging a également choisi de faire travailler la drague à pelle-rétro sur ponton "Big Boss". Ce choix s'explique par la volonté de commencer les travaux au plus vite (Big Boss étant mobilisable immédiatement), et de constituer un premier chenal qui permettra à la DSD d'opérer sans contrainte de marées. Big Boss présente en outre l'avantage de pouvoir procéder à l'enlèvement d'éventuelles épaves. Depuis le début des travaux, Big Boss opère dans la zone du cercle d'évitage, chargeant des chalands de tout-venant graveleux, clapé au droit du sou-



**Photo 6**  
**Chaland automoteur**  
**lors d'un clapage**  
**Self-propelled barge**  
**during sediment dumping**  
**at sea**



**Photo 7**  
**Le soubassement**  
**avant tout réglage**  
**à la pelle**  
**The base**  
**before any levelling**  
**by shovel**

bassement de la planche d'essai, au pied de l'actuelle digue ouest (photos 6 et 7).

*La construction des digues*

L'ordre de construction des digues a fait l'objet d'une importante réflexion : la solution de base prévoyait la construction partielle des digues de protection avant la digue d'enclôture et les plages, la seconde partie des travaux se déroulant à l'abri de la houle. Toutefois, cette méthode impliquait que la longue digue sud soit construite à partir d'un seul point, et avec de longs trajets pour approvisionner en matériaux le bout de la digue. En s'appuyant sur les études de Sogreah, GTM Terrassement a donc proposé un programme plus complexe, qui s'appuie sur la construction d'une digue d'accès provisoire, et commence par la digue d'enclôture (figures 4 et 5).

Après la mise en place du soubassement en tout-venant graveleux par la cellule dragage, les casiers Est, central et ouest de la digue d'enclôture seront réalisés à la suite. Après construction de la plage, qui permettra le passage des engins, c'est la digue nord qui sera réalisée. Une digue d'accès provisoire, prolongeant la limite ouest du casier central, permettra de réaliser la partie ouest de la digue sud, et la digue ouest. Cette digue d'accès a également pour vocation de couper le fort courant existant entre l'estuaire et la mer (c'est également ce qui motive la mise en place provisoire d'un soubassement entre les digues ouest et nord). Dans ces conditions, une fois le chantier protégé du courant, la partie Est de la digue sud pourra être réalisée à partir de deux points, et sa partie ouest achevée. Sa mission remplie, la digue provisoire

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

### Les principales quantités mises en œuvre

- Volume de matériaux à draguer : environ 50 millions de mètres cubes
- Volume de béton : environ 120 000 m<sup>3</sup>
- Enrochements durs : 340 000 m<sup>3</sup>
- Matériaux silico-calcaires : de 500 000 à 1 000 000 de mètres cubes
- ACCROPODE® : 53 000 unités

### Moyens mis en œuvre (avril 2002)

- Cinq pelles hydrauliques
- Une douzaine de tombereaux
- Une dragline
- Une pelle sur ponton "Big-Boss" et ses deux chalands
- DAM (drague aspiratrice en marche) Vlandereen 1
- DAM Charlemagne
- DSD (drague stationnaire à désagrégateur) Vlandereen 19
- Ponton diffuseur Bayard 2

sera enlevée, en reculant jusqu'à la digue d'enclosure.

Le principe de travail retenu est celui d'un approvisionnement en matériaux par voie terrestre, y compris pour le tout-venant graveleux du noyau. Chaque étape de la construction tient compte des conditions de marée :

◆ à marée haute et descendante, l'extrémité de la digue est approvisionnée par tombereaux en tout-venant graveleux, qu'un bouteur règle grossièrement à une cote intermédiaire. Une pelle règle les talus ;

◆ à marée basse, le tout-venant et les enrochements silico-calcaires sont déversés en première protection et réglés conformément aux profils d'exécution. Parallèlement, le soubassement est réglé à l'avancement à la cote prévue sur 30 à 50 ml devant la digue ;

◆ à la marée montante, les enrochements durs, les ACCROPODE® ou les BCR sont mis en place à la pelle et toutes les couches sont amenées à la cote définitive.

L'ensemble de ces travaux doit pouvoir être réalisé en 14 heures environ, soit deux postes par 24 heures, calés sur les marées. Une vingtaine d'engins sera mobilisée à chaque poste. Pelles et bouteurs seront guidés par système MGS.

Il faut noter que la protection systématique de la digue, par mise en place des carapaces au plus près de l'extrémité du chantier, peut seule garantir la tenue de l'ouvrage en mer. Cette mesure, gage de sécurité en terme de planning, implique donc une activité importante sur un linéaire réduit, exposé aux intempéries. Dans de telles conditions, la présence de personnel à pied chargé de veiller à l'implantation et à la précision du réglage des différentes couches (notamment sur le second poste) génère un risque d'accident difficilement acceptable. Partant de ce constat, GTM Terrassement, en collaboration avec le PAH, a perfectionné et adapté son système de guidage par satellite : afin de limiter la présence des géomètres et topographes, un écran en cabine permet au chauffeur de la pelle hydraulique de visualiser directement la position de son godet par rapport au profil théorique de la digue. La collaboration avec le PAH devrait également permettre d'utiliser ce système, plus fiable et plus sûr, dans le cadre de la procédure de réception et de contrôle des épaisseurs des couches.

Etant donnée la largeur en crête de la digue de protection, la construction du mur de couronnement sera totalement dissociée de la phase de terrassement : elle ne pourra débiter sur un tronçon que lorsque toute circulation de tombereaux y sera terminée.

### La mise en place et l'achèvement des musoirs

Les procédures de cette étape ne sont pas encore finalisées. Il s'agira grossièrement de :

◆ remorquer le caisson à marée haute jusqu'au site d'immersion ;

◆ le positionner exactement au droit de la souille ;  
◆ à marée basse, remplir le musoir d'eau grâce à des pompes de ballastage et suivre la descente jusqu'à l'échouage, en opérant les corrections éventuelles ;

◆ remplir le musoir de matériaux sableux.

Une fois les opérations d'échouage terminées, GTM Terrassement pourra procéder au raccordement des digues nord et ouest aux musoirs. Les superstructures des caissons pourront ensuite être montées au-dessus du niveau + 8,5 m CMH par les équipes du génie civil.

## ■ LA GESTION DES MATÉRIAUX : LE PRINCIPAL DÉFI DE DPAM 2000

La qualité, le coût d'extraction et/ou de mise en dépôt des matériaux conditionnent fortement la réussite des chantiers de terrassement. A ces préoccupations habituelles, Port 2000 ajoute celles liées au développement durable et au respect de l'environnement. Conscients des enjeux, GTM Terrassement et DPAM 2000 ont mené une réflexion poussée sur la question des matériaux. La proposition de DPAM 2000 présente ainsi des atouts certains, liés à une gestion intelligente (et complexe) des flux de matériaux pendant les travaux. Un élément essentiel de l'offre réside bien sûr dans la modification des profils des digues par rapport à la solution de base (emploi minimal de matériaux de carrières et meilleure valorisation des matériaux de dragage), mais d'autres points forts développés ci-après peuvent être mis en avant.

### Le réemploi des matériaux des anciennes digues

La construction de la digue d'enclosure implique la mise en œuvre de plus de 25 000 BCR. Leur intégralité proviendra du démantèlement de la digue en crochet, entre la digue de la CIM et la future digue d'enclosure. Ainsi, moins de matériaux seront mis en décharge, et il n'y aura besoin d'aucune production supplémentaire de béton. Les enrochements (et une partie des matériaux du noyau) seront également réemployés.

### Les enrochements durs et les matériaux silico-calcaires

La fourniture du chantier en enrochements durs sera assurée par des carrières de quartzite et de granite situées aux environs de Cherbourg, en activité depuis plusieurs années. La fourniture de silico-calcaire relève d'une démarche plus originale et audacieuse de la part de DPAM 2000.

### **Extraction des matériaux silico-calcaires**

Les matériaux silico-calcaires, employés pour la construction des digues, seront fournis par une carrière réouverte par Sotraga spécialement pour Port 2000. En déposant la demande d'exploitation pour cette carrière, Sotraga et GTM Terrassement ont adopté la même démarche que le PAH pour Port 2000, avec la volonté de faire du site une vitrine du développement durable, limitant les nuisances pour les riverains et pour l'écosystème.

Situé en bord de Seine, 45 km en amont du chantier de Port 2000, sur la commune de Trouville-la-Haule, le site choisi est une ancienne carrière de craie abandonnée depuis une cinquantaine d'années. Cet emplacement, au cœur du parc régional de Brotonne, présente un intérêt écologique certain. La carrière est ouverte pour une durée de 5 ans, la phase intensive d'extraction étant concentrée sur 3 ans. Au total, 500 000 à 1 000 000 m<sup>3</sup> doivent être extraits de cette carrière de 6 ha. Le tout-venant silico-calcaire provenant des colluvions supérieures est extrait à la pelle mécanique et gerbé du haut du front de taille. Le mode d'extraction choisi pour les enrochements est l'abattage à l'explosif. Les matériaux, repris en pied de falaise par un chargeur ou des pelles, sont déversés sur des aires de stockage avant transport (photo 8). Ce mode d'exploitation permet une ségrégation naturelle par la gravité.

Afin de prévenir toute nuisance, un seul tir est effectué par jour ouvré, à heure fixe. De plus, la valeur de vitesse particulière de l'onde vibratoire a été volontairement limitée par Sotraga à 7,5 mm/s, et à chaque tir de mine, des capteurs placés dans le hameau permettent de vérifier que le seuil n'est pas dépassé.

Les explosifs ne sont pas stockés sur le site mais livrés en flux tendu. Des espaces non déboisés ont de plus été délimités en accord avec le Conservatoire de la flore du littoral ; mais le plus gros atout du projet reste la promesse de réhabilitation environnementale du site par Sotraga : le nouveau front de taille, conçu comme une encoche dans l'ancien, permettra la création d'une zone humide, de type vasière, et d'une prairie herbeuse talutée. Ces deux espaces constituent une chance unique pour le développement d'espèces végétales menacées ou d'espèces animales plus ou moins fragiles (rapaces, oiseaux de milieux humides et chauves-souris notamment). Ainsi donc, à l'issue de la période de 5 ans, Sotraga et GTM auront réussi la gageure de contribuer à la protection de l'environnement en ouvrant une carrière.

### **Transport**

Dans le prolongement des mesures évoquées plus haut, GTM Terrassement a opté pour un transport des matériaux par bateaux entre les carrières et le chantier : un appontement sur le site de Trouville-la-Haule permet le chargement direct de barges



**Photo 8**  
**La carrière**  
**de Trouville-La-Haule**  
*The Trouville-La-Haule*  
*quarry*



**Photo 9**  
**Au premier plan : quai maritime provisoire, déchargement d'enrochements durs.**  
**En arrière plan : quai fluvial provisoire, déchargement d'une barge de tout-venant silico-calcaire**

*In the foreground : temporary maritime quay, unloading of hard rockfill.*  
*In the background : temporary river quay, unloading of a barge of silico-calcareous crusher-run material*

depuis le carreau de la carrière. Ces barges, poussées sur la Seine et le canal de Tancarville, sont déchargées directement dans le port du Havre, à proximité du chantier. Pour les enrochements durs, un caboteur effectue la navette entre les ports de Cherbourg et du Havre. Les avantages de ce choix sont multiples :

- ◆ la commune de Trouville-la-Haule n'est pas perturbée par de fréquentes allées et venues de camions ;
- ◆ les barges et caboteurs, de forte capacité, permettent de réaliser d'importantes économies d'échelle par rapport à une solution routière ;
- ◆ ils garantissent un approvisionnement régulier et continu.

D'importants travaux d'aménagement du chantier ont été entrepris pour faciliter le déchargement des différents matériaux : deux quais provisoires (photo 9) ont été créés par EMCC au fond de la darse de l'Océan, et un pont provisoire doit être mis en place pour sécuriser le franchissement de la route de l'Estuaire et de la voie ferrée parallèle.

**Photo 10**  
Les premiers mètres  
de digues de Port 2000

*The first metres  
of Port 2000 breakwaters*



## Les matériaux sablo-graveleux issus du dragage

### Extraction

Le phasage et le zonage des opérations de dragage sont eux aussi les fruits d'une importante réflexion qui s'appuie sur les rapports géologique et géotechnique (figures 4 et 5) :

- ◆ constitution du soubassement du casier Est avec le TV graveleux dragué jusqu'à environ - 15 m CMH par la DSD dans la zone sud-est du cercle d'évitage ;
- ◆ purge de la couche superficielle sableuse sur une partie du chenal intérieur et du cercle d'évitage. Le matériau dragué remblaye hydrauliquement le casier Est ;
- ◆ dragage par la DSD, jusqu'à - 15 m CMH, du TV graveleux découvert, qui constitue les soubassements du casier central ;
- ◆ dragage par la DSD, jusqu'à - 10m CMH, du reste du chenal intérieur ainsi que des zones de part et d'autre ("surlargeurs"), et de la partie sud-est du chenal d'accès ; le TV sableux récupéré remblaye le casier central ;
- ◆ mise en stock, dans les surlargeurs et le chenal intérieur, d'une partie du TV graveleux dragué dans le cercle d'évitage, idem avec une partie des matériaux graveleux dragués à l'ouest par les DAM. Clapage du reste à Octeville ;
- ◆ reprise par la DSD du TV graveleux stocké, et utilisation pour la suite des soubassements et plages (digues nord, ouest, et début de la digue sud) ;
- ◆ dragage puis clapage à Octeville du TV sableux par les DAM qui poursuivent leur campagne à l'extrême ouest ;
- ◆ dragage du TV graveleux découvert en vue de clapages et d'un nouveau stockage dans les surlargeurs ;

- ◆ dragage des souilles des musoirs et remblaiement du casier central ;
- ◆ reprise, par la DSD du TV graveleux stocké dans le chenal intérieur, pour achever le soubassement de la digue sud ;
- ◆ mise en dépôt à Octeville (sauf une partie clappée dans les surlargeurs) des matériaux sableux et graveleux récoltés par les DAM.

### La valorisation sélective et la valorisation ultérieure des matériaux

La valorisation des produits du dragage en fonction de leur granulométrie a déjà été évoquée. Il est cependant bon d'ajouter qu'une étude de la contamination des formations marines, notamment par les métaux lourds, a mis en évidence la pollution d'une partie des sables au sud de la CIM. Bien qu'à peine 1 % (environ) du total des matériaux à draguer soit concerné, le phasage du projet intègre ces données en empêchant le clapage du TV sableux contaminé, et en privilégiant la mise en remblai, qui équivaut à un retrait pur et simple des matériaux pollués de l'écosystème estuarien.

GTM Terrassement a également proposé au port une valorisation différée du tout-venant graveleux : la création de "surlargeurs" à l'entrée du futur bassin va en effet permettre le stockage sous l'eau (des cotes - 10 m CMH à - 2,5 m CMH), d'une importante quantité de matériau graveleux qui aurait dû être mis en décharge à Octeville selon le projet d'origine. Ces matériaux facilement accessibles, à l'abri des digues de protection, sont mis à la disposition du PAH pour les travaux à venir.

## CONCLUSION

Le chantier de Port 2000 est finalement exceptionnel à plusieurs égards : par son ampleur, bien sûr, mais aussi et surtout par le défi qu'il représente sur le plan de l'environnement et de la communication. Chantier sensible, soumis à une pression médiatique non négligeable, le droit à l'erreur y est faible pour les entreprises exécutantes. Dans ce contexte, le projet de DPAM 2000 n'a été retenu que grâce à l'intention affichée de GTM et de ses cotraitants de faire leurs engagements du maître d'ouvrage vis-à-vis de la collectivité.

En matière de communication interne et d'intégration aux différents groupes, Port 2000 offre également l'occasion de resserrer les liens : pour GTM Terrassement, par exemple, l'appui sur les filiales et implantations locales a joué un rôle essentiel dans la mise en place de l'offre et dans sa réalisation (exploitation de carrière, chantiers "annexes"...). Enfin, pour l'ensemble des entreprises de Vinci présentes sur le chantier, il s'agit de mettre en avant leur "esprit de groupe", pour le plus grand bénéfice du projet.

Grand projet en ce début de millénaire, Port 2000

sera aussi une aventure qui ne fait que commencer.

Si le chantier n'a pas la complexité de certains grands ouvrages, il sera un défi permanent aux éléments marins : les vents d'ouest et de sud avec leurs cortèges de houles reviennent plus souvent que l'entreprise ne le souhaiterait. L'équipe est à peu près au complet, les matériaux arrivent, les premières difficultés aussi. Rendez-vous dans deux ans pour un article sur ce qu'aura été la construction de Port 2000.

## ■ DERNIERS PROGRÈS DU CHANTIER (AVRIL 2002)

(photo 10)

A l'heure actuelle, la planche d'essai a été réalisée sur près de 180 ml. Cette première phase a nécessité 9 600 m<sup>3</sup> de graves draguées pour la constitution du noyau, et 130 000 m<sup>3</sup> pour le souassement, 11 700 m<sup>3</sup> de tout-venant silico-calcaire, et 2 000 t d'enrochements durs. Les méthodes de travail retenues au départ semblent donc être les bonnes et permettent d'envisager la fin du chantier dans les délais prévus, alors que la mise au point de la procédure de réception par pelle GPS se poursuit.

### ABSTRACT

#### Le Havre - Port 2000 Work has begun on protection and sea access channel breakwaters

S. Londres

The international Port 2000 project of Port Autonome du Havre is dedicated specifically to container traffic. It should make it possible, until at least 2020, to cope with the new demand from maritime carriers. Following extensive public debate and an in-depth impact study, the first work phase was initiated. It will lead, in 2004, to the creation of four additional berths for container ships. This initial work phase includes the construction of 1,400 linear metres of quays, but also the development of numerous breakwaters and a new sea access channel, or again the establishment of more efficient land access systems. Among the first works undertaken, the contract for protection and sea access channel breakwaters, awarded to a consortium led by GTM Terrassement, requires the pooling of expertise and very strict materials management.

### RESUMEN ESPAÑOL

#### Le Havre - Puerto 2000 Inicio de las obras de protección y accesos marítimos

S. Londres

El proyecto de envergadura internacional que lleva por título Puerto 2000, del Puerto Autónomo de Le Havre, está destinado al tráfico de contenedores. Una vez terminado, debería permitir, por lo menos hasta el año 2020, hacer frente a la nueva demanda de los transportistas marítimos. Tras un importante debate público y un estudio de impacto de largo alcance, se ha iniciado ya la primera etapa de obras, que tendrá como resultado, en 2004, la creación de cuatro atracaderos suplementarios para los buques de transporte de contenedores. Esta etapa preliminar de obras incluye la construcción de 1.400 m de muelles, así como la creación de numerosos diques y de un nuevo acceso marítimo, e incluso la implantación de comunicaciones terrestres de mayor capacidad. Entre las primeras obras ya

emprendidas, el contrato de los diques de protección y de los accesos marítimos (DPAM), atribuido a una agrupación de empresas de las cuales GTM Terrassement actúa como apoderado común, precisa aunar los numerosos conocimientos y experiencias así como una gestión rigurosa de los materiales.



La maîtrise des inondations ou tout au moins l'atténuation de leurs effets passe certes par la création d'ouvrages de lutte contre les crues mais aussi par la prise de conscience que l'action de l'homme peut aggraver des situations de crues potentielles. Au travers de deux exemples de chantiers, sur deux cours d'eau profondément différents, on constate que la réalisation de mesures compensatoires a été rendue nécessaire suite à l'action préalable de l'homme qui a modifié l'équilibre naturel.

Dans le premier cas, sur le Rhin, on a restitué au fleuve d'anciennes zones d'expansion des crues perdues suite à la canalisation de celui-ci au travers de polders, un système élaboré de digues, d'ouvrages de prise et de restitution et autres bassins de dissipation d'énergie.

Dans le deuxième cas, une rivière plus paisible, l'Allan dans le département du Doubs, a vu un tronçon réaménagé par rétrécissement de la largeur déversante d'un seuil, ce afin de retenir les crues en amont d'une ancienne zone d'expansion naturelle des crues complètement urbanisée.

# Aménagements hydrauliques

## La maîtrise de l'eau, locaux

Un des grands desseins des activités de travaux publics a longtemps été d'adapter l'environnement à notre cadre de vie. Aujourd'hui, dans une optique de développement durable, une tendance inverse se profile puisqu'on cherche plutôt à adapter notre cadre de vie à l'environnement. La gestion de l'eau en est un exemple patent : hier on construisait de grands barrages, souvent à des fins énergétiques, parfois au détriment de l'environnement naturel. Hier on urbanisait à tout va, régulièrement à l'encontre de l'écoulement des eaux ou du stockage naturel des eaux de crue.

Aujourd'hui, les dégâts liés à l'eau font souvent la une de l'actualité, surtout s'ils sont liés à des excès d'aménagement. Ainsi, actuellement, certains projets montrent que l'on cherche à atténuer leur ampleur par la création d'ouvrages compensatoires de dimensions humaines.

Au travers de la description de deux chantiers de ce type réalisés dans l'Est de la France par GTM Terrassement, groupe VINCI, cet article présente la nature des travaux et les dispositions retenues sur des exemples qui, malgré leurs multiples différences, ont tous deux pour but de protéger l'homme contre les caprices de l'eau.

### ■ EN ALSACE, LE POLDER D'ERSTEIN (BAS-RHIN)

Les aménagements touchant au Rhin ont depuis toujours émaillé l'histoire de GTM Construction. D'abord dans les années 1930, avec la direction du consortium chargé des travaux de la centrale de Kembs sur le Rhin – la plus grande centrale basse chute de France, une des plus puissantes au monde –, jusqu'au début des années 1990, avec la

mise à grand gabarit du canal du Rhône au Rhin entre Mulhouse et Niffer. Ceci pour aboutir à la fin des années 1990, avec le polder d'Erstein.

La canalisation du Rhin sur la partie franco-allemande de son cours (de Bâle à Rastatt, à 40 km au nord de Strasbourg), rend cependant, en protégeant les riverains de ce tracé, les phénomènes de crues plus aigus à l'aval de cette zone. Ainsi a été retenu le principe de rendre au Rhin une partie de ses anciennes zones d'inondation. La réalisation des trois lots de travaux décrits ci-après, faisant suite à des travaux similaires réalisés peu avant au polder de la Moder à l'aval de Strasbourg, résulte de la convention franco-allemande de 1982 qui définit le principe construction de ces zones de rétention des eaux des crues du Rhin dénommées polders. Ce lexique peut sembler étonnant, chacun sait en effet que le terme polder désigne, en particulier aux Pays-Bas, des terres gagnées sur la mer. Ici, en fait, l'appellation provient de l'allemand "*Taschenpolder*", autrement dit polder en forme de poche. La construction de ces ouvrages s'est déroulée de 1997 à 2001. La maîtrise d'ouvrage revenait à Voies Navigables de France tandis que la maîtrise d'œuvre était confiée au Service de la Navigation de Strasbourg.

L'ouvrage permet de retenir un volume de l'ordre de 8 millions de mètres cubes sur 560 hectares lorsque le Rhin entre en crue. Le remplissage se fait au moyen d'ouvrages de prise en moins d'une journée. Ils sont au nombre de deux : un ouvrage de prise principal et un ouvrage de prise secondaire. Après le passage de la crue, l'eau est restituée au moyen d'ouvrages de vidange.

La réalisation des travaux des tranches II (ouvrages de vidange principal et secondaire), III (ouvrage de prise principal) puis IV (ouvrage de prise secondaire) a été confiée à un groupement d'entreprises composé de GTM Terrassement (terrassements et pose d'enrochements), GTM Génie civil et Services (ouvrages en béton) et Durmeyer (palplanches).

### Un chantier technique

La tranche II était le lot qui comportait le moins de difficultés techniques. Elle comprenait plus précisément :

- ◆ le rehaussement de digues à l'aide d'un matériau sablo-graveleux provenant soit de gravières, soit du site ;
- ◆ la protection des sorties d'ouvrages de vidange par enrochements percolés au béton ;
- ◆ la protection des talus de digues à l'aide de géo-

Polder d'Erstein : bassin dissipateur d'énergie en travaux

Erstein polder : stilling basin undergoing work





# enjeu de projets

grille tridimensionnelle agrafée au talus et recouverte de terre végétale.

La tranche III présente plus de spécificités techniques dans la mesure où les terrassements en présence d'eau étaient majoritaires.

L'ouvrage de prise se situe dans l'emprise de la digue de Rhin. Il consiste en cinq dalots de 20 ml (transversalement à l'axe de la digue) par 4 m de largeur et 2 m de hauteur coulés en place et dont la mise en fonctionnement est commandée par un système de vantellerie. Cet ouvrage a généré de faibles quantités de terrassement (moins de 5000 m<sup>3</sup>) mais ce furent les plus délicates. Les parties annexes consistaient en l'aménagement du bassin dissipateur d'énergie, la création de pistes, la protection de berges et digues.

L'exécution de l'ouvrage de prise a nécessité un phasage et une coordination très précises entre les entreprises chargées des terrassements, du battage de palplanches et du bétonnage de l'ouvrage. En phase provisoire, l'ouvrage a été divisé en trois caissons de palplanches. La difficulté des terrassements réside dans le fait de devoir extraire des matériaux jusqu'à 10 m sous la crête de digue avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre 8 m. La nécessité de travailler à travers le réseau de butonnage des palplanches a occasionné l'usage d'une pelle hydraulique équipée en benne preneuse. Le contrôle altimétrique du niveau de terrassement ainsi que le nettoyage des palplanches dans les zones non accessibles par l'engin de terrassement ont été réalisés grâce à une équipe de scaphandriers. Une autre phase délicate du chantier a été la pose des enrochements de protection à l'amont de l'ouvrage, côté Rhin. Cet ouvrage avait une largeur de 3,00 ml comptés à partir du rideau provisoire de palplanches. La pose étant impossible depuis l'ouvrage en construction, il a fallu aménager une piste provisoire dans le lit du fleuve afin d'approvisionner les enrochements par tombereaux et d'assurer leur pose grâce à une pelle hydraulique de 20 tonnes dans les meilleures conditions de sécurité.

La tranche IV est similaire mis à part que l'ouvrage est de dimensions plus restreintes. L'ouvrage entre en service dès que le Rhin dépasse 1500 m<sup>3</sup> par seconde alors que l'ouvrage de prise principal ne s'actionne qu'à partir de 3500 m<sup>3</sup> par seconde.

## Une approche écologique des travaux

Il faut tout d'abord noter que le polder se situe en partie dans une zone classée en réserve naturelle.



Vue générale du polder d'Erstein  
General view of the Erstein polder

### POLDER D'ERSTEIN

#### Principales quantités sur les trois tranches

- Déblais : 70 000 m<sup>3</sup>
- Remblais : 100 000 m<sup>3</sup>
- Pose d'enrochements : 10 000 m<sup>3</sup>



Polder d'Erstein : bassin dissipateur achevé  
Erstein polder : completed stilling basin

Outre la réalisation des travaux sous le régime d'un plan d'assurance environnement (GTM Terrassement, certifié ISO 14001 dispose d'un service environnement depuis 1994 et d'un système de management environnemental depuis 1995) qui a été un gage de respect de l'environnement en phase travaux. La conception même de l'ouvrage s'est opérée dans cet esprit : notamment, les protections de berges du bassin dissipateur d'énergie, ont été réalisées par une nappe tridimensionnelle bitumineuse végétalisable de 5 cm d'épaisseur : ce produit se substitue aux enrochements grâce à sa structure qui lui permet de résister à une érosion violente et permet une végétalisation puisqu'un engazonnement, préalable à la pose doit être prévu. Le gazon pousse tout simplement à travers la nappe. Egalement, les matériaux non réutilisables au sens



Polder d'Erstein : détail des protections des berges  
Erstein polder : detail of bank protection systems

Allan : reprise  
batardeau aval  
Allan : repair of cofferdam  
downstream



Allan : bétonnage des enrochements.  
Mise en place des barbacanes

Allan : rockfill concreting.  
Installation of weep holes



Allan : vue aérienne phase provisoire  
Allan : Aerial view of provisional phase

## SEUIL SUR L'ALLAN

### Principales quantités

- Déblais : 44 000 m<sup>3</sup>
- Remblais pour digues : 25 000 m<sup>3</sup>
- Remblaiement du seuil : 15 000 m<sup>3</sup>
- Déroctage ancien seuil : 2 500 m<sup>3</sup>
- Pose d'enrochements : 7 000 m<sup>3</sup>
- Béton pour liaisonement des blocs : 700 m<sup>3</sup>
- Rideau parafouille type PU12 : 20 t

## EN FRANCHE-COMTÉ, LE SEUIL SUR L'ALLAN (DOUBS)

Si le chantier décrit précédemment est une partie d'un ensemble de dispositifs visant à combattre les crues d'un fleuve pouvant atteindre 4 500 m<sup>3</sup>/s, l'ouvrage sur l'Allan diffère dans le sens où c'est un ouvrage isolé traitant une pathologie locale sur une rivière dont le régime courant fait apparaître des débits de l'ordre de 10 à 15 m<sup>3</sup>/s. Le fondement du projet est de mettre en place des mesures compensatoires à l'amont d'une ancienne zone d'expansion des crues qui a perdu sa fonctionnalité naturelle suite au remblaiement de celle-ci par plusieurs centaines de milliers de mètres cubes dans le cadre de la création de plates-formes d'une zone d'aménagement concerté.

Ce chantier réalisé entre 2000 et 2001 était sous maîtrise d'ouvrage Communauté d'agglomérations du Pays de Montbéliard. Quant à la maîtrise d'œuvre, elle était assurée par le bureau d'études hydrauliques Sogreah.

## Description du projet

La rivière ayant perdu une zone d'expansion de crue, elle menaçait, suite à l'aménagement de la ZAC, d'inonder des zones urbanisées plus à l'aval. Le principe était alors de retenir par l'intermédiaire d'un seuil ces eaux à l'amont de la ZAC dans des zones rendues inondables en créant en quelque sorte un nouveau lit majeur.

Ici, à la différence du chantier précédent, il n'a pas été choisi de profiter d'une zone bordant le cours de la rivière et alimentée en fonction d'une intervention humaine : on a tout simplement réaménagé un seuil existant de façon à modifier le comportement de la rivière, le système est donc autonome. En effet, sur le site d'un seuil situé à environ à 1 km de la zone où ont été aménagées les plates-formes, la largeur du lit mineur de la rivière a été réduite de 50 m à 20 m. Seule la largeur du nouveau seuil diffère, le calage altimétrique ne varie pas.

Les 30 m neutralisés ont été remblayés selon un mouvement de terre particulier qu'il s'agisse de zones sous eau, du nouveau bajoyer du seuil ou des nouvelles berges. Associé à un réseau de 1 500 m de digues érigées en rives amont gauche et droite de la rivière, le dispositif permet de modifier la loi hauteur/débit de la rivière et de recréer une zone d'expansion préférentielle des crues, à l'amont du seuil.

## Exécution des digues

Nous ne nous attarderons pas sur l'exécution des digues (largeur en crête de 3 m et talus portant un fruit de deux pour un) dont la mise en œuvre ne présente pas de particularités, seule la nature des matériaux mis en œuvre a pu être problématique. En effet, le marché prévoyait la reprise d'un stock de matériaux issus d'un chantier de terrassement routier classés A2 au sens du GTR mis à disposition par le maître d'ouvrage. Lors de la reconnaissance géotechnique préliminaire, il s'est avéré que la teneur en eau de ces matériaux, non compactés lors de leur mise en stock, les rendait inaptes à un emploi en digue et qu'une amélioration de celle-ci était impossible, notamment au regard de la période climatique de réalisation des travaux. Une alternative consistant en l'extraction de matériaux du site a été étudiée. Profitant d'emprises importantes (plusieurs hectares), d'une nature de sols compatibles, et surtout de l'intérêt porté par une association écologiste à l'aménagement de la zone naturelle jouxtant le projet, il a été possible de retrouver un potentiel en matériaux par l'aménagement de berges de mares et en élargissement de fossés. Le mouvement de terre et la gestion des circulations ont été incidemment modifiés mais ceci a permis de pallier une forte partie du déficit en matériaux.



Allan : seuil terminé  
Allan : completed crest

## Reconstruction du seuil

Dans un délai très tendu lié à la nécessité de reconstruire le seuil en période d'étiage, il a fallu créer un batardeau cernant l'enceinte du nouveau seuil, en raison de l'impossibilité physique de dévier le cours de la rivière. Face aux diverses solutions dont le batardage sous palplanches, il a été retenu d'exécuter un batardeau en matériaux du site. Au-delà d'une grande souplesse d'exécution, celui-ci présente d'autres intérêts :

- ◆ le batardeau longitudinal (à savoir dans l'axe de la rivière, sensiblement au milieu du lit) a pu être construit dans l'emprise même du nouveau bajoyer. Ainsi, une partie définitive du projet jouait le rôle de disposition provisoire, ce qui est toujours appréciable ;

- ◆ le batardeau transversal amont a pu servir de plate-forme de battage pour la réalisation du rideau parafouille.

Ainsi, les opérations suivantes, d'une durée de l'ordre de 3 mois, ont pu se dérouler à l'abri de l'eau, avec l'assistance d'une pompe fonctionnant 24 heures sur 24 :

- ◆ déroctage de l'ancien seuil à l'aide d'une pelle hydraulique de 20 t équipée en brise-roche hydraulique ;

- ◆ battage et recépage du rideau de palplanches parafouille amont ;

- ◆ terrassement du nouveau coursier et de la bêche de pied (organe de stabilisation situé à l'aval immédiat du coursier remblayé en enrochements calibre 500/1500 kg ; le fond de fouille se situant à 4 m sous le niveau du plan d'eau aval) ;

- ◆ mise en œuvre du drain en matériaux du site sur 60 cm (la solution alternative d'extraction sur site a permis également de valoriser des matériaux graveleux qui ont pu être substitués aux blocs calibre 5/25 kg prévus initialement) ;

- ◆ pose des enrochements calibre 500/1500 kg du coursier et des bajoyers droite et gauche sur une épaisseur de 1,50 m et bétonnage ;

- ◆ mise en place manuelle de barbacanes orthogonalement au plan du coursier pour limiter les sous-pressions.

## ABSTRACT

### Hydraulic engineering. Water management and local projects

Fr. Giroud

**Flood control, or at the very least attenuation of the effects of flooding, no doubt involves the creation of flood control structures, but also developing awareness of the fact that the action of man may aggravate potential flood situations. Through two examples of projects, on two very different watercourses, one observes that offsetting measures had to be taken following the prior action of man, who modified the natural balance.**

**The first case, on the Rhine, involved restoring to the river former flood spreading areas lost following channelling of the river through polders, an elaborate system of dykes, diversion and recovery structures and other stilling basins.**

**In the second case, a more peaceful river, the Allan in the Doubs region, had a section redeveloped by narrowing the width of a weir crest, to retain floods upstream of a former natural flood spreading area, now completely urbanised.**

## RESUMEN ESPAÑOL

### Aprovechamientos hidráulicos. El dominio del agua, envite de los proyectos locales

Fr. Giroud

**El control de las inundaciones, o, por lo menos, la atenuación de sus efectos precisa, sin duda alguna, la creación de estructuras de lucha contra las avenidas, así como también la concienciación de que la acción del hombre puede gravar situaciones de avenidas potenciales. Por medio de dos ejemplos de obras, ejecutadas en los ríos sumamente diferentes, se comprueba que la ejecución de medidas compensatorias se ha demostrado necesaria a raíz de la acción preliminar del hombre que ha tenido como resultado la modificación del equilibrio natural.**

**En el primero de los casos, en el Rin, se han restituido al río antiguas zonas de expansión de las avenidas permitidas a raíz de la canalización de éste por medio de polders, un sistema com-**

pleto de diques de toma y de restitución y otras cuencas de disipación de la energía.

En el segundo caso, un río más tranquilo, el Allan, en el departamento del Doubs, se ha reacondicionado un tramo por estrechamiento de la anchura vertiente de un umbral, y ello con objeto de contener las avenidas procedentes de aguas arriba de una antigua zona de expansión natural de las avenidas que en la actualidad está completamente urbanizada.



**M**onsieur Broto, directeur de la Construction de la société Cofiroute, m'a confié l'aménagement paysager de l'élargissement de l'autoroute A10.

En effet, lors de sa construction déjà fort ancienne, pour des raisons économiques, les terrassements furent traités au plus court, c'est-à-dire en limitant au possible le transport des matériaux et ceci, en les reportant directement sur les côtés qui furent donc rehaussés et constituèrent des bourrelets souvent le long du parcours, ce qui à l'évidence obturait les champs visuels latéraux.

L'élargissement de l'A10 n'était-il pas l'occasion d'améliorer les vues de ceux qui empruntent l'autoroute, qu'ils soient riverains ou visiteurs venant parfois de très loin, en modifiant les traitements des terrassements latéraux. Les bourrelets étant déjà éliminés par l'élargissement lui-même.

Il faut aussi se souvenir qu'à cette époque où les paysages de mer et de montagne suscitaient l'attention, ceux de la plaine considérés comme trop plats ne pouvaient pas être envisagés comme porteurs d'émotions.

Au-delà du transit, l'autoroute assume de plus en plus son rôle culturel de découverte des différents paysages de la France. Ainsi en est-il aujourd'hui de la plaine qui, par les contraintes du profil en long de la voie, met en évidence le jeu subtil des faibles pentes qui, non parallèles, s'enchevêtrent puis se démêlent successivement selon la vitesse du véhicule au long de ce parcours.

Ce sont les visiteurs étrangers, plus particulièrement les Japonais, que ces vastes étendues aux mouvements doux émeuvent, qui nous ont amenés à les regarder sensiblement. En effet, ils ne disposent pas dans leur pays de montagnes et de mer de grandes plaines.

La mission du paysagiste se développe sur deux thèmes : les terrassements et les plantations.

En ce qui concerne ces derniers, nous partirons de l'hypothèse que, compte tenu du paysage où la voie passe, la vue sera meilleure si la voie peut être lé-

gèrement surélevée par rapport au contexte (ici pour augmenter la visibilité d'un environnement à dominante plate) (B).

La surélévation devrait être de l'ordre de 1,00 m à 1,50 m. Cette hauteur permet tout à la fois d'avoir l'impression de rouler au niveau des surfaces environnantes, de les voir et d'apercevoir les lointains. Si cet effet ne peut être obtenu directement, un travail de terrassement des emprises permet d'y pallier.

Dans certains cas, précisément en creusant latéralement le long de la voie prévue, puis suivant les méthodes déjà mises au point en faisant disparaître les remblais et surtout dans ce cas les dépôts, s'il en reste, placés directement sur l'emprise au moment de la réalisation (C).

La démarche d'élargir le champ visuel, par abaissement des dépôts et des déblais à 0,50 m de hauteur maximum, est à privilégier pour assurer l'impression de platitude et d'ampleur de la plaine, très appréciée par les visiteurs étrangers (D).

Parallèlement à l'ouverture des vues, par abaissement des reliefs latéraux qu'ils soient déblais ou dépôts, l'élargissement amènera l'abattage des plantations linéaires sur l'emprise à l'exception des beaux sujets. En effet une végétalisation linéaire ne correspond pas au caractère paysager du pays parcouru particulièrement entre Meung et Blois. C'est en effet une plaine sans référence aux haies bocagères. Par contre, comme son survol nous l'a clairement montré, celle-ci est ponctuée ici et là de parcelles boisées, aux formes de la famille du rectangle.

Je propose donc, sauf dans les cas de protection acoustique ou visuelle, de constituer – une fois les vues réalisées autour des sujets retenus – des îlots arborés en écho à ceux qui seront perçus de l'autoroute, le plus possible perpendiculaire à la voie.

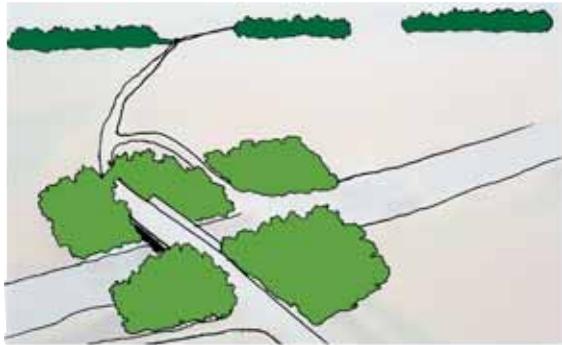
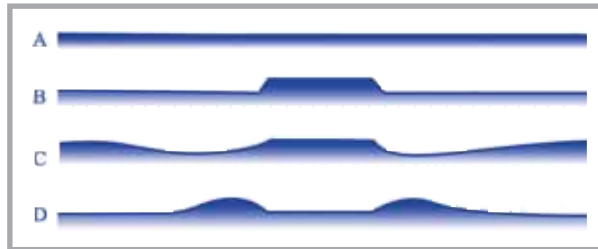
Ces plantations peuvent être aussi l'occasion d'îlots plus vastes, aux formes plus ou moins rectangulaires, ceci concerne les surfaces autour et toutes proches des PS et de celles des délaissés qui semblent, sous réserve de vérification, assez nombreuses tout au long de ce parcours.



# Elargissement de l'A10

## Les îles végétales dans l'océan de la plaine

Cette ponctuation par îlots sera étudiée de manière à constituer un rythme pour l'automobiliste. Par exemple il y sera inclus la traversée de la rivière Brenne qu'il conviendra tout à la fois de rendre visible, tout en maintenant la présence de l'île végétale.



PS 121 / 27 - PK 178  
Constitution d'un îlot autour d'un PS avec délaissés.



Exemple d'une île végétale réalisée au P.K. 148.000



## LES DEBLAIS

### Hauteur du haut de versant des déblais

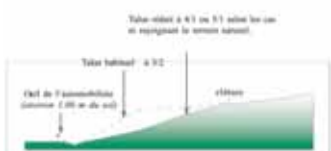


A partir d'un mètre l'automobiliste ne perçoit plus les terrains alentours sauf s'il s'est en pente montante.



Pour maintenir la perception en terrain plat, une hauteur maximum de 0.50 m pour le haut de déblais est nécessaire. Il convient de tenir compte de la hauteur moyenne des herbacées et de leurs coupes d'où la différence entre la hauteur de l'œil de l'automobiliste et celle demandée pour le haut du déblai.

### Réduction des déblais

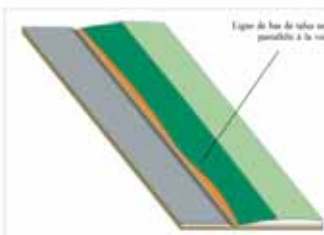
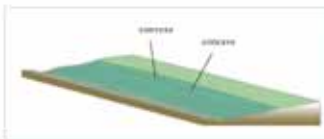
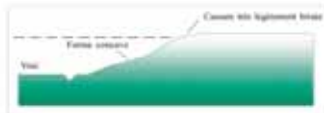


Dans le cas d'une emprise suffisamment large, nous réduisons le talus habituel de 3/2 à 4/1 ou 5/1 selon le relief existant.



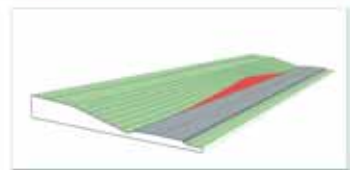
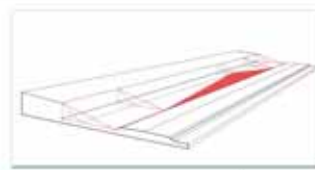
Exemple de terrassement : échangeur d'Ecomomy - A.28 - COFROUTE

### Introduction du concave en complément du piétement de talus



### Introduction du concave par variation du piétement de talus

Sur la base d'un haut de talus établi à partir d'une pente de 4/1, on peut ne pas traiter le piétement du talus parallèle à la route, mais l'écarter jusqu'à une pente de 3/2 (pente technique). Ceci permet d'obtenir une surface de talus gauche introduisant un ou des mouvements concaves.



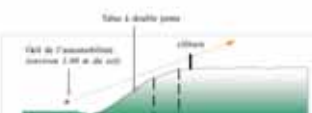
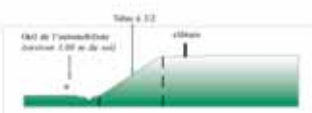
Aménagement paysager, végétalisation et terrassement au PK. 76.500 A.85 M2 - COFROUTE



Exemple de terrassement : A.85 - COFROUTE

## LA DOUBLE-PENTE

### Principe de la double-pente en déblai dans un terrain « plat ».



Dans le cas d'une emprise réduite, nous appliquerons au talus à 3/2, un système de double-pente, l'angle de la pente étant lié au champ visuel. La double-pente devient une transition naturelle (mais faussée) entre le talus artificiel et le terrain naturel.



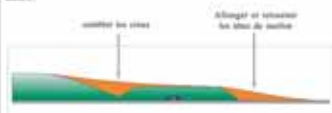
Végétalisation et terrassement A.85 COFROUTE

## LES MERLONS

### On transforme les merlons en déblais.



Quand un merlon suit la fin d'un déblai il se forme un creux entre les deux.



Il convient donc de combler ce creux. En associant ce principe à l'allongement des terminaisons, on peut parvenir à faire disparaître le merlon, et restaurer la ligne d'horizon.

Quand le merlon longe une pente descendante on ne peut éviter d'accroître son caractère artificiel.



Dans ce cas on accentue son caractère artificiel par la végétalisation.

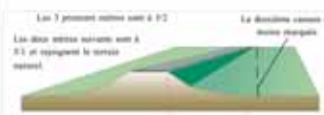
## LES PASSAGES SUPERIEURS

### Principe de talus pour les P.S.

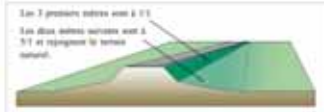
Déplacement de la perception entre talus artificiel, et terrain naturel.



P.S. pente générale à 3/2 (hauteur théorique = 5 m)



P.S. pente adoucie dans sa pente finale.



P.S. pente raide à 1/1 dans sa première partie et adoucie dans sa pente finale.

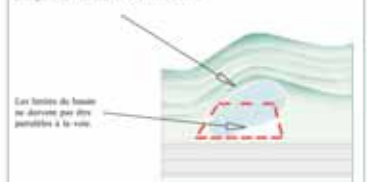


Exemple de terrassement et de plantations Echangeur de Theillay A.85 COFROUTE

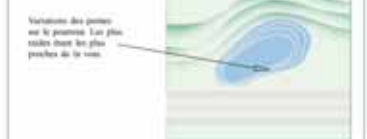


## LES BASSINS

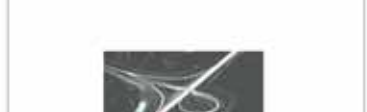
Inscription dans les courbes de niveau bassins.



Les limites de bassin ne doivent pas être parallèles à la voie.



Variation des pentes sur le passage. Les plus raides dans les plus proches de la voie.



# A20 - Cahors Sud/Cahors Nord (Lot/Cahors Nord)

## Hauts déblais, grands remblais

**Jean-Marc Rochette**



RESPONSABLE  
TECHNIQUE  
Eiffage Construction - Pôle  
Terrassements

Dans le cadre des travaux de réalisation de l'autoroute A20, reliant Brive à Montauban, le groupement d'entreprises Fougerolle Ballot, Forézienne d'Entreprises et de Terrassements, BEC Frères et TP Tinel a été retenu pour effectuer les terrassements du TOARC 2.2 (Le Lot - Cahors Nord). Les entreprises ont reçu l'ordre de service le 27 Juillet 2000, sous maîtrise d'ouvrage ASF et maîtrise d'œuvre Scetauroute Centre Sud-Ouest. Les ouvrages d'art ont été réalisés par le groupement d'entreprises. Les chaussées des rétablissements de communication ont été attribuées à Colas. Les reliefs abrupts trouvés par l'autoroute conduisent à des hauteurs de déblais et de remblais exceptionnelles que l'on peut concentrer en trois chiffres : longueur du tracé 7 km, volume des déblais 6 000 000 m<sup>3</sup>, hauteur du plus grand remblai 56 m. L'architecte a su utiliser la profondeur des tranchées réalisées en dessinant deux ponts à béquilles. Des moyens importants tant humains (350 personnes) que matériels (110 machines) ont dû être mobilisés pour que le délai (22 mois) soit respecté.

Devant l'importance du chantier et des difficultés du travail à réaliser, les entreprises ont su réunir et mettre en place une structure capable de prendre en charge la technicité et la quantité des travaux. La conjugaison des talents a été la clef de la réussite du chantier dans le respect de la sécurité, de l'environnement et de la qualité.

### LES PRINCIPALES QUANTITÉS

#### Terrassements

- Déblai : 6 000 000 m<sup>3</sup>
- Remblai : 3 000 000 m<sup>3</sup>
- Explosif : 1 200 tonnes
- Couche de forme en grave 0/150 : 140 000 m<sup>3</sup>
- Couche de forme en GNT 0/20 : 45 000 m<sup>3</sup>

#### Ouvrages d'art

- 3 buses métalliques
- 2 passages supérieurs (PS)
- 1 passage inférieur (PI)
- 2 ponts à béquilles

## LE PROJET

### Présentation

Le chantier de l'autoroute A20 - TOARC 2.2 (Lot/Cahors Nord) fait partie de l'un des deux lots composant la dernière section de l'autoroute reliant Paris à Toulouse. Il se situe à une dizaine de kilomètres au nord de Cahors.

Les terrassements se divisent en deux zones distinctes séparées par les travaux de la tranchée couverte de Constans (hors marché) :

◆ zone sud, entre la vallée du Lot et le village de Constans. Le tracé démarre à son extrémité sud dans une ancienne terrasse alluviale du Lot et remonte progressivement vers Constans sur le causse. Il recoupe une succession de buttes et de combes, longe deux autres combes étroites avec des écoulements intermittents. Les déblais et remblais sont importants, ils atteignent des hauteurs de plus de cinquante mètres ;

◆ zone nord entre Constans et Cahors Nord. L'autoroute suit la RD7 et coupe une série de buttes et têtes de combes (en remblai : hauteur maximale 45 m ; en déblai 30 m).

La principale particularité de ce chantier est la hauteur exceptionnelle des déblais (55 m) et des remblais (56 m) (photo 1). Il en découle un volume de déblais peu commun pour la longueur (7 km) et des contraintes techniques particulières aux déblais et aux remblais de grande hauteur.



Photo 1  
Terrassement  
du déblai D158  
Larreguade

Earthworks  
for highway D158  
Larreguade earth cut

### Contexte géologique

Le chantier est situé essentiellement dans la formation de Francoulès (kimméridgien élevé). Il s'agit d'une alternance marno-calcaire de 170 m d'épaisseur que les travaux recoupent dans les deux tiers inférieurs. La formation est constituée de marnes grises alternant avec des bancs de calcaires plus ou moins bioclastiques.

Une analyse stratigraphique fine complétée par des sondages carottés a permis la sélection des déblais pour la fabrication de graves (couche de forme 0/150...).

A son extrémité sud, le chantier se termine dans





**Photo 2**  
Le remblai de Combel Peyrot R168 et le remblai de Coste Rital R165

*The Combel Peyrot R168 embankment and the Coste Rital R165 embankment*



**Photo 3**  
Piste descendant vers le sud du déblai de Larrenguede D158

*Track descending toward the south of the Larrenguede D158 earth cut*



les calcaires du kimméridgien basal surmontés par les alluvions anciennes du Lot. Ces calcaires micritiques blanchâtres et bioturbés ont un débit en blocs métriques.

La stratification régionale est globalement subhorizontale. Localement, des zones plissées montrent des pendages pouvant atteindre 30 à 50 degrés. Les matériaux rocheux sont de classe géotechnique R2 ou R3 (GTR, 1992). Ils donnent après extraction et mise en œuvre des matériaux de classe C2B3-C2B5 à D3.

La géologie rencontrée est perméable. Des venues d'eau notables sont présentes dans des zones faillées (D158 déblai de Larrenguede), les niveaux marneux font office d'écrans imperméables.

## Des remblais de grande hauteur

Les remblais du chantier sont des remblais de grande hauteur. En effet, leur hauteur en pied de talus aval varie entre 27 m et 56 m (R168 Combel Peyrot) (photo 2).

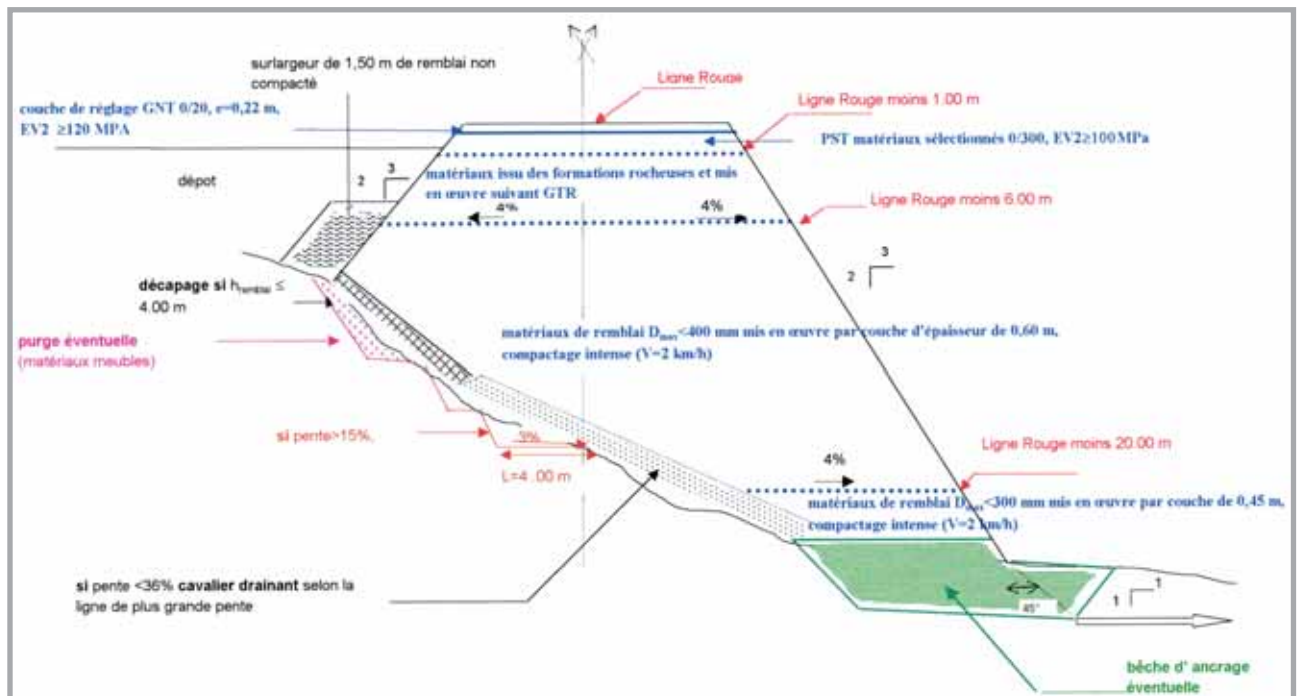
Des méthodes constructives spécifiques ont été adoptées du fait de la nature marneuse et calcaire des matériaux issus des déblais (figure 1). La réutilisation a pris en compte le risque d'évolution granulométrique en place après mise en œuvre pour se prémunir contre des déformations liées à l'éclatement ou à la fissuration d'une partie de la fraction blocailleuse du matériau. Il était impératif de mettre en œuvre un matériau à structure continue, à indice de vide réduit et granulométrie la plus étalée possible, sans ségrégation de façon à assurer un confinement suffisant de la fraction blocailleuse en la maintenant en place, sans déplacement possible même après éclatement ou fissuration. L'objectif est – à partir d'un matériau rocheux à ten-

**Tableau I**  
*Table I*

Volume des tirs	Tirs séquentiels
5 000 à 8 000 m <sup>3</sup>	Maille : 3,5 m * 3,5 m
	Hauteur : 6 m
	Foration : 115 mm
	Grammage : 325 g
	Explosif : nitrate fuel en vrac 60 %, encartouché 40%

**Figure 1**  
Schéma de principe de réalisation des remblais de grande hauteur. A20 - TOARC 2.2 (Lot/Cahors Nord)

*Schematic diagram of construction of very high embankments. A20 - Project Phase 2.2 (Lot/Cahors North)*



dance évolutive de classe R2 ou R3 (GTR 1992) après extraction – d’obtenir après mise en œuvre, un matériau à caractéristiques non évolutives permettant d’assurer les fonctions de stabilité et de faible déformabilité compatibles avec la qualité d’usage requise pour l’ouvrage. Le matériau est compacté avec des rouleaux vibrants de type VM5 avec une énergie intense de manière à avoir une densité supérieure à 21,5 kN/m<sup>3</sup>, suivant les modalités définies à la planche d’essais.

Trois niveaux de remblais définis dans le CCTP ont été réalisés (figure 1) :

- ◆ la partie supérieure entre ligne rouge et moins 6 m est constituée de matériaux issus des formations rocheuses et mis en œuvre suivant les recommandations du GTR (1992) à l’exclusion de la PST ;
- ◆ la partie centrale entre ligne rouge moins 6 m et ligne rouge moins 20 m constituée de matériaux ayant un diamètre maximum de 400 mm avec une épaisseur de couche de 0,60 m et compactage intense ;
- ◆ la partie inférieure entre l’assise de remblai et la ligne rouge moins 20 m constituée de matériaux ayant un diamètre maximum de 300 mm et mis en œuvre en couche de 0,45 m et compactage intense.

Tous les remblais ont fait l’objet d’une reconnaissance géotechnique complémentaire, d’une étude de stabilité et d’un dimensionnement d’une bêche de pied éventuelle.

## ■ LA RÉALISATION

### Les pistes de chantier

Des dénivelés allant jusqu’à 100 m entre le sommet des déblais et le pied des remblais ont nécessité la réalisation de pistes importantes dont le tracé et la qualité étaient essentiels pour garantir la production des échelons, la sécurité des personnes et l’impact sur l’environnement. L’une d’entre elles figure sur la photo 3.

### Le minage

Les déblais ont dû être minés à hauteur de 90 %. Les opérations de minage, qui conditionnent les cadences d’extraction en déblai, la blocométrie et la qualité des matériaux pour la mise en œuvre en remblai ont fait l’objet d’études détaillées et d’adaptations successives en fonction des conditions particulières rencontrées.

Les plans de tir sont résumés dans le tableau I. Dans le cadre des mesures environnementales, l’entreprise a adapté ses plans de tirs en fonction de la localisation du tir (proximité d’ouvrages d’art, d’habitations...). Elle a maîtrisé les charges instantanées. Tous les tirs ont fait l’objet de mesures



**Photo 4**  
Déblai D143 Le Prats.  
Calcaire en blocs métriques  
avec des veines  
et des incrustations  
d’argiles rouges

*Highway D143 Le Prats  
earth cut. Limestone  
in metric blocks with red  
clay seams and sediments*



**Photo 5**  
Terrassement  
dans la bêche R165  
Coste Rital

*Earthworks  
for the R165  
Coste Rital  
foundations*

des vibrations induites. Les plans de tirs ont été adaptés à des seuils variant entre 3 mm/s et 8 mm/s.

Au déblai des Prats (D143), l’entreprise a rencontré des calcaires massifs en bancs métriques (photo 4) avec des incrustations et des veines plus ou moins importantes d’argiles. Elle a dû adapter ses plans de tir afin de mieux fragmenter les blocs en resserrant la maille (2,80 m par 2,80 m) et en diminuant la profondeur des trous de foration (3,90 m).

### Le remblai de Coste Rital - R165

Il s’agit d’un remblai sur flanc de versant. La hauteur du remblai est de 50 m en pied de talus aval pour 10 m à l’axe de la section autoroutière. Une reconnaissance géotechnique complémentaire et une étude de stabilité du remblai ont montré la nécessité de réaliser une bêche de pied de remblai jusqu’au toit calcaire. Des limons argileux, des argiles caillouteuses et des argiles calcareuses ont été excavés sur une hauteur de 8 m, sur 20 m de large et 600 m de long (photo 5).

Les venues d’eau, intermittentes mais importantes dans ce secteur, ont été canalisées par la réalisation de cavaliers drainants longitudinaux et transversaux dans la bêche et sur le flanc du versant. La stabilité de l’ouvrage est renforcée par un ancrage à l’aide de redans.

### Deux ponts à béquilles

Deux ponts à béquilles ont été réalisés dans des déblais de grande hauteur :

- ◆ PS 2160 - VC 7, déblai de Larrenguede D158,



Photo 6  
Pont à béquille  
PS 2160.  
Bétonnage  
du tablier

Portal bridge  
PS 2160.  
Concreting  
the deck

► hauteur maximale à l'axe de 55 mètres (photo 6);  
◆ PS 2176 - VC1, déblai de Coutricis, hauteur maximale à l'axe 38 m.

Ils s'intègrent parfaitement dans le paysage et offrent une esthétique indéniable.

Ces ouvrages ont une longueur de 75 m et une hauteur du tablier par rapport la section autoroutière de 15 m.

Le travail du service Méthodes est très important dans la gestion des interfaces avec notamment les travaux de terrassement et les différentes étapes de la construction.

Les terrassements des semelles de béquille, réalisés par le groupement d'entreprises, ont été particulièrement délicats. Ils nécessitent un phasage du minage et un terrassement de précision dans des talus à 3H/2V.

Les étaielements sont la partie essentielle dans la réalisation de ces ouvrages compte tenu de leur hauteur. La nature rocheuse et karstique impose un terrassement complet de l'ouvrage avant la réalisation des étaielements depuis la section autoroutière jusqu'au niveau du futur tablier, béquilles comprises.

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### Maitre d'ouvrage

Autoroute du Sud de la France (ASF), Direction opérationnelle de Cahors

### Maitre d'œuvre

Scetauroute Centre Sud-Ouest, Direction de projet A20

### Contrôle extérieur

Fondasol Toulouse

### Terrassements

Groupement d'entreprises :

- Fougerolle Ballot (pilote et mandataire)
- Forézienne d'Entreprises et de Terrassements
- Bec Frères
- TP Tinel

### Ouvrages d'art

- Forézienne d'Entreprises et de Terrassements
- Bec Frères

### Chaussées des rétablissements

Colas

## ABSTRACT

**A20 - Cahors South/Cahors North (Lot/Cahors North) High earth cuts, large embankments**

*J.-M. Rochette*

Within the framework of construction work on the A20 motorway linking Brive and Montauban, the consortium formed of Fougerolle Ballot, Forézienne d'Entreprises et de Terrassements, BEC Frères and TP Tinel was selected to perform the earthworks on project phase 2.2 (Le Lot/Cahors North). The firms received the work order on 27 July 2000, under contracting authority ASF and with project management by Scetauroute Centre Sud-Ouest. The civil engineering structures were constructed by the consortium. The pavements of the road diversions were awarded to Colas. The sharp reliefs found on the motorway lead to exceptional earth cut and embankment heights that can be summed up in three figures : route length 7 km, volume of earth cuts 6,000,000 cu.m, height of largest embankment 56 m. The architect exploited the depth of the trenches dug by designing two portal bridges.

Extensive resources, both human (350 people) and material (110 machines), had to be deployed to meet the completion time (22 months).

Given the size of the project and the difficulties involved in the work to be performed, the firms brought together and put in place a structure capable of coping with the technical nature and quantity of the works. Pooling of skills was key to the project's success in compliance with safety, environment and quality criteria.

## RESUMEN ESPAÑOL

**Autopista A20 - Cahors Sur/Cahors Norte (Lot/Cahors Norte)**

*J.-M. Rochette*

Operando en el contexto de las obras de ejecución de la autopista A20, que pone en comunicación las ciudades de Brive y Montauban, la agrupación de empresas Fougerolle Ballot, Forezienne d'Entreprises et de Terrassements, BEC Frères y TP Tinel, fue seleccionado para efectuar los movimientos de tierras del TOARC 2.2 (Le Lot-Cahors Norte) Las

empresas constructoras han recibido la orden de servicio el 27 de julio de 2000, operando ASF como entidad contratante y Sectauroute Centre Sud-Ouest como responsable técnico. Las grandes estructuras se han llevado a cabo por la agrupación de empresas. Los pavimentos de los restablecimientos de comunicación han sido atribuidos a Colas.

Los relieves abruptos atravesados por la autopista dan lugar a alturas de desmontes y de rellenos excepcionales que se pueden resumir por tres cifras : longitud del trazado 7 km, volumen de desmontes 6.000.000 m<sup>3</sup>, altura de mayor terraplenado 56 m. El arquitecto ha sabido utilizar la profundidad de las trincheras ejecutadas proyectando dos puentes de pórtico simple.

Para poder respetar el plazo impartido (22 meses) se han tenido que emplear medios importantes, tanto humanos (350 personas) como materiales (110 máquinas).

Ante la importancia de las obras y las dificultades del trabajo a ejecutar, las empresas han tenido que reunir e implementar una estructura capaz de hacerse cargo de la tecnicidad y del volumen de las obras a efectuar. La combinación de los talentos ha constituido la clave de bóveda para el logro de las obras con el debido respeto de la seguridad, del medio ambiente y de la calidad.



# Les travaux de TOARC de l'A432 : une liaison entre les autoroutes A42 et A43

**L'autoroute A432, liaison A42-A43, permettra la continuité de la circulation autoroutière pour les automobilistes en provenance du nord-est de la France et se dirigeant vers le sud, en évitant l'agglomération lyonnaise. Réalisée par l'entreprise Roger Martin, mandataire d'un groupement, la section neuve s'intègre dans un environnement aux contraintes multiples, notamment la proximité de l'aéroport Saint-Exupéry. Débutés en octobre 2001, les travaux de terrassement sont programmés jusqu'en septembre 2002, avec une mise en service prévue mi-2003.**

## ■ INTRODUCTION

Dans un an, en juin 2003, les automobiles pourront rejoindre par une autoroute continue, l'autoroute A43 (Lyon/Chambéry) au niveau de St-Laurent-de-Mure à l'autoroute A42 (Lyon/Genève) à hauteur de la Boisse. Elle intéressera principalement les automobilistes en provenance du nord-est (A39) qui auront la possibilité de bifurquer directement vers le sud (A43, A46, A7) en évitant les secteurs perturbés au nord de Lyon.

Cette liaison, d'une longueur totale de 24 km, est principalement réalisée par l'entreprise Roger Martin dans le cadre du marché TOARC (terrassement, ouvrage d'art et rétablissement des communications), mandataire d'un groupement avec les entreprises G.F.C. (OA), Eurovia (RC) et Perrier TP (concassage).

Ces travaux permettront de réaliser le passage à 2 x 2 voies des 5 km restants de l'autoroute A432 actuelle (nord) (10 km au total) ainsi que 12 km de section entièrement neuve pour le contournement de l'aéroport Saint-Exupéry, avant le raccordement sur l'A432 (sud) et l'A43 (figure 1).

Ce chantier présente de nombreux points particuliers du fait de sa position géographique, de sa morphologie et de la nature des sols rencontrés.

## ■ LA POSITION GÉOGRAPHIQUE

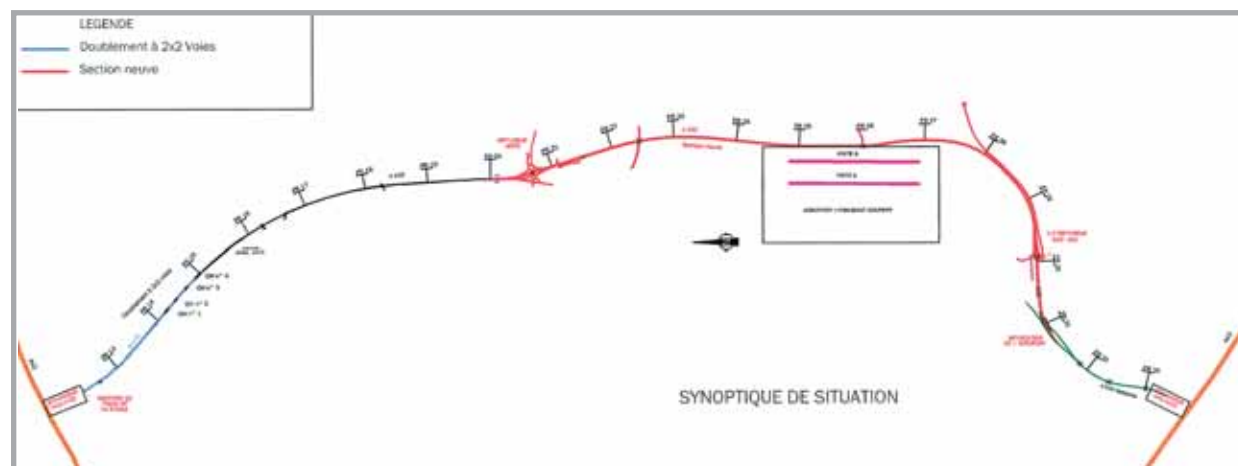
Tout d'abord le sous-sol, qui présente un ensemble assez dense de réseaux souterrains (oléoduc de l'Otan, canalisation éthylène Ato-Fina, réseaux d'irrigation, conduites EDF enterrées...) a imposé des phasages de construction et la mise en place de dispositifs de sécurité particuliers, notamment pour protéger, en cas de chocs, les engins de chantier contre les risques d'explosion.

D'autre part, la proximité de l'aéroport de Saint-Exupéry (le tracé neuf est pour partie parallèle aux pistes d'atterrissage) a des conséquences très spécifiques pour les travaux de construction (photo 1).



**Photo 1**  
Décapage  
à proximité des pistes

*Stripping  
near the runways*



**Figure 1**  
Synoptique de situation  
du chantier

*Site progress flowchart*



La D.G.A.C. (Direction générale de l'aviation civile) interdit la pénétration des servitudes radioélectriques et impose des contraintes de dégagement (situées au plus haut à 4 m du terrain naturel) par des masses métalliques importantes (engins de chantier par exemple). L'entreprise devait donc s'organiser afin de réaliser les premiers mètres de son déblai en terrassement frontal. Profitant de la réduction du trafic aéroportuaire entre 22h00 et 6h00 et de la fermeture de la piste d'atterrissage la plus proche du tracé, l'entreprise a pu réaliser certains travaux impossibles en frontal (décapage, merlon...) durant cette plage horaire ainsi qu'une partie de ses déblais.

Grâce à la collaboration des services de la D.G.A.C. et du maître d'œuvre, un aménagement des zones de contraintes en phase travaux, a permis à l'entreprise de s'organiser pour limiter les terrassements nocturnes, sources de nuisances sonores.

**Photo 2**  
**Atelier type**  
**terrassement**  
*Typical earthworks*  
*equipment*



## ■ LA MORPHOLOGIE

La proximité de l'aéroport a imposé aux concepteurs du projet d'enterrer le tracé sur près de 7 km, à une profondeur variant entre 4 et 9 m, afin de limiter, en exploitation, l'impact sur les servitudes aéroportuaires des circulations de poids lourds, de réduire la nuisance sonore et de permettre une meilleure insertion paysagère.

La morphologie de la section neuve du chantier (un grand déblai de 7 km avec deux zones de remblai de part et d'autre) a donc conduit l'entreprise à réaliser ses terrassements de façon simultanée en commençant de part et d'autre de l'aéroport, avec deux zones de chantier distinctes. Compte tenu de l'activité agricole de part et d'autre du tracé et afin d'éviter l'isolement de parcelles en exploitation en phase de construction, les déblais s'effectuent avec maintien de la circulation agricole transversale, malgré la profondeur importante des décaissements. En ce qui concerne la mise à 2 x 2 voies de la section nord de l'autoroute A432, l'entreprise réalise les approvisionnements des matériaux issus de la

section neuve en empruntant la portion actuellement en service, avec les dispositifs de retournement pour les transports. Située à proximité du Rhône et du canal de Miribel, cette section en remblai est entrecoupée d'ouvrages de décharge importants. Ces ouvrages hydrauliques doivent être élargis afin de permettre le doublement à 2 x 2 voies de l'autoroute existante. Pour des contraintes de délai, ces constructions s'effectuent simultanément avec l'érection des remblais. Réalisés sur une demi-largeur d'autoroute, ces travaux sont confinés et nécessitent une organisation journalière pour le maintien des accès et pour les différents phasages de construction.

## ■ LES MATÉRIAUX

Située dans la plaine alluvionnaire du Rhône, la section neuve est principalement constituée d'alluvions anciennes. Cependant, le faciès géologique présente pour les premiers mètres de déblai, une hétérogénéité certaine dans les différentes formations, tant sur le profil en long que sur les profils en travers.

Les matériaux rencontrés à l'extraction changent continuellement suivant les profils, passant de matériaux sablo-argileux et limoneux à des matériaux de type graves sableuses propres.

Suivant leur nature, le comportement en remblai de ces sols est radicalement différent, passant d'un état sujet à fort matelassage et d'une grande sensibilité aux intempéries pour les matériaux argileux et sableux, à un état présentant de bonnes caractéristiques en terme de portance, aussi bien en remblai qu'en couche de forme pour les graves sableuses propres.

Afin d'optimiser le potentiel de matériaux "nobles" extraits sur le chantier, l'entreprise Roger Martin est assujettie, à une surveillance constante du site d'extraction afin d'opérer une gestion rigoureuse des matériaux et d'optimiser leur réemploi en structure de remblai (photo 2).

L'hétérogénéité des sols rencontrés, et la volonté commune de gérer au mieux les matériaux, amène l'entreprise Roger Martin à adapter son extraction, avec des changements quasi quotidiens des ateliers positionnés en déblai.

Un suivi laboratoire avec des essais d'identification journaliers, permet de définir au jour le jour, les consignes de mise en œuvre et de garantir la pérennité des ouvrages construits.

## ■ CONCLUSION

La réalisation de ce chantier autoroutier, qui présente un intérêt certain pour les futurs usagers, s'effectue dans un cadre très singulier, avec de nombreux points particuliers peu courants.

### LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Coût des travaux : 25 millions d'euros
- Déblai : 2 600 000 m<sup>3</sup>
- Remblai : 1 100 000 m<sup>3</sup>
- Couche de forme : 240 000 m<sup>3</sup>
- Assainissement : 4 000 ml collecteurs
- OA : 11 dont 4 ouvrages hydrauliques de décharge
- Drain : 7 000 ml
- Stockage : 600 000 m<sup>3</sup>
- Concassage : 160 000 m<sup>3</sup>

L'entreprise a mis en place les moyens nécessaires en matériel et personnel afin d'effectuer ses travaux dans le respect des délais, de l'environnement, de la sécurité et suivant les critères de qualité requis.

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### **Maitre d'ouvrage**

SAPRR et AREA

### **Maitre d'œuvre**

Scetauroute

### **Entreprise mandataire**

Roger Martin

### **Entreprises cotraitantes**

- GFC
- Eurovia
- Perrier

## ABSTRACT

**Work on the A432 project : a link between the A42 and A43 motorways**

*F. Sartori*

The A432 motorway, linking the A42-A43, will permit continuous motorway travel for motorists from north-eastern France heading south, avoiding the Lyons conurbation. Constructed by the firm Roger Martin, leading a consortium, the new section fits into an environment having many constraints, in particular the nearby Saint-Exupéry airport. Begun in October 2001, the earthworks are scheduled up to September 2002, with commissioning planned for mid-2003.

## RESUMEN ESPAÑOL

**Las obras de TOARC de la autopista A432 : un enlace entre las autopistas A42 y A43**

*F. Sartori*

La autopista A432, enlace A42-A43, permitirá obtener la continuidad del tráfico rodado por autopista para los automovilistas procedentes del noreste de Francia y que se dirigen hacia el sur, evitando así la aglomeración urbana de Lyon. Ejecutados por la empresa Roger Martin, apoderado de una agrupación de empresas, la sección nueva se integra en un entorno en que se presentan múltiples imperativos, y fundamentalmente, la proximidad del aeropuerto Saint-Exupery. Iniciadas en octubre de 2001, las obras de movimientos de tierras se han programado hasta septiembre de 2002, y su entrada en servicio se ha proyectado hacia mediados del año 2003.

# L'assainissement de la Réussite d'un challenge

Le SIACV (Syndicat intercommunal d'assainissement de la Couronne valentinoise) a mandaté le SMARD (Syndicat mixte d'aménagement rural de la Drôme) pour réaliser le projet de collecte des eaux usées des quatre communes de la couronne valentinoise.

L'infrastructure de collecte est constituée par un réseau de 33 km, relié à la station d'épuration urbaine de la ville de Valence. Cette opération d'envergure permet l'assainissement de toute la plaine de Valence et assure de ce fait la préservation du milieu naturel.

Le chantier confié à un groupement de huit entreprises est exceptionnel de part la taille, les délais (neuf mois d'exécution) et les contraintes techniques. La réalisation du chantier a ainsi nécessité un important travail de coordination compte tenu de la forte dissémination des travaux et de la multitude d'équipes présentes simultanément sur le terrain.

## ■ LE PROJET D'ASSAINISSEMENT : HISTORIQUE ET CADRE

Pour répondre aux exigences de la loi sur l'Eau du 3 janvier 1992 et du décret du 3 juin 1994, une étude préalable au présent projet avait été réalisée en 1998 à l'échelle du périmètre d'agglomération de Valence (13 communes).

Cette étude a permis de définir pour les communes du nord du périmètre un schéma directeur d'assainissement entre plusieurs solutions d'ensemble. Le SIACV (Syndicat intercommunal d'assainissement de la Couronne valentinoise) constitué en 1999 par les communes de Saint-Marcel-lès-Valence, Alixan, Montélier et Chabeuil, a engagé dans ce cadre la réalisation du projet relatif à la mise en œuvre de ce schéma avec création d'une infrastructure de collecte des eaux usées de ces communes (la station urbaine qui dessert les villes de Valence et de Bourg-lès-Valence fait l'objet d'une mise aux normes pour une capacité de traitement de 140 000 équivalents habitants « EH ») (figure 1).

## ■ OBJECTIF : "REJET ZÉRO" ET DESSERTE

Le projet dimensionné à l'horizon 2015, et ainsi conçu, permet d'assurer la protection du milieu na-

tural (nette amélioration de la qualité de la Véore, de la Barbeyrolle et de leurs affluents) en réalisant l'assainissement de la plaine de Valence, une des conditions *sine qua non* du développement économique local. Il s'agit donc d'un enjeu majeur pour l'environnement de la Couronne valentinoise. Au plan de la desserte, le projet intègre les potentiels reportés sur le tableau I pour base de dimensionnement.

Le projet prend ainsi en compte la "ZAC de la Correspondance" autour de la gare TGV et la gare elle-même, opération d'aménagement, sur les communes de Châteauneuf-sur-Isère et d'Alixan, comptabilisée à 10 400 EH pour l'horizon 2015.

## ■ ÉCONOMIE DU PROJET

L'opération globale atteint une enveloppe prévisionnelle de 43 000 000 F HT, soit 6 555 307,74 € HT dont 38,7 MF (5,90 M€) sont affectés aux travaux.

Son financement est assuré par :

- ◆ Agence de l'Eau : 12 900 000 F (1 966 592,32 €);
- ◆ l'Union Européenne : 2 808 180 F (428 104,28 €);
- ◆ le département de la Drôme : 5 579 510 F (850 590,82 €);
- ◆ avance de l'Agence de l'Eau : 8 600 000 F (1 311 061,55 €);
- ◆ D.G.E. : 1 225 000 F (186 750,05 €);
- ◆ autofinancement : 11 887 310 F (1 812 208,72 €);
- ◆ total : 43 000 000 F (6 555 307,74 €).

## ■ LES CONTRAINTES

Le projet qui nécessite la réalisation de 33 km de collecteurs principaux (15 km de colonne principale et trois antennes secondaires d'une longueur totale de 18 km) devait répondre en premier lieu à une contrainte majeure : le délai d'exécution (le chantier devait être achevé avant fin 2001 pour garantir notamment l'obtention des aides européennes). Par ailleurs, au plan technique, le chantier présente un caractère exceptionnel en raison notamment :

- ◆ de la faiblesse générale des pentes;
- ◆ de l'encombrement incroyable du sous-sol de cette plaine : trois concessionnaires de pipe-lines,

Figure 1  
Plan de localisation  
des travaux

Work location drawing



# Couronne valentinoise

réseaux gaziers (HP et BP), fibres optiques, téléphone régional et national, ligne MT et BT, eau potable, eau pluviale, assainissement...!

En outre, le tracé de l'infrastructure longe ou croise, les canaux d'irrigation, les voiries départementales, la RN7, l'A7, la voie SNCF et divers cours d'eaux.

Enfin, dans la partie terminale, le système de collecte traverse une zone fortement urbanisée pour rejoindre, via une station de relevage, le site d'épuration de Valence et ce, avec des profondeurs atteignant 6,5 m.

Signalons que certaines sections sont localement placées dans des zones de nappes affleurantes et d'autres traversent des zones d'habitat ancien.

## ■ LA RÉOLUTION DES CONTRAINTES

### Le délai d'exécution

Le caractère d'urgence attachée à la réalisation du projet a conduit le SIACV et le SMARD à confier la maîtrise d'œuvre à un groupement renforcé de bureaux d'études et d'ingénierie désigné après procédure d'appel d'offres européen.

Ce groupement est constitué autour de Beture Cerec (mandataire) par Merlin, Saunier Environnement et Citie Ingénierie.

Beture Cerec, maître d'œuvre, a assuré la coordi-

nation générale de la maîtrise d'œuvre au sein de ce groupement, sous l'entier contrôle administratif assumé par le SMARD.

Cette même contrainte de délai a conduit, à l'issue d'une procédure d'appel d'offres, à la désignation d'un groupement associant huit entreprises d'exécution :

- ◆ collecteurs : Rampa TP, Chapon, Coca Sud Est, Cheval Frères et Oboussier Frères ;
- ◆ stations de pompage : Spie Trindel, Rampa Constructions ;
- ◆ fonçages : Sobeca.

Les missions de coordination ont concerné :

- ◆ les études de conception, avec l'intervention de quatre maîtres d'œuvre et des cabinets et bureaux chargés des études et prestations connexes (sur-tout géotechnique et topographie) ;

**Claude Robin**

PRÉSIDENT  
SIACV



**Bernard Grange**

DIRECTEUR  
SMARD



**Jean-Lou Pailhès**

CHARGÉ D'AFFAIRE  
Beture-Cerec



Visite de chantier.  
Tranchée à 6 m  
de profondeur

Site visit.  
Trench 6 m deep



Blindage double glissière.  
Tranchée profonde

Guard rail double amour.  
Deep trench

Communes	EH domestiques hors économiques	EH économiques et industriels	EH totaux
Alixan	1.760	340	2.100
Chabeuil	4.880	3.270	8.150
Montelier	2.850	1.110	3.960
Saint-Marcel	4.140	12.150	16.290
Totaux	13.630	16.870	30.500
En pourcentage	44.69	55.31	

Tableau I  
Récapitulatif  
des équivalents  
habitants  
à raccorder

Summary  
of inhabitant  
equivalents  
to be connected



**Préparation du chantier.**  
Tuyaux Ø 500 - 135 A  
débardés

**Site preparation.**  
Pipes of dia. 500 mm - 135 A  
unloaded



## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### **Maître d'ouvrage**

Syndicat intercommunal d'assainissement de la couronne valentinoise (SIACV)

### **Maître d'ouvrage mandataire**

Syndicat mixte d'aménagement rural de la Drôme (SMARD)

### **Maîtrise d'œuvre mandataire**

Beture Cerec (tronçon Malissard/Alixan) coordination générale de la maîtrise d'œuvre

### **Co-maîtres d'œuvre**

Saunier Environnement (antennes de Chabeuil, Montelier, Saint-Marcel), Cabinet Merlin (tronçon Maboule/Malissard) et maître d'œuvre sous-traitant : CITIE Ingénierie (génie civil)

### **Entreprises co-traitantes**

- Travaux de canalisations : Rampa TP (mandataire), Chapon TP, Coca Sud Est, Oboussier Frères, Cheval Frères
- Fonçage : Sobeca
- Postes de relevage : Spie Trindel (pompage), Rampa Construction (génie civil)

### **Entreprises sous-traitantes**

- Eurovia (voirie), Gascheau (canalisation), MTS (micropieux)
- Canalisations : Stradal (béton), Pont à Mousson (fonte). Lopez (distributeur PVC) et Sibille (distributeur PVC)
- Contrôle de réception (inspection, étanchéité) : Réseaux et Services
- Mission SPS : Veritas



◆ en phase d'exécution, le déroulement des travaux avec la multitude des entreprises, la dissémination des chantiers (12 équipes en simultanément sur le terrain en pointe).

Les cadences d'avancement ont été en moyenne de 30 m/jour pour les gros diamètres avec des minima à 10 m/jour et des maxima à 100 m/jour pour des canalisations DN200 en fonte.

### **La topographie de la zone**

Les pentes sont très faibles ( $\geq 3$  mm/m). Toutefois, la conception d'ensemble du projet a permis de limiter à quatre le nombre des stations de pompage dont deux seulement figurent sur le tracé primaire. Ceci a conduit par contre à un profil hydraulique à une profondeur moyenne supérieure à 3 m avec des maxima à 6,5 m.

Cette disposition de conception a été retenue pour limiter les sujétions et les coûts d'exploitation du système et ainsi la facture d'eau de l'utilisateur.

### **L'encombrement du sous-sol**

La bonne exécution du chantier a nécessité un partenariat constant avec l'ensemble des concessionnaires : SNCF, Telecom, EDF GDF, SPMR, SPSLE, Gazoduc de l'Otan.

Les traversées en zones d'habitat ancien ont imposé le recours aux longrines et aux micropieux.

En secteurs à nappe affleurante, il a été nécessaire d'assécher les fouilles avec des pompes dont les débits pouvaient atteindre 800 m<sup>3</sup>/h.

Les traversées de la ligne SNCF, de la RN7 et de l'A7 ont été réalisées dans la nappe fluviale "en suivant" par fonçage en diamètre 1000 mm sur un linéaire de 100 m et en diamètre 900 mm sur un linéaire de 60 m.

A l'intérieur de la section foncée et tubée (tubage acier en DN 1006 mm) une canalisation fonte DN 600 est centrée par collier qui assure la pente et l'isolement. La pente de cette section est de

3 mm/m.

Neuf autres fonçages ont été réalisés portant le linéaire à 350 m pour cette technique.

Les croisements des pipelines ont nécessité l'exécution d'un siphon.

### **La fiabilité du système de collecte**

La notion de "zéro rejet" imposée comme postulat de départ, a conduit les concepteurs à fiabiliser le fonctionnement des stations de pompage par la mise en œuvre de quatre groupes électrogènes (un par poste de relèvement).

### **La sécurisation des personnels d'exécution**

La mission CSPS a été confiée au bureau Veritas. Compte tenu des profondeurs moyennes importantes des fouilles (profondeur moyenne > 3,50 m), les canalisateurs ont eu systématiquement recours à la technique soignée des blindages coulissants à double glissière.

### **La gestion globale de la qualité**

La qualité globale de l'opération a été gérée sur toute sa durée dans le cadre du Plan d'assurance qualité (PAQ) mis en place dès son lancement par le maître d'ouvrage et son mandataire sur proposition du groupement de maîtrise d'œuvre.

En phase de conception, les études relatives au dimensionnement et aux techniques de pose ont été conduites dans le respect des recommandations du "Fascicule 70" et de l'ensemble des règles de l'art.

Après une préparation de chantier de l'ordre de deux mois, un planning détaillé a été présenté par les entreprises et validé par la maîtrise d'œuvre et avalisé dès le lancement du chantier. Sa révision a été menée à fréquence hebdomadaire.

Parallèlement, le groupement des entreprises a mis en place une cellule interne de coordination qui, dans le cadre général du PAQ et en liaison permanente avec l'outil de planification de la maîtrise d'œuvre, a assuré l'ordonnancement périodique à l'avancement du chantier.

Au plan réglementaire et au plan des dispositions constructives, un partenariat s'est instauré avec les responsables de la MISE (Mission inter-services de l'Etat).

La pose des canalisations a été conduite à l'avancement par des levés topographiques rapprochés et par guidage laser : un double contrôle permanent.

Les fournisseurs des canalisations (fonte, PVC, béton 135A) ont produit un "Engagement Qualité Entreprises".

Le contrôle de la pose a été fait à l'aide de ca-



**Tranchée en accotement sur voie communale**  
**Trench on the road shoulder on a communal road**

méras vidéo par inspection interne sur l'ensemble des tracés.

Le contrôle de l'étanchéité a été, là encore, doublé : inspection vidéo et essais par mise en pression.

## ■ CONCLUSION

Ce grand chantier était un beau challenge qui a été parfaitement tenu par l'ensemble des acteurs concernés malgré des contraintes fortes et des niveaux d'exigences élevés. Le pari a été gagné au prix d'un gros travail de préparation de chantier en amont, de coordination, puis par la mise en œuvre de moyens humains, de matériels de chantier, d'outils d'organisation et de planification, et par la mise en œuvre d'une véritable gestion permanente de la qualité.

Ce challenge réussi, la Couronne valentinoise peut poursuivre son développement tout en préservant le milieu naturel.

### COÛT DE L'OPÉRATION

Montant de l'opération : 43 000 kF HT soit 6 555 k€ HT

Marché travaux : 38 700 kF HT soit 5 900 k€ HT

- Canalisations : 78 %
- Fonçage : 8 %
- Génie civil : 3 %
- Electromécanique/pompage : 11 %

#### Financement

- Europe : 7 %
- Etat : 3 %
- Agence de l'Eau : 50 %
- Département : 13 %
- Autofinancement : 27 %

## ABSTRACT

### Sanitation of the "Couronne valentinoise" area. A successful challenge

*Cl. Robin, B. Grange, J.-L. Pailhès*

Sanitation board SIACV ("Syndicat intercommunal d'assainissement de la Couronne valentinoise") mandated rural development board SMARD ("Syndicat mixte d'aménagement rural de la Drôme") to execute the project for sewage collection in the four communes of the "Couronne valentinoise" area. The collection infrastructure consists of a network 33 km long, linked to the urban treatment plant of the city of Valence. This large-scale operation permits sanitation of the entire plain of Valence and accordingly protects the natural environment.

The project entrusted to a consortium of eight firms is exceptional due to its size, the work time (nine months' work) and the technical constraints. Execution of the project thus required extensive coordination work given the greatly dispersed nature of the works and the numerous teams present in the field simultaneously.

## RESUMEN ESPAÑOL

### El saneamiento de la circunvalación de Valence. Logro de un reto

*Cl. Robin, B. Grange y J.-L. Pailhès*

El SIACV (Asociación intermunicipal de saneamiento de la circunvalación de Valence) ha otorgado poder al SMARD (Asociación mixta de desarrollo rural del departamento del Drome) para llevar a cabo la colecta de las aguas residuales de los cuatro municipios de la circunvalación de Valence. La infraestructura de colecta está formada por una red de 33 km, conectada con la estación depuradora urbana de la ciudad de Valence. Esta importante operación permite el saneamiento de la totalidad de la planicie de Valence y con ello, permite la preservación del medio natural.

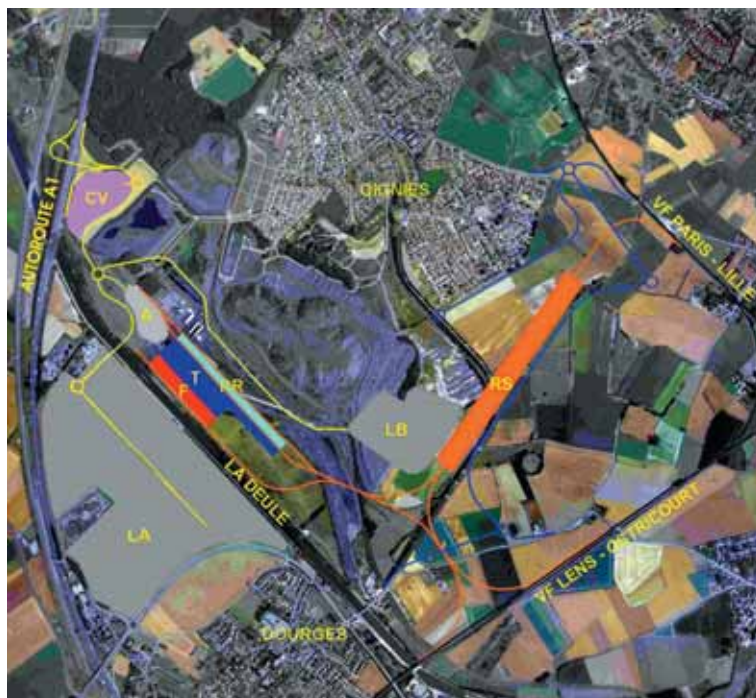
Las obras, encargadas a una agrupación de ocho empresas es excepcional debido a las dimensiones en los plazos (nueve meses de ejecución) y, asimismo, los imperativos técnicos. Por consi-

guiente, la ejecución de las obras ha precisado un importante trabajo de coordinación, habida cuenta de la elevada diseminación de las obras y de la multitud de equipos que han actuado simultáneamente sobre el terreno.

# Delta 3 : la plate-forme de Dourges

Le présent article fait suite à l'article paru dans *Travaux* n°777 de juillet-août 2001. Il rappelle les principales fonctions de la plate-forme multimodale de Dourges. Il explicite le point de vue du maître d'œuvre. Il résume les procédures particulières qui ont été mises en application pour les marchés de travaux.

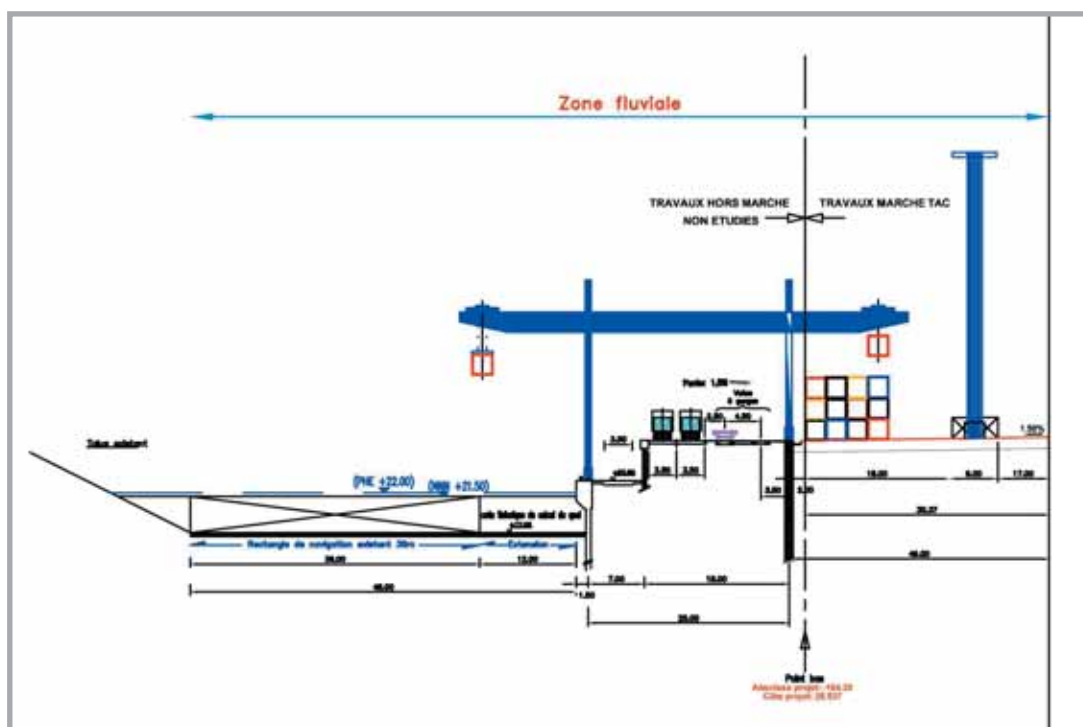
Les entreprises ont proposé des procédés de réalisation particuliers. Ces solutions font l'objet d'une analyse du point de vue du maître d'œuvre.



**Figure 1**  
 Vue aérienne du site et plan masse. CV : centre de vie - A : zone d'accueil - RR : zone rail route - T : zone trimodale - F : zone fluviale - LA : zone logistique - LB : zone logistique embranchée fer - RS : faisceau ferroviaire - En trait orange : voies ferrées - En trait jaune : voiries - En trait bleu : déviation RD 160

*Aerial view of the site and layout plan. CV : living quarters - A : reception area - RR : rail road area - T : trimodal area - F : river area - LA : logistics area - LB : logistics branch area - RS : railway sidings - Orange line : railway lines - Yellow line : road systems - Blue line : RD 160 diversion*

**Figure 2**  
 Coupe type zone fluviale  
 Typical cross section of river area



## ■ LA DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA PLATE-FORME

### Les principales fonctions

La plate-forme multimodale de Dourges permet les échanges entre les différents modes de transport : la route, la voie ferrée et la voie d'eau. Elle doit également jouer un rôle de plaque tournante pour la massification des transports. En effet c'est un point de convergence des conteneurs et des caisses mobiles qui, arrivant par camions, sont expédiés vers d'autres plates-formes identiques par des trains à composition fixe.

Le trafic attendu à l'ouverture de la plate-forme est de 110000 unités composées de 20 % de caisses de vingt pieds et 80 % de caisses de quarante pieds. Ceci correspond à 12 trains par jour, 2 barges par jour et 380 camions par jour.

### Description générale de la plate-forme (figures 1, 2 et 3)

La plate-forme se situe sur un ancien site industriel sur le territoire de la commune de Dourges (Pas-de-Calais). Ce site est bordé au nord-ouest par l'autoroute A1 Paris-Lille, au nord-est par la voie ferrée Paris Lille, au sud par la voie ferrée Lens Ostre-doure. De plus il est traversé par le canal de la

# multimodale

Deûle qui permet l'accès à des bateaux et convois de classe 5 (1500 t à 3000 t).

La plate-forme comprend :

- ◆ deux cours à portiques (RR) permettant d'accueillir des trains de 750 m de longueur munies chacune de deux portiques permettant les échanges entre la route et la voie ferrée ;
- ◆ un quai fluvial (F) équipé d'un portique permettant les échanges entre la voie d'eau et la route ou la voie ferrée ;
- ◆ une zone de stockage de conteneur dite zone trimodale (T) permettant soit la mise en dépôt provisoire des conteneurs soit des échanges entre les différentes zones ; cette cour est desservie par des grues mobiles ;
- ◆ un faisceau ferroviaire (RS) permettant de recevoir des trains de 750 m de longueur venant du réseau RFF, de les mettre en attente avant de les amener au droit des cours où ils sont déchargés et chargés ; il comprend 12 voies électrifiées, un grill de locomotive et des voies d'entretien et de garage de wagons ;
- ◆ les raccordements au réseau ferré de RFF ;
- ◆ une zone d'accueil (A), centre nerveux de la plate-forme, assurant les fonctions de contrôle des accès à la plate-forme, de gestion de celle-ci (gestion des portiques, des voies ferrées) ; elle accueille

également les locaux des différents opérateurs ;

- ◆ une zone logistique dite LA de 64 ha destinée à recevoir des bâtiments logistiques ;
- ◆ une zone logistique dite LB de 12 ha embranchée fer sur le faisceau ferroviaire ;
- ◆ un centre de vie devant accueillir les services aux transporteurs (station service, restaurant, etc.) ;
- ◆ un échangeur sur l'autoroute A1 assurant la desserte de la plate-forme.

## ■ LES PARTICULARITÉS DES MARCHÉS DE TRAVAUX

### La planification de l'opération et son déroulement

En mars 1999, la région Nord Pas-de-Calais a lancé la consultation pour la maîtrise d'œuvre de la plate-forme multimodale de Dourges. Dès le concours, il était prévu le découpage des marchés de travaux en deux groupes le premier faisant l'objet, de la part du maître d'œuvre, d'une consultation sur la base de l'avant-projet, le second plus tardif faisant l'objet d'une consultation sur la base d'un dossier de projet établi par les concepteurs. Une telle solution était nécessaire pour pouvoir lan-

**Jacques Avenel**

DIRECTEUR DE PROJET  
Scetauroute



**Emmanuelle Freneat**

INGÉNIEUR EXPERT  
CHAUSSÉES  
Scetauroute



**Isabelle Henry**

INGÉNIEUR  
RESPONSABLE TRAVAUX  
Scetauroute



**Alain Morbois**

INGÉNIEUR EXPERT  
GÉOTECHNICIEN  
Scetauroute

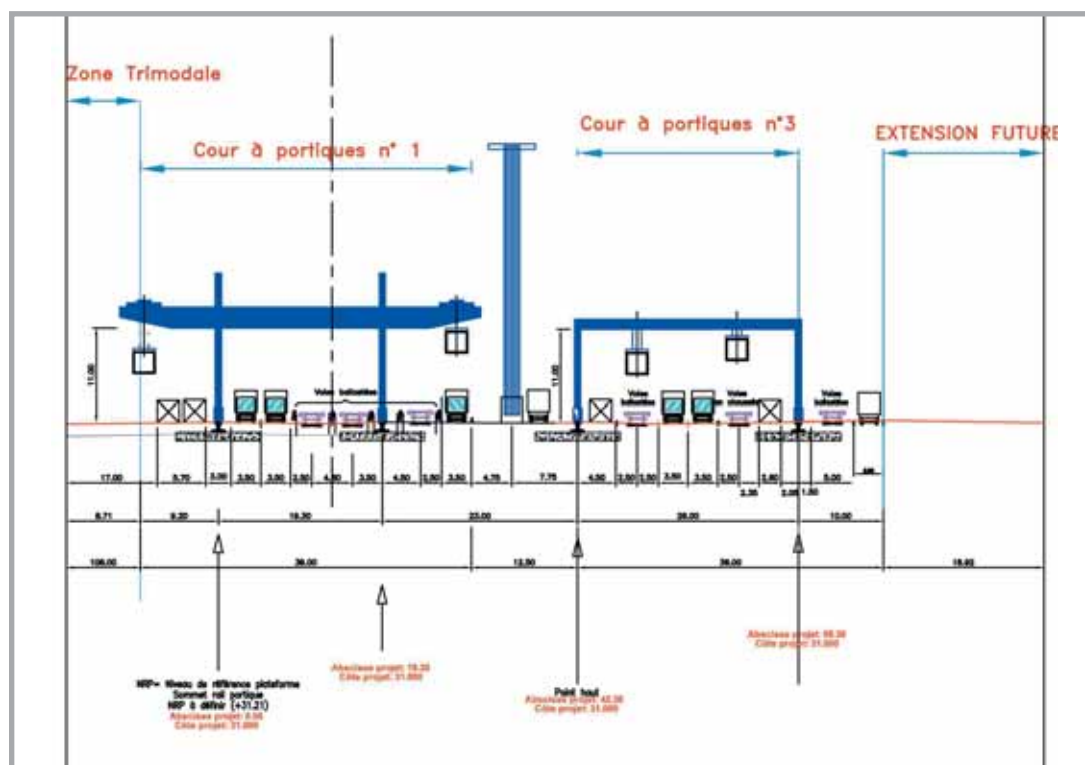


Figure 3  
Coupe type zone rail route  
cours à portiques

Typical cross section  
of rail road area gantry  
crane yard

**Photo 1**  
Mur de quai et mur de soutènement de la zone fluviale en construction

*Quay wall and supporting wall for the river area under construction*



**Photo 2**  
Echangeur sur l'autoroute A1 en construction

*Interchange on the A1 motorway under construction*



► cer très rapidement les travaux et surtout pour attribuer les premiers marchés de façon à respecter les souhaits du maître de l'ouvrage.

Les études de l'avant-projet de la plate-forme ont débuté en août 1999. L'avant-projet a été réalisé très rapidement et approuvé par le maître d'ouvrage en septembre 1999. Il a servi de base à la consultation pour les travaux du sous-groupe n°1. Les consultations ont eu lieu entre septembre et décembre, les entreprises attributaires des marchés du sous-groupe n°1 ayant été désignées en décembre 1999.

L'année 2000 a été consacrée aux démarches administratives (enquêtes publiques et libération foncière des terrains) ainsi qu'au démantèlement des bâtiments industriels existants. L'année a également permis d'effectuer les reconnaissances géotechniques nécessaires à l'élaboration des projets par les entreprises. Durant cette année des recherches ont également été menées pour s'assurer que les travaux envisagés sur un site ayant abrité des industries extractives et des activités industrielles ne mettaient pas en cause des pollutions résiduelles pouvant nuire à la santé publique ainsi qu'aux employés des entreprises.

Ces préalables ayant été levés, la phase des travaux proprement dits a débuté fin 2001, la mise en service étant prévue au printemps 2003.

### **L'alotissement** (photos 1, 2 et 3)

Les travaux ont été décomposés selon les marchés suivants :

#### ◆ **sous-groupe n° 1 :**

- marché RD160 : ce marché comprend l'ensemble

des travaux (terrassements, assainissement, ouvrages d'art, chaussées, dispositifs de sécurité et signalisation) destinés au rétablissement de la RD160 qui a dû être entièrement déviée au droit du site pour contourner le faisceau ferroviaire,

- marché terrassements assainissement chaussées : il comprend l'ensemble des terrassements, de l'assainissement, des fourreaux, les chaussées des différentes voiries et les fondations des portiques des cours ; il ne comprend pas les chaussées spécifiques de la plate-forme,

- marché chaussées lourdes : il correspond aux chaussées spécifiques de la plate-forme proprement dite,

- marché génie civil : il comprend les travaux de réalisation du quai fluvial, du poste d'attente pour les péniches, du mur de soutènement de la plate-forme vis-à-vis du canal, des fondations du portique fluvial,

- marché pont sur la Deûle : ce marché correspond à l'ouvrage bow-string qui permettra de relier la zone LA à la plate-forme en franchissant le canal,

- marchés portiques : ils correspondent à la fabrication et la mise en service des portiques de maintenance de la plate-forme,

- marché clôture : il a pour objet les clôtures provisoires et définitives de la plate-forme,

- marché fourniture de ballast.

L'ensemble de ces marchés représente un montant de l'ordre de 64 millions d'euros.

#### ◆ **sous-groupe n° 2 :**

- marchés fourniture et pose de voie ferrée,

- marché signalisation ferroviaire,

- marché caténaires,

- marché adduction eau potable et défense incendie,

- marchés éclairage,

- marché électricité,

- marché aménagements paysagers,

- marchés signalisation,

- marché bâtiments,

- marchés divers.

L'ensemble de ces marchés représente un montant de l'ordre de 46 millions d'euros.

Enfin l'échangeur de desserte de la plate-forme par l'autoroute A1 a fait l'objet d'un marché spécifique d'un montant de l'ordre de 7 millions d'euros. Ce marché comprend l'ensemble des prestations nécessaires à la mise en service de l'échangeur (terrassements, assainissement, ouvrage d'art, chaussées, signalisation, éclairage, aménagements paysagers).

### **Les marchés de travaux du sous-groupe n° 1**

Les marchés de travaux du sous-groupe n° 1 ont été lancés sur la base de l'avant-projet établi par le maître d'œuvre. Ils comprenaient pour les entreprises les prestations suivantes :

- ◆ études et sondages géotechniques de reconnaissance ;
- ◆ mise au point des projets ;
- ◆ réalisation des travaux.

Ces marchés comprenaient une clause d'incitation aux économies en cas de proposition technique économique de la part des entreprises, les économies étant partagées entre le maître d'ouvrage et les entreprises.

En effet, l'avant-projet a été bâti sur la base de sondages préliminaires qui n'ont pas pu être très développés du fait de la non maîtrise foncière des sols et leur occupation industrielle.

Après réalisation d'une campagne géotechnique complémentaire, les entreprises ont été amenées à amender l'avant-projet en présentant des solutions compatibles avec les caractéristiques reconnues des sols et respectant les cahiers des charges. La suite de cet article décrit quelques solutions qui ont été finalement retenues pour la réalisation des travaux.

## ■ LES FONDATIONS DES PORTIQUES DE MANUTENTION

### Les portiques de manutention

Les portiques de manutention sont au nombre de cinq. La cour à portique n° 1 comporte deux portiques à bec couvrant les 750 m de voie ferrée. Leur portée est de 19,30 m entre pieds. Les avant-becs ont une portée utile de 8,75 m.

La cour à portiques n° 3 comporte deux portiques simples couvrant les 750 m de voie ferrée. Leur portée est de 26 m.

La zone fluviale dispose d'un portique à bec couvrant une distance de 250 m de la voie ferrée. Ce portique a une portée de 25 m avec des avant-becs de portée utile de 12 m. Les portiques ont une capacité de levage maximale de 53 t.

Les charges ramenées par les différents portiques sur le rail au droit des galets sont de l'ordre de 30 t par galet soit environ 120 t par pied de portique. A ces charges peuvent s'ajouter des charges dues au stockage de conteneurs sous les avant-becs des portiques soit 60 kPa si on gerbe les conteneurs sur trois niveaux. Les charges dues aux circulations ferroviaires et routières interviennent également.

Afin d'assurer un bon fonctionnement de ces portiques, les tolérances différentielles sur les rails sont faibles (de l'ordre du centimètre). Des dénivélés entre rails plus importantes conduisent à des réductions des caractéristiques de déplacement des portiques entraînant une perte de rendement de la plate-forme. Il peut en outre apparaître une usure anormale des galets de roulement par mise en pincement du portique.



**Photo 3**  
Réalisation  
du mur de quai  
*Construction  
of quay wall*



**Photo 4**  
Réalisation  
des plots pilonnés  
*Construction  
of rammed blocks*

### Les solutions préconisées à l'appel d'offres

L'étude géotechnique préliminaire ayant reconnu des sols hétérogènes et déformables en surface (sils, limons, remblais divers), des solutions de fondation profonde des portiques étaient envisagées.

Les rails support des portiques reposaient sur des longrines supportées par des pieux fondés dans la craie. Cette solution conduisait à la création de pieux de diamètre 600 mm tous les 3 m soit pour 3250 m de longueur plus de 1000 pieux.

Le rail avant du portique fluvial reposait quant à lui sur le rideau de palplanches qui forme le quai.

### Les solutions proposées par les entreprises (photo 4)

Les reconnaissances géotechniques réalisées par les entreprises ont montré que les sols situés entre la surface et la craie dont l'épaisseur varie de 6 à 8 m sont moyennement compressibles.

Outre le problème de respect des tolérances pour les rails de portique, ces tassements conduisent à des efforts parasites sur les pieux en cas de stockage de conteneur à proximité des rails.

Il convient également de noter que lors de la mise au point des projets, des études sur la pollution éventuelle du site étaient en cours. Les solutions du type pieux devaient être étudiées pour vérifier

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DE LA PLATE-FORME

### Maître d'ouvrage

Syndicat mixte pour la construction de la plate-forme multimodale de niveau européen de Dourges. Représenté par :

- SAEM Delta 3 mandataire pour une partie du projet
- SAEM Delta 3 concessionnaire pour une partie du projet
- SEPAC mandataire pour la construction de l'échangeur

### Maîtrise d'œuvre

Groupement :

- Scetauroute (mandataire)
- Tractebel Development Engineering
- Berim
- Trace Architectes
- Paysages

### Contrôle technique

Norisko

### Coordonateur SPS

Euro Techni Contrôle

### OPC

Planitec BTP

### Entreprises

#### Sous-groupe n° 1

- Razel Siorat : terrassements assainissement chaussées
- Razel Siorat : rétablissement de la RD 160
- Colas : chaussées lourdes
- Rabot Dutilleul Buyck : pont sur la Deûle
- Norpac Quillery : quai zone fluviale
- Peiner : portiques
- Saniez : clôtures
- Bernard : fourniture de ballast

#### Sous-groupe n° 2

- Cogifer SA : fourniture de voies ferrées
- Lamblin Cogifer TF : pose de voies ferrées
- SCLE : caténaires
- Norelec SNCF : signalisation ferroviaire
- Cegelec : distribution électrique
- Satelec : éclairage extérieur plate-forme
- Sogea : AEP et défense incendie plate-forme

### Echangeur

Chantiers Modernes

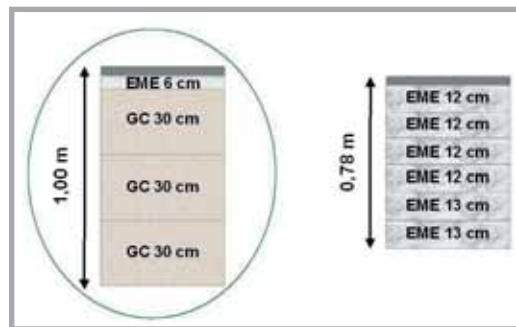


Figure 4  
Coupes types des structures de chaussées lourdes envisagées à l'appel d'offres

Typical cross sections of heavy pavement structures provided for in the invitation to tender

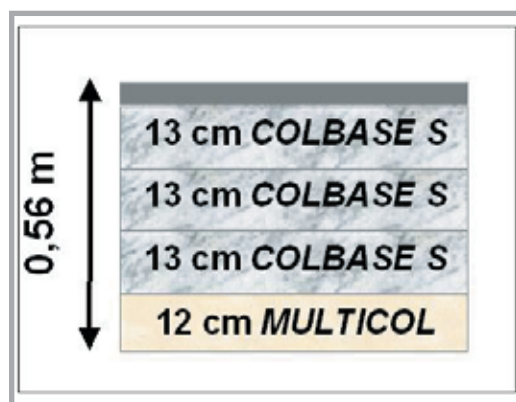


Figure 5  
Coupe type solution retenue pour les travaux

Typical cross section of solution selected for the works



l'impossibilité de transmission d'une éventuelle pollution entre la nappe superficielle et la nappe profonde par l'intermédiaire de ceux-ci. Il a donc été réalisé des pieux d'essais. Des forages ont été réalisés autour de ces pieux entre les différents horizons du sol et des essais de pompage ont montré qu'il n'y avait pas de communication entre ces horizons malgré la réalisation des pieux. Lors de la phase études ces conclusions n'étaient pas connues d'où la recherche de solutions autres.

Pour le portique fluvial, la solution des fondations sur pieux a été maintenue compte tenu de la faible longueur de parcours du portique. Des préchargements de la zone ont permis de s'affranchir des efforts parasites liés au stockage des conteneurs. Pour les autres portiques, les entreprises ont proposé une solution de plots pilonnés. Cette solution consiste à inclure des matériaux sains dans les sols par compactage dynamique à l'aide de masses poinçonnantes de 10 à 15 tonnes tombant en chute libre sur le sol. Les matériaux inclus sont constitués de schiste. La zone traitée se situe sous les portiques et sous les zones d'influence du portique. Des mesures pressiométriques et pénétrométriques

ont permis de définir les valeurs obtenues après traitement des sols et d'établir un modèle de calcul en trois dimensions permettant de vérifier la compatibilité de la solution avec les tolérances requises. Des essais de chargement sont prévus afin de vérifier la validité de ces calculs (figure 5).

La solution a permis d'homogénéiser les sols par l'inclusion des plots pilonnés. Mais l'amélioration des sols entre plots et sous les plots a été plus faible que celle espérée. Néanmoins les calculs, basés sur les modules mesurés des sols, montrent que la solution répond aux tolérances requises. Elle a donc permis de réaliser les travaux dans des délais plus courts que la solution de base et ce dans un coût inférieur.

## LES STRUCTURES DE CHAUSSÉES LOURDES

### Les sollicitations des chaussées lourdes

Les chaussées lourdes de la zone trimodale doivent supporter la circulation des grues mobiles qui permettent de transporter les conteneurs et de les gerber en stock. Elles supportent également le stockage des conteneurs sur trois niveaux.

Les sollicitations auxquelles elles sont soumises sont à la fois statiques et dynamiques. Les charges ainsi rencontrées sont de l'ordre de 10 fois supérieures à celles engendrées par la circulation des poids lourds.

La conception des chaussées doit assurer :

- ◆ pour les assises, une résistance à l'orniérage et à la fatigue (circulation des grues) et une résistance à la traction (conteneurs);
- ◆ pour le revêtement, la planéité et l'étanchéité, l'adhérence au freinage (grues) et la résistance au poinçonnement (conteneurs).

### Les solutions préconisées à l'appel d'offres (figure 4)

Les solutions envisagées sont classiques. La solution proposée à l'appel d'offres est constituée de 90 cm de grave ciment surmontée d'un revêtement du type enrobé percolé au ciment de 4 cm d'épaisseur. En effet cette solution est plus économique qu'une solution noir classique conduisant à la mise en œuvre de 74 cm d'EME en six couches à la place des 90 cm de grave ciment.

### La solution proposée par les entreprises (figure 5)

Sur la base de l'utilisation de produits d'entreprise présentant des caractéristiques élevées, l'entreprise a proposé une solution en enrobés conduisant à une épaisseur des couches de chaussées de

51 cm auxquels il faut rajouter 5 cm de revêtement. Cette solution présente l'avantage de réduire la quantité de matériaux à approvisionner et à mettre en œuvre. Elle permet donc un raccourcissement du délai de réalisation et diminue le trafic des poids lourds approvisionnant la plate-forme.

En outre, l'utilisation de schiste traité en couche de forme (voir *Travaux* n° 777 de juillet-août 2001) conduit à des couches support de chaussées à performances élevées permettant de ramener l'épaisseur ci-dessus à 45 cm plus le revêtement.

## ■ CONCLUSION

Les marchés du sous-groupe n° 1 des travaux de la plate-forme multimodale de Dourges se caractérisent par le fait de la réalisation des études de projet par les entreprises après qu'elles aient réalisé les études géotechniques détaillées.

Une telle solution a permis de respecter les délais intermédiaires souhaités par le maître d'ouvrage. Le travail mené par les entreprises en collaboration étroite avec l'équipe de maîtrise d'œuvre et avec l'appui du maître d'ouvrage a permis de dégager des solutions originales. Ces solutions ont apporté des avantages en terme de qualité de la plate-forme, de délais de réalisation. Elles ont également permis de maîtriser les coûts de construction malgré la complexité du site et les mauvaises surprises des études géotechniques.

## ABSTRACT

### Delta 3. The Dourges multimodal platform

*J. Avenel, E. Freneat, I. Henry,  
A. Morbois*

**The Dourges multimodal platform is designed to receive heavy intermodal container traffic. It is geographically situated at the crossover point of the northern France motorway, the Deûle canal and the Lens Ostricourt and Paris Lille railway lines.**

**To comply with a schedule for commencement of part of the works contracts, they were begun based on the initial design. The contractors were to pay for the geotechnical engineering and project finalisation.**

**This original solution made it possible to meet the deadlines desired by the contracting authority. It also made it possible, thanks to team work by the contractors and the project manager, with the support of the contracting authority, to apply original solutions to comply with work execution quality, optimise construction times and control construction costs despite bad surprises following geotechnical reconnaissance.**

## RESUMEN ESPAÑOL

### Delta 3. Plataforma multimodal de Dourges

*J. Avenel, E. Freneat, I. Henry  
y A. Morbois*

**La plataforma multimodal de Dourges está destinada a recibir un importante tráfico intermodal de contenedores. Su ubicación geográfica se sitúa en el cruce de la autopista del Norte, del canal de la Deule y de las vías ferroviarias Lens Ostricourt y París Lille.**

**Con objeto de respetar un programa de inicio de una parte de los contratos de obras, estos últimos se han emprendido según el fundamento del anteproyecto. Las empresas constructoras han tenido a su cargo los estudios geotécnicos y el desarrollo del proyecto. Esta solución original ha permitido respetar los plazos deseados por la entidad contratante y también ha permitido, debido a un trabajo en equipo de las empresas y del responsable de las obras, con el apoyo de la entidad contratante, poner en aplicación solu-**

**ciones originales que han permitido respetar la calidad de ejecución de las obras, optimizar los plazos de ejecución y asimismo, dominar los costes de construcción, y ello a pesar de las malas sorpresas derivadas de los reconocimientos geotécnicos.**



# Une ingénierie pour

**Les contraintes actuelles, économiques et techniques liées aux tirs de mines sont perçues différemment selon le point de vue des acteurs, selon qu'elles ne génèrent ou pas de valeurs ajoutées. La conception actuelle des tirs s'appuie désormais sur les notions fondamentales de la détonique et les mécanismes reconnus de fragmentation et d'endommagement. Bien que mettant en œuvre des outils scientifiques, les solutions doivent rester les plus pragmatiques possible au stade des opérations.**

**Ce n'est qu'au cours des années 1990 que les auteurs ont introduit la nouvelle approche sismologique... impliquant la nécessité de structurer en ingénierie les processus de reconnaissance des paramètres, de modélisation et de validation de la performance des tirs. Les notions d'essais par tâtonnements successifs, les "lois" empiriques qui en découlent deviennent obsolètes : la modélisation sismique hybride permet de sélectionner parmi les solutions optimales, celles qui satisferont tous les points de vue.**

**Disposant de la référence optimale, le praticien peut être désormais assisté d'un pilotage qualitatif et prévisionnel.**

**L'économie globale des opérations s'en trouve optimisée, en toute sécurité.**

Photos 1 et 2  
L'amorçage ponctuel n'est autorisé en mines profondes qu'en 1987, suite aux actions du sous-groupe "amorçage" du GFEE (Groupe français d'énergie explosive) auprès du ministère de l'Industrie

*Precision detonation was authorised in deep mines only in 1987, following the actions of the "detonation" sub-group of GFEE (Groupe français d'énergie explosive) with the French Ministry of Industry*



## ■ INTRODUCTION

### Rappel historique

Les contraintes actuelles, aussi bien économiques que techniques liées aux tirs de mines sont perçues différemment selon le point de vue des acteurs, à fortiori lorsque les matériaux à extraire à l'explosif ne génèrent pas de valeurs ajoutées. Les méthodes empiriques de conception d'un tir de mines que l'on rencontre encore ne suffisent plus à satisfaire ces contraintes.

En préambule, cette introduction rappelle comment les développements techniques en France durant les 20 dernières années, ont d'abord été motivés par des impératifs économiques, du point de vue de l'entrepreneur de travaux au rocher.

A la fondation du GFEE (Groupe français d'énergie explosive) en 1982, le dimensionnement des tirs dépend, dans une large mesure, des techniques de foration. L'enquête alors menée auprès des consommateurs de l'énergie explosive montre, qu'à l'exception des pratiques en carrières de l'industrie cimentière, les diamètres de foration n'excèdent que très rarement 102 mm en foration hors du trou (105 -110 mm au marteau fond de trou). Dans le même temps, les techniques d'amorçage se limitent au cordeau détonant initié en tête du forage, au mieux, par un détonateur électrique à microretard.

De rares exceptions cependant : dès 1977, des amorçages ponctuels en fond de charge de mines profondes sont réalisés simultanément, sur une carrière expérimentale avec des détonateurs électriques "rallongés" (photos 1 et 2) ; et à la carri-

ère de La Noubleau à Saint-Varent où l'amorçage en fond de trou de mines profondes est pratiqué avec un cordeau détonant à basse énergie de 6 gr/m sans effet sur une bouillie pompable à base de TNT. Au cours des années 1980, les initiatives portant sur l'évolution des paramètres de conception des tirs s'appliquent, avec plus de flexibilité, sur les grands ouvrages de travaux publics. Une plus grande liberté d'innovation, y est permise du fait des variations, d'un chantier à l'autre, des natures de roche et des conditions de géométrie (plate-forme de centrales nucléaires de Flamanville et Chooz, fouilles d'usines hydroélectriques de Song Lou Lou au Cameroun, de Sault Brenaz...) (photo 3).

La conception des tirs de mines est ainsi remise en question sur chaque site nouveau et selon des sensibilités variables selon que le concepteur est influencé par sa formation première, de géologue ou de chimiste.

Ce n'est qu'au cours des années 1990 qu'apparaît la nouvelle approche sismologique...

### Notion d'ingénierie

Les techniques actuelles de la conception des tirs s'appuient sur les notions fondamentales de la détonique et les mécanismes reconnus qui en résultent ; bien que mettant en œuvre directement des outils scientifiques, il est impératif que les applications restent cependant le plus simple possible pour les praticiens.

Bien que les objectifs de fragmentation restent le plus souvent fondamentaux, pour satisfaire aux contraintes économiques, les nuisances sismiques induites dans le massif par des charges explosives



# le minage

constituent des causes d'endommagement du massif rocheux, souvent moins considérées.

Dans les années 1970, les grandeurs telles que charge et distance entre la source explosive et l'enregistreur de vibrations permettent d'approcher la notion de vitesse particulière caractérisée par une amplitude de vibration de l'ordre de quelques millimètres par seconde et de très courte période, de l'ordre de quelques hertz à quelques dizaines de hertz. En première approximation, à partir de ces deux paramètres, on a coutume d'utiliser, une "loi" empirique d'amortissement; cette méthode devrait, pour le moins, être considérée selon une approche probabiliste pour représenter d'une façon réaliste le processus d'amortissement de la vitesse particulière. Il convient, en particulier, de noter que la séquence du tir de production n'est pas véritablement prise en compte dans cette approche.

Lorsque les tirs de production comprennent des charges variables, il est préférable de disposer de l'analyse du contenu fréquentiel du signal vibratoire de chaque charge-type de sorte à pouvoir simuler une séquence de tir spécifique. La technique de sommation des signaux élémentaires, mesurés *in situ*, appelée Modélisation Sismique Hybride (MSH)<sup>1</sup> permet de contrôler la sismicité de l'ensemble du tir de mines.

## ■ LES PRATIQUES PROFESSIONNELLES VUES PAR LE CONSULTANT EN INGÉNIERIE DU ROCHER

L'approche empirique impose, à priori, de se poser la question du choix du diamètre de foration (D). Celui-ci a également une influence de moins en moins négligeable sur la performance de la charge, en particulier pour les explosifs modernes en vrac.

Les extrêmes : un petit diamètre représente un coût important de main d'œuvre. Au contraire, un gros diamètre n'est pas adapté dans le cas où le massif rocheux comporte des discontinuités (joints) très marquées; dans le cas de fouilles d'ouvrages, par exemple, on doit "construire" des parois, et par conséquent, préserver le massif de tout traumatisme, en champ très proche (photo 3).

1. Cette méthode a été développée dès 1991 en France par YSO Consultants en coopération avec des spécialistes étrangers et français pour maîtriser les vibrations engendrées par les tirs de mines en sites sensibles. Il s'agit d'une combinaison "hybride" de mesures *in situ* et de simulations par ordinateur.

La gestion du tir de mines est souvent plus quantitative que qualitative. Parmi les questions qui préoccupent le praticien :

- ◆ quelle consommation spécifique? au lieu de quelle partition d'énergie investie par mètre cube?
- ◆ combien de détonateurs? au lieu de quel système d'artifice?

Une conception globale qui prend en compte les deux aspects conjointement – quantité et qualité – paraît indispensable pour aboutir à un schéma directeur d'ingénierie.

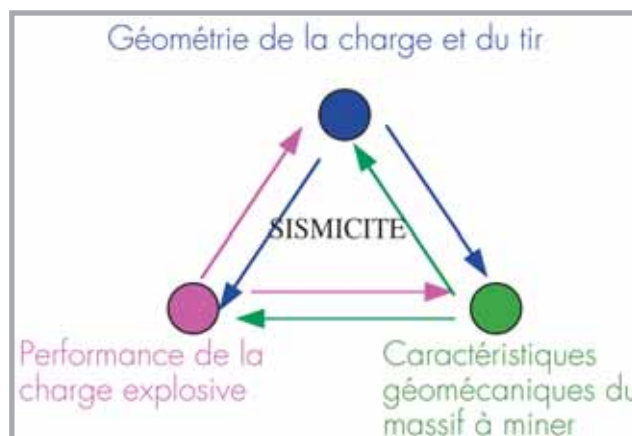
## ■ VERS UN SCHÉMA DIRECTEUR D'INGÉNIERIE

Il s'agit de conjuguer à la fois, les contraintes d'environnement et les performances économiques de l'extraction à l'explosif. Bien que de plus en plus sévères, ces contraintes sont totalement compatibles. L'efficacité globale d'un tir dépend d'interactions complexes entre différentes familles de paramètres. Il est pratique de les regrouper selon trois pôles fondamentaux (figure 1).



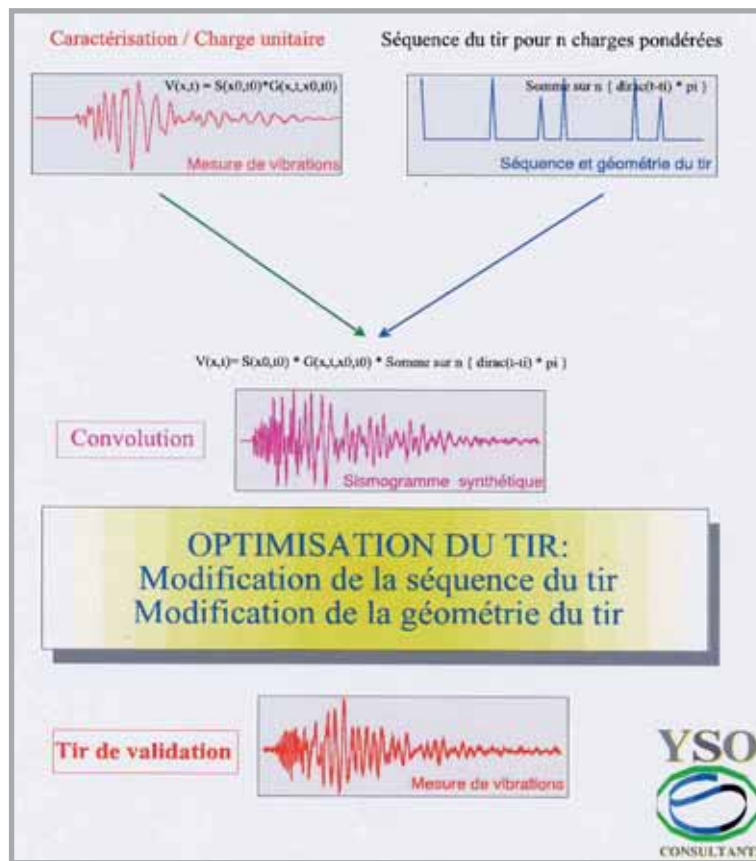
**Photo 3**  
Fouille de Saut Brenaz -  
Tir séquentiel non électrique  
en mines ordinaires  
de 115 mm x 6 m (1984)

*Saut Brenaz excavation -  
Non-electric sequential blasting  
in ordinary mines, 115 mm x 6 m  
(1984)*



**Figure 1**  
L'efficacité globale  
d'un tir  
dépend d'interactions  
complexes  
*The overall effectiveness  
of a blast depends  
on complex interactions*

Figure 2  
Modélisation sismique hybride  
Hybrid seismic modelling



### LA MODÉLISATION SISMIQUE HYBRIDE (MSH)

Il s'agit d'une combinaison "hybride" de mesures in situ et de simulations par ordinateur.

Lors de tirs de charges élémentaires, des mesures de vibrations sont enregistrées selon différents profils variant en direction et en distance de sorte à caractériser les différentes "signatures sismiques" unitaires.

Les signaux sismiques produits par la détonation de charges unitaires sont enregistrés *in situ*, dans les conditions réelles de propagation. Ces enregistrements contiennent les informations relatives au mécanisme complexe du rayonnement de l'énergie sismique d'une source explosive aussi bien qu'à l'effet de filtre dû au cheminement de la propagation du signal dans le sol (figure 2).

Par convolution du signal d'une charge unique avec une séquence d'amorçage et une géométrie de sautage, on simule sur ordinateur les vibrations produites par un tir de production "synthétique" de plusieurs charges. En faisant varier systématiquement la séquence de mise à feu dans la modélisation, il est possible de déterminer les intervalles optima entre dates de détonation des différentes charges selon différents critères tels que charge unitaire, orientation, morphologie de la masse minée, amplitude minimale, vitesses particulières des vibrations en fonction de la fréquence.

Les séquences des premiers tirs d'essai sont choisies parmi celles ayant donné les meilleurs résultats en modélisation. Les modules de tir de production sont ainsi ajustés en fonction des exigences les plus contraignantes.



### Les relations entre paramètres de conception des tirs

Certains de ces paramètres, variables, ne sont que peu ou pas maîtrisables tels que la structure et les caractéristiques géomécaniques du massif rocheux. D'autres sont ou pourraient être, maîtrisés tels que la géométrie et la performance de la charge, qui affectent le traumatisme induit, le mécanisme de fragmentation.

L'efficacité des énergies explosives investies dépend d'interactions entre ces paramètres. Il est possible de caractériser ce rendement par la sismicité globale du tir : c'est-à-dire par la mesure de l'énergie dissipée dans l'environnement.

### La caractérisation du comportement géomécanique du massif

Il est possible de reconnaître les particularités du massif à miner (célérité sonique par diagraphies microsismiques, densité, structure de la fracturation naturelle, traumatisme induit par le tir précédent...) et d'y adapter la géométrie des charges.

### La performance des charges explosives

Elle est influencée, en plus des conditions d'amorçage et de son confinement, par l'état géomécanique du massif. Plus le massif est raide, et plus il requiert d'énergie de choc<sup>2</sup>. La performance intrinsèque de la charge explosive peut être caractérisée par la mesure directe de la vitesse du front de détonation, qui constitue un contrôle qualitatif de l'explosif, dans les conditions d'emploi.

### La consommation spécifique d'explosif

Exprimée en grammes par tonne ou mètre cube, elle est une base de calcul économique mais qui ne traduit pas l'efficacité du processus de fragmentation.

### La géométrie de la charge et du tir

Elle influe sur la partition énergétique "énergie de choc/énergie des gaz"<sup>3</sup>.

### La sismicité induite des tirs

C'est l'approche la plus récente qui permette de qualifier, globalement, une "ingénierie des tirs". Les mesures des vibrations induites dans l'environnement du tir constituent des "signatures sismiques". Celles-ci contiennent, à la fois tout l'historique des interactions entre les différents paramètres du tir, à la source, et de leurs combinaisons plus ou moins réussies. Elles témoignent de l'efficacité globale du tir. En effet, ces mesures prennent en compte toutes variations de ces paramètres, y compris celles du massif rocheux.

### L'optimisation des tirs par "Modélisation Sismique Hybride" (MSH)

Elle est décrite en encadré.

### La validation des solutions proposées et le suivi des mesures d'énergie sismique

L'optimisation sismique hybride permet, en réduisant l'énergie sismique, pour satisfaire les contraintes d'environnement, d'ajuster globalement les paramètres associés à la source. La mesure de cette

2. Energie cinétique, statique et dynamique

3. Energie de propulsion, de foisonnement et pertes

énergie permet, d'une part, de valider les phases de calcul, et d'autre part, de suivre les éventuelles dérives. Ainsi, les mesures de vibrations assurent un contrôle qualitatif du rendement énergétique des tirs et non plus seulement la surveillance d'un niveau de "nuisance" par rapport à une limite réglementaire ou contractuelle admissible.

Dans tous les cas vécus, il ressort que l'optimum économique est atteint lorsque le minimum de sismicité est ajusté et entretenu.

En résumé, l'efficacité des interactions entre les paramètres tendant vers l'optimisation des tirs est, globalement contenue dans la mesure de leur sismicité.

### Mesures de vibrations et pilotage du minage

Lors d'opérations de minage en environnement sensible, les mesures de vibrations sont indispensables pour le contrôle des effets induits par les tirs de mines sur les structures. De plus, lorsque les tirs de mines ont fait l'objet d'optimisation sismique, ces mesures constituent une référence pour le suivi qualitatif du rendement des énergies explosives mises en œuvre, et permettent de prévenir toute dérive par rapport à l'optimisation.

La solution du réseau de télémessure permet d'assurer cette surveillance pour un véritable pilotage du chantier à distance.

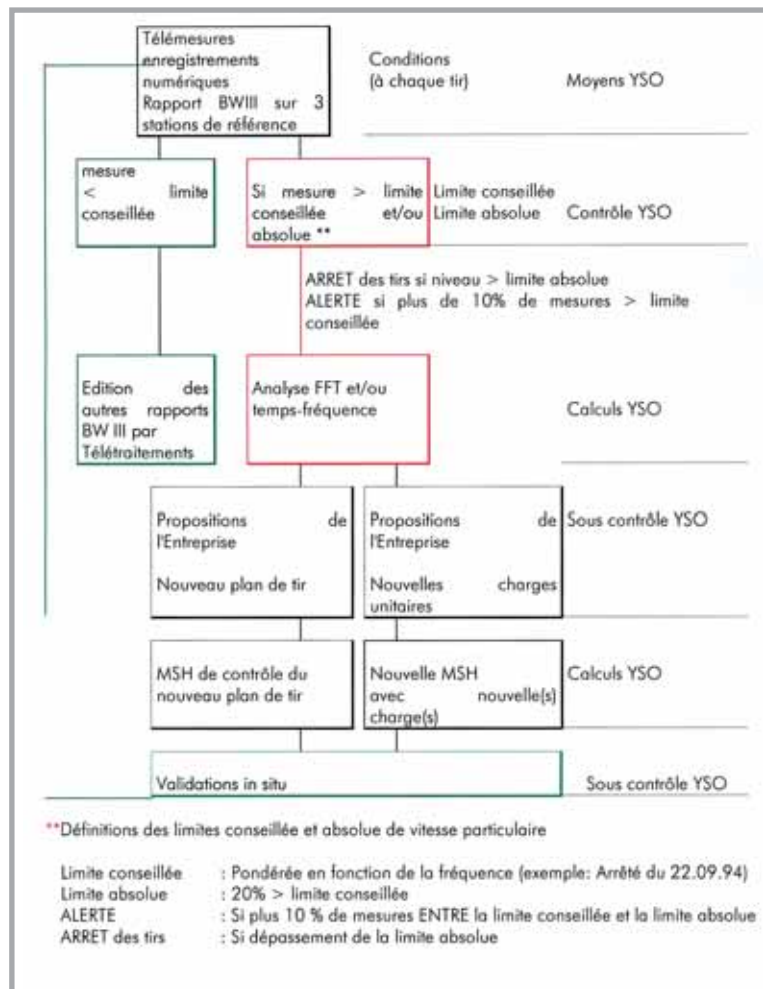
Le dispositif est constitué d'un nombre variable de sismographes interrogeables à distance, répartis autour des opérations de minage; les données mesurées sur chacun des capteurs sont centralisées sur un serveur central (SEQ) via un modem et une ligne téléphonique ou une liaison sans fil GSM. L'opérateur (pilote) effectue à distance le réglage des paramètres de configuration des enregistreurs, la récupération des données, examine et analyse les signaux vibratoires.

#### Exemple : le chantier sur la RN165 à Vannes - Mars 2002

Une station de télémessure des vibrations a été mise en place pour contrôler les vibrations induites par les tirs de mines sur un château d'eau se trouvant à proximité du chantier. Au total, 17 tirs ont été enregistrés, et une copie des enregistrements a été adressée au maître d'œuvre à la fin de chaque demi-journée (photo 4).

### APPLICATION SUR UN CHANTIER EN SITE URBAIN SENSIBLE À NANTES

Dans le cadre de la préparation du chantier d'extension du parking souterrain, Place Bretagne à Nantes, des essais de tir de charges unitaires ont permis de caractériser les signatures sismiques



**Photo 5**  
**Une des huit stations de télémessure**  
**One of the eight telemetry stations**

des charges explosives dans l'environnement, en vue de modéliser des tirs de mines "de production" nécessaires au terrassement des fouilles de l'ouvrage.

Cette phase liminaire consiste à ébaucher les conditions pratiques les plus vraisemblables d'exécution des tirs de mines en site contraignant.

Cette phase comprend l'étude sismique proprement dite, selon la méthode de Modélisation Sismique Hybride des vibrations. Elle conduit à des propositions de modules de tirs réalistes de plusieurs dizaines de charges, compte tenu de leur impact en vibrations dans l'environnement du chantier, de sorte à fournir à l'entreprise des éléments d'appréciation relatifs, aussi bien à la conception des tirs de mines, qu'aux conditions de propagation des vibrations induites dans les bâtiments autour de la Place Bretagne (photo 5).

Les travaux de minage, après validation des calculs de modélisation sismique, ont été contrôlés selon l'organigramme de la figure 3.



**Photo 4**  
**Station de télémessure GSM**  
**GSM telemetry station**

## ► ■ CONCLUSION

A l'aube du vingt et unième siècle, l'accélération des innovations techniques touchant l'électronique, le traitement et la diffusion de l'information, est telle qu'elle génère un contraste avec le passé récent, dont l'empreinte peut susciter des réactions de rejet.

S'agissant des applications industrielles de l'énergie explosive, ceci est d'autant plus regrettable que cette évolution, quelque peu désordonnée des connaissances, conduit à plus de confort, d'assurance, par conséquent de sérénité dans l'accomplissement des tâches dont les objectifs sont chaque jour plus sévères.

L'aventure n'est donc pas achevée; tout ou presque, peut une nouvelle fois être remis en cause avec la perspective désormais validée, d'assurer un progrès considérable tant en matière de sécurité que de productivité.

Comment adoucir le contraste entre pratiques et innovations, et permettre à chaque acteur, tout en demeurant fier de son actif, de participer avec enthousiasme à la progression des techniques appliquées : c'est tout le défi que nous nous sommes fixé.

## ABSTRACT

### Engineering for mining

*M. Pailharey, L. Terpreau, P. Bernasconi, Y. Sifre*

**The current economic and technical constraints related to mine blasting are perceived differently by the various players, according to whether or not they generate value added. Current blast design is now based on the fundamental concepts of explosives science and the recognised mechanisms of fragmentation and damage. Although involving scientific tools, the solutions should remain as pragmatic as possible at the operating stage.**

**It was only during the 1990s that authors introduced the new approach to seismology... implying the need for structuring in the engineering stage the process of parameter reconnaissance, modelling and validation of blasting performance. The concepts of testing by trial and error and the empirical "laws" following on from this become obsolete : hybrid seismic modelling makes it possible to select from the possible solutions the optimum ones which will meet all requirements.**

**Having the optimum reference, the practitioner can now be assisted by prospective qualitative guidance.**

**The overall economics of operation are optimised, in complete safety.**

## RESUMEN ESPAÑOL

### Una ingeniería para las voladuras

*M. Pailharey, L. Terpreau, P. Bernasconi y Y. Sifre*

**Los imperativos actuales, económicos y técnicos, relacionados con las voladuras se perciben de distinto modo acorde al punto de vista de los actores, es decir, si tales imperativos vienen o no a generar valores añadidos. El concepto actual de las voladuras se funda ahora en las nociones fundamentales de la detónica y los mecanismos reconocidos de fragmentación y de daños causados. Aún cuando se implementan herramientas específicas, las soluciones deben seguir siendo lo más pragmáticas posibles en la etapa de las operaciones.**

**Únicamente durante el transcurso de los años 1990, los autores han podido introducir el nuevo enfoque sismoló-**

**gico... que presupone la necesidad de estructurar la ingeniería de los procesos de reconocimiento de los parámetros, de modelización y de validación de los resultados de las voladuras. Las nociones de ensayos por tanteos sucesivos, las "leyes" empíricas que de ello se derivan pasan a ser obsoletas : la modelización sísmica híbrida permite seleccionar entre las soluciones óptimas, aquellas que habrán de satisfacer todos los puntos de vista.**

**Al disponer de la referencia óptima, el especialista puede ya contar con el asesoramiento de un pilotaje cualitativo y previsional.**

**La economía global de las operaciones se encuentra así optimizada, y ello con toda seguridad.**

# 4 km de déviation en béton armé continu sur la RN4 en Moselle

La technique du Béton armé continu (BAC) s'est développée en France depuis 20 ans, essentiellement à travers les structures de type BAC/BBSG (Béton bitumineux semi-grenu). Cette dernière structure a été largement utilisée sur le réseau autoroutier (son dimensionnement ne prend pas en compte la couche d'enrobé BBSG, considérée uniquement comme une couche anti-érosion assurant la protection de la couche de forme sous-jacente).

Forts de l'expérience acquise sur les réseaux routiers et autoroutiers, la direction des Routes, le SPECBEA (Syndicat des entreprises chaussées béton) et CIMbéton (représentant l'industrie cimentière), ont souhaité améliorer la compétitivité de la chaussée béton en concevant une nouvelle structure de type BAC/GB présentant les caractéristiques suivantes :

- structure monolithique par suite de l'adhérence par collage naturel et durable entre les couches de béton et de grave bitume ;
- structure optimisée d'épaisseur totale inférieure à celle de la structure BAC/Béton maigre et BAC/BBSG, à trafic équivalent.

Après avoir expérimenté avec succès ce nouveau concept sur un chantier du réseau national (déviation des Rassats-Favrauds - RN141 - Charentes - 1998), la direction des Routes a adressé une circulaire du 2 octobre 2000 proposant aux maîtres d'œuvre de l'Équipement deux nouvelles fiches de dimensionnement relatives à cette structure innovante. Pour valider ce concept dans des conditions climatiques sévères, un chantier a été réalisé en 2001 sur la déviation de Bebing et Imling sur la RN4 en Moselle. C'est ce dernier chantier qui fait l'objet de l'article qui suit.

Afin d'obtenir une meilleure fluidité du trafic sur la RN4, la direction départementale de l'Équipement de la Moselle a décidé d'éviter les villes de Bebing et d'Imling. Longue de quatre kilomètres, cette déviation reliant l'échangeur de Heming-Est à celui de Sarrebourg-Ouest sera ouverte à la circulation en 2002.

## ■ BAC COLLÉ SUR GRAVE-BITUME

Intéressée par les performances apportées par les dernières avancées techniques en matière de construction routière, la DDE de la Moselle a retenu une solution en béton armé continu collé sur grave-bitume GB3 grenillée. Cette démarche fait suite à une expérimentation menée à Angoulême mais avec la perspective d'un climat plus rude dans le cas présent.

Cette chaussée comporte une couche de forme de 50 cm d'épaisseur en moyenne, recouverte d'un enduit bicouche, d'une couche d'accrochage et de 9 cm de grave bitume de classe 3 (norme NF P 98-138). Après grenaillement de cette dernière, la couche de roulement est réalisée en BAC de classe 5 (norme NF P 98-170). Celle-ci est ensuite recouverte

par un BBTM 0/10 de classe 1 (norme XP P 98-137).

Pour la chaussée nord (sens Strasbourg/Metz), le BAC a une épaisseur de 17 cm sur la voie lente et de 14 cm sur la voie rapide. Pour la chaussée sud, il mesure 16 cm d'épaisseur sur la voie lente et 14 cm sur la voie rapide. Chacune de ces chaussées adopte un profil en pente unique pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales. Ces épaisseurs



## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### Maître d'ouvrage

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement - DDE 57

### Maître d'œuvre

DDE 57 - Arrondissement GT2 - Subdivision travaux 1

### Assistance technique à la maîtrise d'œuvre

Gilles Laurent (CETE de l'Ouest, représentant le Setra)

### Couche de forme, grave-bitume et échangeurs

Colas Est

### Chaussée béton et bétons extrudés

Gaillédtrat (mandataire)

La déviation 2 x 2 voies de la RN4 en béton armé continu collé sur grave-bitume

*Two-lane dual-carriageway diversion for the RN4 highway in continuous reinforced concrete bonded onto bituminous-bound aggregate*

Après avoir nettoyé la grave-bitume grenillée, le béton est déversé sur le tapis d'alimentation qui facilite sa répartition à l'avant de la slip-form

*After cleaning the shot-peened bituminous-bound aggregate, the concrete is discharged onto the conveyor belt which facilitates its distribution in front of the slip-form paver*



Le passage d'une toile de jute humide unifie la surface de la chaussée

*Wiping with a moist jute cloth unifies the pavement surface*



Le bétonnage est réalisé à l'aide d'une machine à coffrage glissant et les armatures sont placées au moyen de trompettes

*Concreting is performed using a slip-form paver and the reinforcements are installed with trumpet junctions*



## FORMULATION DU BÉTON POUR 1 M<sup>3</sup>

- 0/4 roulé sable du Rhin Beschwiller : 550 kg
- 0/6,3 concassé Raon-l'Etape : 235 kg
- 6/14 concassé Raon-l'Etape : 1 085 kg
- Ciment : Ciments d'Origny CEM II B 32,5 R 330 kg
- Plastifiant Sika 22S : 0,5 % du poids de ciment
- Entraîneur d'air Sika AER : 0,05 % du poids de ciment
- Eau totale : 161 litres

concernent environ 90 % de cette déviation. Pour vérifier certaines hypothèses de dimensionnement liées à la technique du BAC, deux planches expérimentales ont aussi été prévues : la première planche, concernant une structure composite "12 cm BAC/9 cm GB3", a été réalisée sur une longueur de 123 m ; la seconde planche, ayant une structure composite "10 cm BAC/9 cm GB3", a été mise en place sur une longueur de 175 m. D'après la méthode de dimensionnement française, ces planches devraient avoir une durée de service de respectivement 10 ans et 4 ans (ces durées s'entendent sans entretien).

En dehors des planches expérimentales, la chaussée en BAC a été dimensionnée pour une durée de vie de 30 ans. Au terme de ces durées prévues sur les planches expérimentales (10 ans et 4 ans), un rechargement en enrobé d'épaisseur 10 cm est prévu pour prolonger la durée de service jusqu'au délai de 30 ans.

## ■ UNE SLIP-FORM RÉGLÉE EN 8 MÈTRES DE LARGE

Après grenailage et nettoyage approfondi (balayage et lavage au jet d'eau haute pression) de la surface de la grave-bitume, les 56 aciers (représentant un total de 560 tonnes), nécessaires à chaque chaussée, sont mis en place manuellement avant le coulage du béton. A l'exception des deux planches expérimentales où les aciers sont fixés sur des distanciers, ceux-ci sont disposés en trois faisceaux, les "trompettes" fixées à l'avant de la machine à coffrage glissant (*slip-form*) qui se charge ensuite de les placer automatiquement et régulièrement à la fibre neutre du béton. Celui-ci provient de la centrale installée à proximité du chantier par Gaille-

Un joint plastique est inséré automatiquement à l'avancement

*A plastic seal is inserted automatically as work progresses*



drat, mandataire du groupement Gailledrat-Colas Est chargé des travaux.

"Certifiée Iso 14 000, l'entreprise Gailledrat a pris les précautions nécessaires en matière de protection de l'environnement : bassins de rétention, de décantation..." précise Jean-Jacques Bartoletti, son directeur des travaux. Le béton est déversé dans la trémie de l'alimentateur à tapis roulant chargé de répartir le béton à l'avant de la machine à coffrage glissant. Celle-ci assure simultanément le coffrage et la vibration du béton sur une largeur de 8 m. "Ainsi, elle réalise en une seule passe la totalité de la largeur de la chaussée, à une cadence moyenne de 60 m/h" commente Jean-Jacques Bartoletti.

A l'arrière de la machine, une taloche de grande dimension (*super-smoother*) lisse la surface du béton, que complète ponctuellement un talochage manuel.

Un chariot tracté assure un brossage transversal superficiel avant le passage d'une toile de jute humide chargée d'unifier la surface de la chaussée. Enfin, pour terminer, un chariot automoteur pulvérise un produit de cure.

## ■ JOINT AXIAL COUTURE TOUS LES MÈTRES

Un joint axial partage chaque chaussée en deux parties en délimitant une voie lente large de 3,65 m et une voie rapide de 4,35 m. C'est encore la *slip-form* qui réalise cette opération en insérant automatiquement dans l'épaisseur du béton un joint



**Un châssis automoteur assure l'application du produit de cure**

**A self-propelled chassis performs application of the curing product**



**Un joint lourd de type G est prévu à l'extrémité du BAC (béton armé continu)**

**A heavy G type seal is planned at the end of the CRC (continuous reinforced concrete)**

**Sur ce chantier ont été réalisés 3000 m de caniveaux à fente en béton extrudé**

**On this site 3,000 metres of slotted gutters in extruded concrete were constructed**

## UN CHANTIER SUIVI A LA LOUPE

Aux traditionnels essais et prélèvements réalisés en interne par l'entreprise Gailledrat s'ajoutent ceux du laboratoire du CETE de l'Est. En début de journée, la teneur en eau des granulats est mesurée pour maîtriser au mieux l'apport en eau.

Les essais sur le béton frais sont classiques : cône d'Abrams (plasticité), teneur en air occlus, vérification de la masse volumique (éprouvette pour déterminer le rendement). Ils ont été effectués par Gérard Villon, technicien supérieur du LRPC de Nancy, qui précise : "Pour l'affaissement au cône d'Abrams (*slump-test*), l'objectif était de se situer dans une fourchette de 2 à 3 cm : nous sommes arrivés à 2,59. Quant à la teneur en air occlus, prévue entre 3 et 5 %, elle a atteint 4,2 %. Chaque jour, j'effectue également trois prélèvements de trois éprouvettes pour des tests de résistance en fendage à 28 jours. Pour les planches expérimentales, il en faut deux fois plus avec des tests à 7 jours."

Des échantillons de ciment et d'adjuvants sont aussi prélevés systématiquement chaque jour.

"Un protocole d'accord a été mis en place avec la cimenterie dans le sens d'un engagement de leur part sur la régularité de leur fourniture" ajoute Jean-Jacques Bartoletti.





▶ plastique déroulé à l'avancement, juste avant le talochage. Ce joint remplace avantageusement le traditionnel trait de scie axial apportant gain de temps et fiabilité. Ce joint est couturé tous les mètres par un fer de liaison d'un mètre de long et de 10 mm de diamètre. Fixée sur la slip-form, une guillotine centrale alimentée manuellement l'enfonce mécaniquement dans la dalle. On unifie la surface de la dalle béton par un talochage final.

### ■ CANIVEAUX À FENTE ET CUNETTES BÉTON

A chaque extrémité du BAC, l'entreprise Gailledrat a mis en œuvre un joint lourd de type G, homologué par le Setra, pour maîtriser la dilatation des barres d'acier. Le terre-plein central, large de 3 m, et les deux bandes d'arrêt d'urgence, d'une largeur de 2,50 m, sont réalisés après l'achèvement des deux chaussées en BAC. Ces parties se composent d'une grave non traitée épaisse de 31,5 cm, recouverte de 4 cm de béton bitumineux. A l'aide d'une machine de type Gomaco, l'entreprise Gailledrat s'est aussi chargée de la réalisation de 7 000 m de cunettes en V, en béton extrudé. A cela s'ajoutent 3 000 m de caniveaux à fente en béton extrudé autour d'une manche en polyane remplie d'air.

### ABSTRACT

#### **4 km diversion in continuous reinforced concrete (CRC) on highway RN4 in the Moselle region**

*J. Abdo*

**With great experience acquired on highway and motorway networks, the French Roads Board, SPECBEA (trade association of concrete pavement contractors) and Cimbéton (representing the cement industry) have endeavoured to improve the competitiveness of concrete pavement by designing a new structure of the CRC/bituminous-bound aggregate type. After successfully experimenting this new concept on a site on the national network (Rassats-Favrauds diversion - RN141 - Charentes - 1998), the Roads Board used this innovative structure for the Bebing and Imling diversion on the RN4 highway in Moselle. This article describes the various stages in construction.**

### RESUMEN ESPAÑOL

#### **Cuatro kilómetros de variante de hormigón armado (BAC) en la carretera nacional RN4 en Mosela**

*J. Abdo*

**Con la ventaja que supone la experiencia conseguida en las redes de carreteras y autopistas, la jefatura de Carreteras, el SPECBEA (Agrupación de empresas de pavimentos de hormigón) y Cimbeton (que representa a la industria del cemento), han deseado mejorar la competitividad del pavimento de hormigón, proyectando para ello una nueva estructura de tipo BAC/GB. Tras haber experimentado con todo éxito este nuevo concepto en unas obras de la red nacional (variante de Rassats-Favrauds - RN 141 - Charentes - 1998), la jefatura de carreteras ha utilizado esta estructura innovadora para la variante de Bebing e Imling, en la carretera nacional RN4 en Mosela. Se describen en el presente artículo las diversas etapas de la construcción.**

## Équipement

### Infos chantiers : 3<sup>e</sup> trimestre 2001

#### ■ MISES EN SERVICE

##### **A20 : Souillac/Cahors Nord**

La section Souillac/Cahors nord de l'autoroute A20 a été inaugurée et mise en service le 12 juillet dernier. Entièrement situé dans le département du Lot, ce tronçon fait partie intégrante des 131 km d'autoroute concédée à ASF entre Brive et Montauban.

- ◆ Investissement : 427 MEuros (2,8 MDF);
- ◆ Caractéristiques : 46 km;
- ◆ DUP : 1994 prorogée en juin 1999;
- ◆ Prévisions de trafic : 10 000 véhicules/jour avec des pointes autour de 25 000 véhicules. Le dernier maillon manquant est celui de la section Cahors sud/Cahors nord.
- ◆ Investissement : 259 MEuros (1,7 MDF);
- ◆ Caractéristiques : 22 km;
- ◆ Début des travaux : octobre 2000;
- ◆ Mise en service : 2003.

##### **A89 : Libourne/Mussidan**

Le tronçon Libourne/Mussidan de l'A89 a été ouvert à la circulation début juillet.

- ◆ Investissement : 686 MEuros (4,5 MDF);
- ◆ Caractéristiques : 73 km, ouvrages d'art dont le viaduc de Barrails de 1 460 m;
- ◆ Prévisions de trafic : 7 700 véhicules par jour;
- ◆ Durée des travaux : 5 ans.

Entre Bordeaux et Clermont-Ferrand, 180 km restent à construire d'ici à 2007.

##### **Tunnel de la déviation des gorges de Saorge : aménagement de la RN 204 (Alpes-Maritimes)**

Ouvert à la circulation le 19 juin 2001, le tunnel de la déviation de Saorge a été inauguré le 4 juillet. C'est le premier ouvrage neuf en France à avoir fait l'objet d'un avis favorable du comité d'évaluation des tunnels préalablement à sa mise en service.

- ◆ Caractéristiques : 650 m (longueur), 8,20 m (gabarit);
  - ◆ Investissement : 14,25 MEuros (93,5 MF).
- Les équipements de sécurité qui ont été instal-

lés sont nombreux : système de détection automatique incendie, barrières de fermeture d'accès au tunnel en cas d'incident, ventilation de désenfumage, trottoirs pour les usagers en détresse, création de niches de sécurité tous les 200 m avec poste d'appel d'urgence et extincteurs... Ces aménagements représentent près de 10 % du coût du projet.

La construction de ce tunnel s'inscrit dans les travaux d'aménagement et de sécurisation de la RN 204.

#### ■ LANCEMENTS

##### **Barrage de Gardères-Eslourenties (Hautes-Pyrénées)**

Les travaux de construction du barrage de Gardères-Eslourenties ont commencé l'été dernier.

- ◆ DUP : 24 novembre 2000;
- ◆ Caractéristiques : surface totale de 213 hectares, digue de 27 m de haut et de 530 m de long;
- ◆ Investissement : 30 MEuros (197 MF);
- ◆ Mise en service : 2003.

##### **Canal Saint-Martin à sec pour 7 mois (Paris)**

Depuis le 17 septembre 2001, le canal Saint-Martin est parti pour un long nettoyage. Cet ouvrage parisien, classé patrimoine historique de la ville, sera mis à sec, récuré, conforté sur ses bases et reconstruit. La ville n'a pas lésiné sur les moyens : 22,87 millions d'euros (150 millions de francs) pour la rénovation de fond en comble des deux bassins Louis-Blanc et Récollets.

- ◆ Caractéristiques : reconstruction par un confortement du sous-sol, rénovation de toutes les écluses, remplacement de cinq portes doubles des écluses complètement rongées, modernisation des mécanismes d'ouverture... ;
- 4 km de chantiers,
- 4 000 m<sup>3</sup> de vase et beaucoup d'autres déchets à extraire;
- ◆ Fin des travaux : 1<sup>er</sup> mars 2002.

#### ■ OÙ EN SONT-ILS ?

##### **A84 : Rennes - Avranches**

Depuis le mois de mai, les travaux de terrassement sont réalisés pour construire le dernier tronçon de l'A84 (entre Thorigné-Fouillard et Liffré - 6 km). Le tronçon doit être livré aux automobilistes à la mi-2003. A cette date, ils rouleront sans interruption sur une autoroute gratuite entre Caen et la sortie de l'Ille-et-Vilaine, en direction de la Manche.

- ◆ DUP : 1994 prorogée en août 1999;
- ◆ Début des travaux : 1995;
- ◆ Investissement : 213 MEuros (1,4 MDF);
- ◆ Financement : 50 % État, 25 % Ille-et-Vilaine, 25 % Bretagne.

##### **Le tramway de Toulon prend du retard...**

Les élus du Syndicat intercommunal des transports de l'agglomération toulonnaise (SITCAT) ont décidé que la mise en service du premier tronçon du futur tramway ne se ferait qu'à la fin de la décennie, soit avec un retard de trois ans sur le calendrier initial. Il semble que ce report relève d'un manque de volonté politique de la plupart des huit communes concernées. Les conséquences financières sont importantes ; à la fois pour la Régie mixte des transports toulonnais qui va devoir en attendant assurer les transports collectifs (et renouveler son parc de véhicules) et pour le chantier du tramway lui-même, en tout, près de + 10 % par rapport au montant initial de 503 millions d'euros (3,3 milliards de francs).

##### **Cela avance pour la nouvelle usine d'incinération du Havre...**

Le financement de la construction d'une usine pour traiter les ordures ménagères de la population havraise vient d'être bouclé. En effet, la Caisse d'Épargne de Haute-Normandie vient d'accorder un prêt de 76 millions d'euros (498 millions de francs) ce qui permettra de couvrir la quasi-totalité du projet qui est estimé à 78 millions d'euros (510 millions de francs). Les 2 mil-

lions d'euros restants (12 millions de francs) seront autofinancés par le Syndicat d'élimination et de valorisation énergétique des déchets de l'estuaire.

- ◆ Capacité future : 180 000 tonnes ;
- ◆ Ouverture prévue pour mi-2004 avec un fonctionnement aux trois quarts de sa capacité.

**■ CE SERA DEMAIN**

**RN 88 : déviation de Carmaux (Tarn)**

La construction de la déviation de Carmaux (Tarn), à 2 x 2 voies et d'une longueur de 15 km sur la RN88, commence début 2002.

- ◆ Durée des travaux : 4 ans ;
  - ◆ Investissement : 91 MEuros (600 MF) ;
  - ◆ Financement : Etat et région Midi-Pyrénées dans le cadre du contrat de plan ;
  - ◆ Particularités : construction de 15 ponts ;
- Cette déviation fait partie des travaux d'aménagement programmés pour améliorer l'itinéraire Albi-Rodez.

**RN 104 (Francilienne) : élargissement à 2 x 2 voies**

Depuis huit ans, les projets se sont succédé pour tenter de réguler une circulation de plus en plus importante. En février 2000, l'exécutif du conseil régional a retenu, dans le contrat de plan État-région, un élargissement de la RN 104 à 2 x 2 voies ; 2 x 3 voies sur la portion A4 - Pont de chemin de fer de Pontault-Combault.

- ◆ Début des travaux : fin 2002 ;
  - ◆ Investissement : 84 MEuros (550 MF).
- Ces travaux ne font pas aujourd'hui l'unanimité ; les écologistes et les riverains accusant les accidents d'être à l'origine des ralentissements observés.

**■ OU APRÈS-DEMAIN**

**DUP concernant :**

1. La construction du tramway de l'agglomération de Valenciennes signée par le préfet de la région Nord-Pas-de-Calais le 04/07/01.
2. Les travaux d'aménagement à 2 x 2 voies de la RN88 pour la déviation de Carmaux entre les lieudits La Tête, commune du Garric, et La Croix de Mille, communes de Pampelonne et Moularès, dans le département du Tarn (J.O. du 29/07/01).
3. Les travaux d'aménagement d'un créneau de dépassement à 2 x 2 voies sur la RN154 au droit de la commune de Prunay-le-Gillon dans le dé-

partement de l'Eure-et-Loir (J.O. du 02/08/01).

4. Prorogation de la DUP du 29/07/96 concernant les travaux de construction de l'autoroute A66 Toulouse/Pamiers dans les départements de Haute-Garonne et de l'Ariège (J.O. du 27/07/01).

5. Prorogation de la DUP du 12/09/96 concernant les travaux de construction de l'autoroute A87 sur la section Angers/La-Roche-sur-Yon dans les départements de Maine-et-Loire et de la Vendée (J.O. du 09/09/01).

6. Prorogation de la DUP du 17/09/96 concernant les travaux de construction de l'autoroute A585, antenne du val de Bléone et déviation de Digne-les-Bains dans le département des Alpes-de-Haute-Provence (J.O. du 15/09/01).

7. Prorogation de la DUP du 23/07/96 concernant les travaux de mise à 2 x 2 voies de la RN10 comprenant la déviation de Pouillac et l'aménagement compris entre Montlieu-la-Garde et la limite sud du département de la Charente-Maritime (J.O. du 26/07/01).

8. Prorogation de la DUP du 17/08/96 concernant les travaux de construction d'une voie ferrée nouvelle de raccordement de la ligne d'Alès (ligne Saint-Germain-des-Fossés/Nîmes) à la ligne Tarascon-Sète dans le département du Gard (J.O. du 24/08/01).

**Lancement du débat public**

L'Établissement public de la Défense lance du 10 septembre au 5 octobre 2001 une vaste concertation à la Défense, Puteaux et Courbevoie pour savoir si les habitants et ceux qui travaillent dans le secteur seraient séduits par l'idée de transformer le boulevard qui boucle le site sur 3,5 km en voie urbaine. Avec des arbres, des bancs et des pistes cyclables. Il faudra obtenir l'aval de l'Etat, la voie étant classée route nationale.

- ◆ Début des travaux : pas avant 2003 ;
- ◆ Investissement : 15 MEuros (100 MF) ;
- ◆ 1<sup>re</sup> phase : tronçon entre le pont de Neuilly et le quartier du triangle de l'Arche (moitié nord).

**■ DES PROJETS PLUS LOINTAINS**

**Ligne ferroviaire TGV et fret Perpignan - Figueras**

La future ligne TGV et fret Perpignan - Figueras (avec prolongement jusqu'à Barcelone) sera construite sous la forme d'une concession d'ici 2005. Les deux parties, française et espagnole, se sont mises d'accord en juillet 2001 sur le financement à 50-50 des contributions publiques pour le transport international de 45 km, dont 8,17 km d'un tunnel bitube sous le Perthus.

◆ Accord entre la France et l'Espagne signé en 1995 ;

- ◆ Investissement : 5 Mdeuros (33 MdF) ;
- ◆ Capacité annuelle : 12 millions de tonnes ;
- ◆ Appel à candidatures pour la concession lancé le 29 juin 2001.

**Electrification de la ligne SNCF entre Nantes et les Sables d'Olonne**

Le 3 juillet 2001, une convention a été signée entre RFF, l'Etat, la région Pays de Loire, les départements de Vendée et de Loire-Atlantique, les communautés de communes du pays Yonnais et des Olonnes pour réaliser d'ici 2007 des travaux d'électrification de la ligne ferroviaire entre Nantes et les Sables d'Olonne. Ces travaux, s'ils ne vont pas faire avancer les trains plus vite (110 à 140 km/h), permettront d'en finir avec les TGV tractés par des motrices Diesel.

- ◆ Investissement : 81,8 MEuros (537 MF) ;
- ◆ Caractéristiques : d'ici 2007, 2 ans et demi d'études et 3 ans et demi de travaux.

**Un nouveau gazoduc entre la France et l'Espagne**

Alors qu'un premier gazoduc entre Bidart, au sud de Biarritz, et Irun, en Espagne, devrait être opérationnel à l'hiver 2002-2003, Gaz du Sud-Ouest et son homologue espagnol Ente Vasco de Energia réfléchissent déjà, à échéance 2010, à une liaison à grande capacité entre le port de Bilbao et Lussagnet (Landes). Ce projet renforcerait l'intégration des réseaux dans un marché unique du gaz tout en diversifiant les sources d'approvisionnement.

- ◆ Longueur du conduit : 328 km ;
- ◆ Investissement (estimé) : 137 MEuros (900 MF).

**Rénovation du parc des Buttes-Chaumont (Paris XIX<sup>e</sup>)**

Six ans de travaux seront nécessaires pour offrir une véritable cure de jouvence au parc des Buttes-Chaumont, 25 ha de verdure, soit le plus grand jardin de la ville de Paris après le Parc floral de Vincennes. Actuellement, une commission étudie les projets remis avant l'été par les cinq équipes candidates. L'équipe gagnante sera connue à la fin de l'année 2001.

- ◆ Début des travaux : courant 2003 ;
- ◆ Investissement : 68,14 MEuros (447 MF) ;
- ◆ Caractéristiques : consolidation du sous-sol, remodelage des allées, rénovation des ponts et du kiosque à musique, restauration du belvédère, de la falaise et du célèbre pic, révision des

massifs et végétation, du mobilier et des équipements de loisirs...

◆ Fin des travaux : printemps 2010.

## ■ FEU VERT

### **Prolongement de la ligne 8 du métro parisien approuvé**

Le 19 juin 2001, le conseil d'administration du STIF a approuvé l'extension de la ligne 8 du métro (Balard-Créteil) de Créteil-Préfecture à Créteil-Parc des sports, soit 1,3 km. Inscrit au Contrat de Plan État-région pour un montant de 61 millions d'euros (400 millions de francs), ce prolongement, desservant 14 500 habitants sera en correspondance avec le futur site propre Pompadour-Sucy-Bonneuil.

◆ Ouverture prévue : 2006 ;

◆ Trafic attendu : 3,6 millions de voyageurs par an.

### **Régénération des eaux de l'étang de Berre engagée (Bouches-du-Rhône)**

Un an après la création du Groupement d'intérêt public pour la réhabilitation de l'étang de Ber-

re, le dernier Comité interministériel d'aménagement du territoire a approuvé en juillet 2001 la réouverture, à titre expérimental, du canal de la Rove qui relie l'étang à la mer. Aucun trafic n'y est pour le moment envisagé.

Des études sont maintenant réalisées afin d'examiner les possibilités de dérivation des canalisations d'EDF. Le coût du projet s'établit approximativement entre 300 et 800 millions d'euros (2 à 5 MDF).

Le Conseil général et le Conseil régional ont déjà indiqué qu'ils étaient prêts à participer au financement pour un lancement des travaux en 2002.

### **Station d'épuration de la Céreirède (Hérault)**

Le maire de Lattes a signé, le 23 juillet 2001, le permis de construire autorisant l'extension et la modernisation de la station d'épuration de la Céreirède (Montpellier).

Ce projet, bloqué depuis 10 ans, doit permettre de porter la capacité d'extension de la station de 260 000 à 470 000 habitants, avec la création d'un émissaire en mer. Les appels d'offre ont été lancés.

◆ DUP : mars 2000 ;

◆ Investissement : 112,81 millions d'euros (740 millions de francs).

## ■ GRANDS CHANTIERS

### **Aménagement des anciens terrains Renault de Billancourt (Hauts-de-Seine)**

Le plus grand chantier d'Ile-de-France est en train de voir le jour. Le Conseil municipal de Boulogne-Billancourt a défini, en juin dernier, sept contraintes présidant aux études d'aménagement des terrains Renault et dont devront tenir compte les équipes d'architectes-urbanistes présélectionnées :

◆ un parc de 7 hectares au cœur du quartier du Trapèze ;

◆ un dédoublement de la RD 1 qui longe la rive droite de la Seine ;

◆ la réalisation d'un tramway sur pneus, long de 4,2 km (entre Meudon et le Parc de Saint-Cloud) et d'un coût estimé à 76 MEuros (500 MF) ;

◆ la restauration des ponts Dayde et Sébert et la construction d'un nouveau pont et d'une passerelle reliant l'île Seguin à la rive droite ;

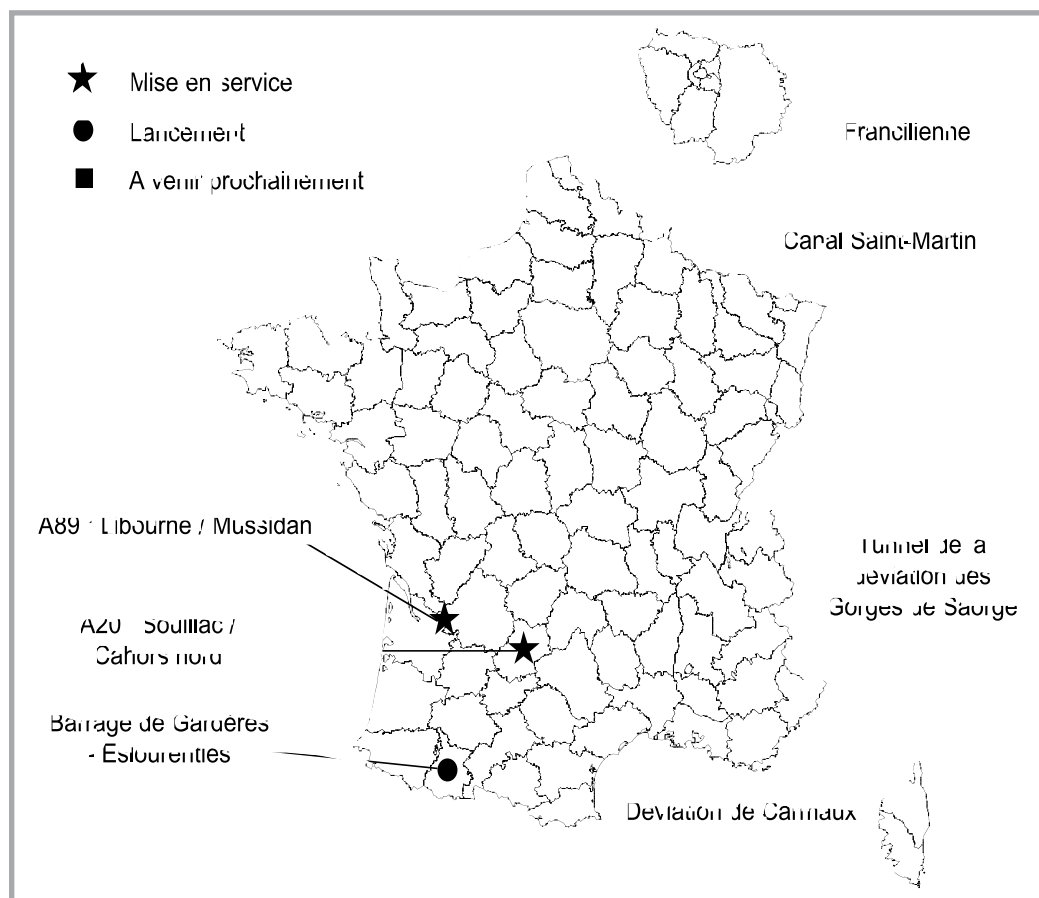
◆ la conception d'une Fondation dédiée à l'art contemporain ;

◆ la conservation du bâti de l'ancienne usine Renault ;

◆ divers équipements sportifs et culturels.

L'enquête publique est terminée. Reste à trouver un moyen juridique pour inscrire la Fondation dans l'île, car celle-ci est classée zone industrielle (logements interdits) ; mais également les montages financiers avec le département, la région et l'Etat. Le commencement des travaux est envisagé pour 2003.

(Source FNTPI)



# Equipement

## Infos chantiers : 4<sup>e</sup> trimestre 2001

### ■ MISES EN SERVICE

#### 2<sup>e</sup> câble électrique vers Jersey

En 1986, un premier câble électrique sous-marin avait été mis en place entre le Cotentin et l'île de Jersey.

EDF récidive avec un second câble qui vient ainsi compléter l'approvisionnement électrique des îles de Jersey et de Guernesey. Ce second câble assure la sécurité énergétique des îles Anglo-normandes qui conservent néanmoins pour les 3 mois d'hiver une antique centrale thermique au fuel.

◆ Investissement : 88 M€ (579 MF) dont 85 % pris en charge par Jersey Electricity Company.

### ■ LANCEMENTS

#### Viaduc de Millau (Aveyron)

Suite à la parution le 10 octobre 2001 du décret approuvant la concession (construction + exploitation pendant 75 ans), le groupe Eiffage donne le coup d'envoi du chantier du viaduc de Millau. Le 14 décembre 2001, Jean-Claude Gayssot pose la première pierre du chantier.

◆ Caractéristiques de l'ouvrage : 2,4 km de long, 7 piles de béton, 270 m au-dessus de la rivière Tarn;

◆ DUP : 10/01/1995 prorogée le 23/11/1999;

◆ Investissement : 333 M€ (2,2 MDF);

◆ Début des travaux : fin 2001;

◆ Ouverture à la circulation : fin 2004;

◆ Tarifs péage : 6,1 € (40 F) en juillet-août et

4,6 € (30 F) le reste de l'année pour les voitures; 19,4 € pour les poids lourds (125 F).

#### Station d'épuration de Poitiers

Les travaux de la nouvelle station d'épuration de la Communauté d'agglomération de Poitiers (CAP) viennent de commencer.

Conforme aux nouvelles normes européennes en

matière de traitement des eaux usées et de rejets dans les rivières, cette station offrira une autre nouveauté : les boues provenant de la dépollution de l'eau seront séchées à 60 ou 90 %, ce qui réduira leur volume et facilitera leur stockage.

◆ Investissement : 24 M€ (157 MF);

◆ Financement : CAP (70 %), Agence de l'eau (30 %);

◆ Mise en service : fin du premier semestre 2003.

### ■ OÙ EN SONT-ILS ?

#### Plate-forme multimodale de Dourges (Pas-de-Calais)

Après l'achèvement des travaux de dépollution, les travaux de terrassement de la plate-forme multimodale de Dourges, baptisée "Delta 3" ont commencé.

Cette infrastructure, qui s'étendra sur plus de 300 hectares, a l'avantage d'être au croisement de trois modes : l'eau, avec le canal à grand gabarit de la Haute-Deule, le fer, avec les lignes SNCF Lille-Paris et Lens-Ostricourt, et l'autoroute avec l'A1 (Paris-Lille) et l'A26 (Calais-Reims). Elle combinera également des zones logistiques et un centre de services.

◆ Début des travaux : fin 2000;

◆ Fin des travaux : juin 2003;

◆ Investissement : 150 M€ (984 MF) pour le pu-

blic et 145 M€ (946 MF) pour le privé.

#### Le tunnel de Fourvière (Lyon)

Épinglé dans plusieurs enquêtes sur la sécurité des tunnels européens, le tunnel de Fourvière fait l'objet depuis décembre 1996 d'un vaste programme de rénovation mené par la Communauté urbaine de Lyon. Après une première phase consacrée au génie civil réalisée entre 1997 et 1999, la deuxième étape qui concerne la réfection complète du système d'exploitation, la mise en place d'un dispositif de détection automatique d'incident ainsi que divers autres équi-

pements de sécurité (non prévus à l'origine) devrait s'achever fin 2002 - début 2003.

◆ Investissement : 45,7 M€ (300 MF) au lieu

des 29 M€ initialement prévus (190 MF);

◆ Financement : 50 % Etat - 50 % CU de Lyon.

#### Le pont d'Aquitaine (Bordeaux)

La préfecture de Gironde a pris la décision en avril 1999 de changer l'ensemble des câbles de ce pont suspendu, long de 700 m, construit entre 1962 et 1967. En outre, deux voies routières et deux pistes cyclables doivent être ajoutées à cet ouvrage d'art. Mais aujourd'hui, les travaux ont pris du retard : la nouvelle charpente métallique ne sera prête que début 2003, soit plus d'un an après la date initialement fixée. Déjà, des menaces de pénalités de retard pèsent sur le groupement d'entreprises chargé de la rénovation. On parle également de graves manquements à la sécurité...

◆ Début des travaux : avril 2000;

◆ Fin des travaux (initialement prévue) : fin 2004.

### ■ CE SERA DEMAIN...

#### RER Côte d'Azur - Alpes-Maritimes

Les collectivités locales, l'Etat et la SNCF vont mobiliser 150 millions d'euros (près d'un milliard de francs) au Contrat de plan Etat-région 2000-2006 pour adapter le réseau ferroviaire sur la Côte d'Azur.

Les travaux comprendront trois phases : aménagement d'une troisième voie entre Cannes et Nice, réouverture de la ligne Cannes-Grasse, rénovation des gares et création d'une station intermodale à l'aéroport international de Nice.

◆ Concertation publique : octobre 2001;

◆ Premiers travaux : 2002;

◆ Caractéristiques : 60 km de voies, 20 stations, fréquence de 15 minutes;

◆ Mise en service : 2006.

#### TGV Est

Le comité de pilotage du projet de TGV Est européen qui doit mettre Strasbourg à 2h20 de Paris en 2006 a confirmé l'engagement au printemps 2002 des travaux sur la première phase du chantier, entre Vaires-sur-Marne (Seine-et-Marne) et Baudrecourt (Moselle).

- ◆ Investissement : 3,9 MDE (25,58 MDF);
- ◆ DUP : 14/05/1996.

Divers chiffres clés :

- ◆ 300 km de ligne nouvelle;
- ◆ 49 millions de m<sup>3</sup> de déblais;
- ◆ 327 ouvrages d'art;
- ◆ 3 nouvelles gares.

### Interconnexion sud TGV (IDF)

Avec son inscription le 9 juillet dernier dans les Schémas de services collectifs de transports, la réalisation d'une interconnexion TGV entre Massy et Valenton se concrétise. Les travaux se réaliseront en deux phases : amélioration de la jonction existante entre TGV ouest et TGV sud-est puis création d'une nouvelle interconnexion offrant une liaison intermodale avec l'aéroport d'Orly.

**Première phase :**

- ◆ Approbation de l'AVP et décision ministérielle : février 2002;
- ◆ Passation des marchés : 2003;
- ◆ Réalisation des travaux : 2004-2006;

- ◆ Investissement : 80,5 M€ (528 MF);
- ◆ Financement à 75 % Etat-Région.

**Deuxième phase :** programmation encore inconnue.

### Port de Strasbourg : second terminal trimodal

Le 18 octobre 2001, le port autonome de Strasbourg a annoncé l'aménagement, d'ici 2004, d'un second terminal conteneurs. Ce projet, à l'étude depuis 1996, a reçu l'aval de la municipalité soucieuse de développer l'offre intermodale.

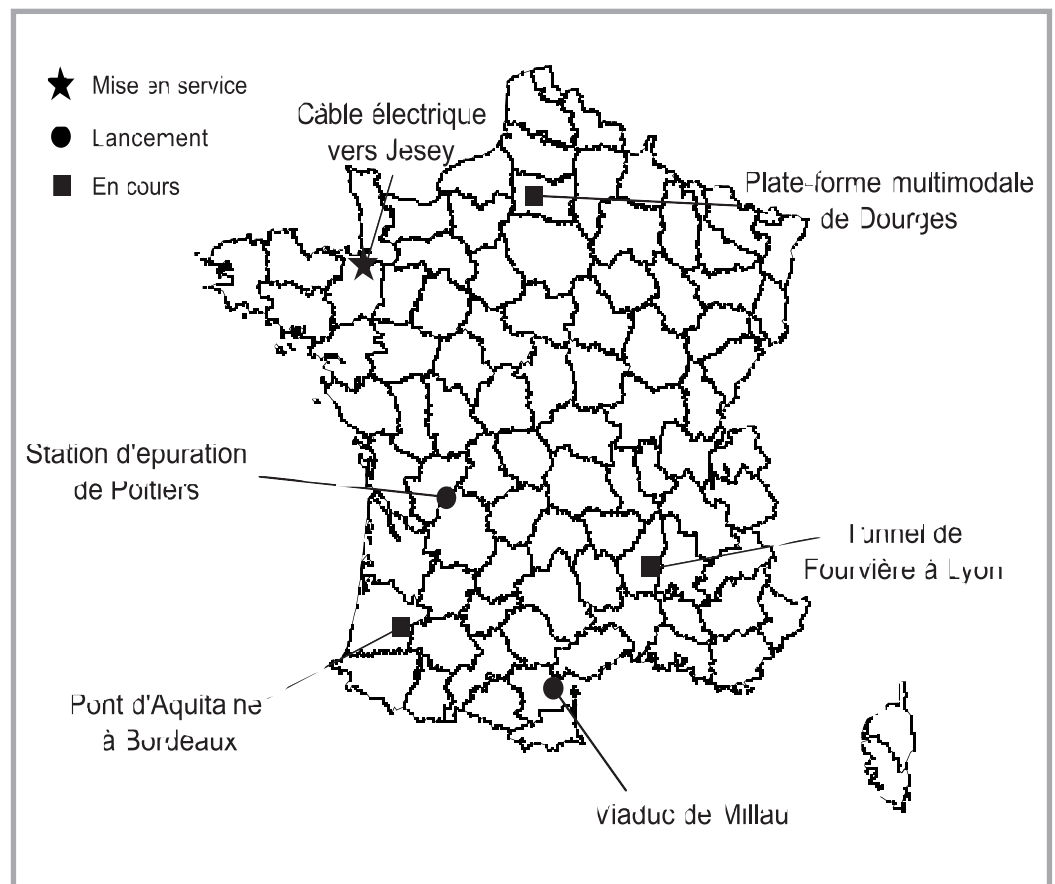
Les nouvelles infrastructures autoriseront le doublement des trafics voie d'eau-rail et voie d'eau-route. En outre, le futur terminal sera doté d'une voie ferrée apte à accueillir des trains de fret longs de 700 m.

- ◆ Investissement : 20 M€ (131,2 MF) à terme;
- ◆ Autofinancé à 85 %, le reste à la charge des collectivités locales.

### ■ OÙ APRÈS DEMAIN

DUP concernant :

- ◆ les travaux d'aménagement de la déviation de la RN 6 à Villeneuve-sur-Yonne dans le départe-



ment de l'Yonne et portant mise en compatibilité du plan d'occupation des sols de la commune de Villeneuve-sur-Yonne le 18 octobre 2001;

- ◆ les travaux de construction du sixième franchissement de la Seine à Rouen et des ouvrages nécessaires pour relier l'autoroute A150, au nord du viaduc des Barrières du Havre, à la voie rapide Sud-III à Petit-Quevilly le 28 septembre 2001;
- ◆ les acquisitions foncières et les travaux d'aménagement de la nouvelle liaison ferroviaire entre Perpignan et Le Perthus, les installations terminales de ladite ligne et portant mise en compatibilité des plans d'occupation des sols des communes de Perpignan, Le Soler, Toulouges, Canohès, Ponteilla, Trouillas, Saint-Jean-Lasseille, Villemolaque, Tresserre, Banyuls-dels-Aspres, Le Boulou et Montesquieu-des-Albères, dans le département des Pyrénées-Orientales le 8 octobre 2001;
- ◆ les acquisitions et travaux nécessaires à la création, sur le territoire de la commune de Saint-Etienne-de-Montluc (Loire-Atlantique), entre la RD 17 et la RD 93, d'une section de contournement de l'agglomération le 5 octobre 2001;
- ◆ les travaux d'aménagement à 2 x 2 voies de la RN 149 entre Cholet et Bressuire portant mise en compatibilité du plan d'occupation des sols des communes de la Tessoualle dans le départe-

ment du Maine-et-Loire, de Mauléon, Saint-Pierre-des-Echaubrognes, Nueil-sur-Argent, Le Pin et Bressuire dans le département des Deux-Sèvres le 24 octobre 2001;

- ◆ les travaux d'aménagement de la 2 x 2 voies (future A88) entre Caen dans le département du Calvados et Sées dans le département de l'Orne, comprenant la mise aux normes autoroutières de la section Caen-Aubigny et la construction de l'autoroute en tracé neuf de la section Aubigny-Sées le 7 décembre 2001.

### Lancement d'enquête publique

En octobre 2001, concernant l'ouverture d'ici 2003 de deux nouvelles stations de chemin de fer à Saint-Sébastien-sur-Loire qui permettront aux habitants du Sud-Loire de rejoindre Nantes par la ligne Vertou-Nantes (les TER venant de Clisson). Chacune des stations disposera de parkings, de connexions aux lignes de bus, d'accès piétons. Région, communauté urbaine et département cofinanceront les 15,24 millions d'euros (100 millions de francs) du projet.

### Lancement du débat public

◆ Concernant l'extension du port de Nice. La commission particulière entend entre le 15/10/01 et le 15/01/02 les différents protagonistes de ce projet controversé ;

◆ Concernant les contournements, routier et ferroviaire, de Lyon. Dix réunions publiques sont prévues entre le 25/10/01 et le 31/01/02.

**■ DES PROJETS PLUS LOINTAINS**

**Nouvel aéroport de Notre-Dame-des-Landes (Nantes)**

En germe dès 1970, le projet du nouvel aéroport de Notre-Dame-des-Landes, destiné à remplacer l'actuelle plate-forme de Nantes-Atlantique devrait accueillir ses premiers passagers vers 2010. L'enjeu de cette future infrastructure aéroportuaire dépasse largement la dimension régionale. Notre-Dame-des-Landes devrait conforter la région Pays-de-Loire sur l'échiquier national, voire européen.

◆ Enquête publique prévue pour 2004, suivie de la DUP en 2005 ;

◆ Démarrage de travaux : 2006 ;

◆ Durée des travaux : 4 ans ;

◆ Investissement : 300 à 450 M€ (2 à 3 MDF).

**Tramway sur pneus à Angers (Maine-et-Loire)**

L'Agglomération d'Angers confirme les orientations de son plan de déplacement urbain élaboré en 2000. D'ici 2007, une première ligne de tramway sur pneus d'une longueur d'une dizaine de kilomètres traversera le centre de la ville selon un axe nord-sud. Ce mode de déplacement a été préféré au tramway sur rail car jugé plus adapté à la taille de l'agglomération. En outre, il sera moins onéreux avec un prix au kilomètre évalué entre 7,5 et 12 M€ (50 à 80 MF).

**■ FEU VERT**

**Deuxième ligne de tramway de Montpellier**

La Communauté d'agglomération de Montpellier a arrêté, le 26 septembre 2001, un tracé préférentiel pour la deuxième ligne de tramway. Longue de 19 km, cette ligne reliera la commune de Jacou au nord-est, à Saint-Jean-de-Védas au sud-ouest via Castelnau-le-Lez et Montpellier. A noter que ce tracé devrait emprunter sur 2,5 km l'ancienne ligne ferroviaire Montpellier/Fabrègues inutilisée depuis 1998.

◆ DUP prévue pour fin 2002 ;

◆ Travaux entre 2003 et 2005 ;

◆ Mise en service : 2006 ;

◆ Investissement : 424 M€ (2,8 MDF).

**Port de plaisance au Verdon**

Le 17 novembre 2001, le District de la Pointe du Médoc (futur maître d'ouvrage) et la société monégasque Guintoli Marine ont signé l'acte de concession pour la réalisation d'un port de plaisance de 850 places. Les élus locaux attendent beaucoup de ce projet qui devrait dynamiser fortement l'économie (immobilière et touristique) et créer une quinzaine d'emplois permanents, 80 emplois saisonniers et un certain nombre d'emplois induits.

◆ Investissement : 23,9 M€ (156,7 MF) ;

◆ Début des travaux : février 2002 ;

◆ Mise en service : printemps 2004 ;

◆ Financement : 80 % concessionnaire, 10 % District et 10 % partagés entre département, région et Fonds national d'aide au développement du territoire.

**Autoroute A28 : Rouen/Alençon**

Par le décret du 29 novembre 2001, la convention de concession passée entre l'Etat et la société Autoroute de Liaison Seine-Sarthe (ALIS) pour le financement, la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien de la section Rouen-Alençon de l'autoroute A28 a été approuvée.

**■ ON ATTENDAIT UNE RÉPONSE**

**Tramway sur rail au Mans**

Le 13 novembre dernier, les élus de la Communauté urbaine du Mans ont opté définitivement pour un tramway sur rail, ce deux ans après un premier vote d'intention. D'une longueur de 13,5 km, la première ligne traversera la ville du nord au sud. Le tramway pourra ainsi transporter 4000 voyageurs par heure.

◆ Investissement : 214 M€ (1,4 MdF) ;

◆ Début des travaux : fin 2003 ;

◆ Enquête publique : second semestre 2002 ;

◆ Mise en service : 2006.

**Tramway sur les boulevards des Maréchaux (Paris)**

Le Syndicat des transports d'Ile de France (STIF) a approuvé vendredi le lancement de la première phase du tramway autour de Paris, entre Pont de Garigliano (XV<sup>e</sup>) et Porte d'Ivry (XIII<sup>e</sup>) sur les boulevards des Maréchaux.

◆ Enquête publique prévue pour mi-juin 2002 ;

◆ Inauguration : premier trimestre 2006.

**■ GRANDS CHANTIERS**

**Aménagement urbanistique de la Seine-Arche (92)**

Cent vingt hectares qui s'étendent de la Grande Arche de la Défense jusqu'à la Seine sur le territoire de la commune de Nanterre vont faire l'objet d'une ambitieuse "recomposition urbaine". L'opération est dès à présent lancée, avec, en avant programme, la réalisation d'un grand parc en bordure de Seine (début : 2002) et d'une nouvelle gare Nanterre-Université (début : 2003).

Le chantier qui comportera également la construction de logements et de bureaux s'étalera sur dix ans.

Le coût global de l'opération devrait s'élever à 350 millions d'euros (soit près de 2,3 milliards de francs).

**Troisième aéroport de Paris à Chaulnes**

Après le débat public et les nombreuses polémiques qui l'ont animé, le gouvernement a fait son choix.

Le futur troisième aéroport parisien sera construit à Chaulnes (Picardie), soit à près de 125 km de Paris.

En cas de victoire de la droite aux élections de 2002, cette décision a de fortes chances d'être remise en cause.

*(Source FNTPI)*

## PIB, fret et infrastructures

Dans le cadre de la politique d'aménagement du territoire menée aussi bien en France qu'en Europe, il est clairement exprimé que la croissance économique doit être dissociée de celle des transports. Cette volonté se manifeste par un ralentissement des programmes d'infrastructures routières au profit du rail et des voies navigables. Quelles seraient les conséquences d'une telle politique au regard des évolutions constatées ces 30 ou 40 dernières années ?

### ■ RETARD DE CROISSANCE DES TP VIS-À-VIS DU PIB

La FNTP met fréquemment en avant le retard de croissance du chiffre d'affaires des Travaux publics par rapport au Produit intérieur brut (PIB). Depuis 1990, le différentiel de croissance entre les Travaux publics et le PIB atteint 28 points : le PIB a progressé de 21 points en volume et les Travaux publics, baissé de 7 points. En effet, malgré leur croissance au cours des trois dernières années, les Travaux publics n'avaient toujours pas rattrapé en 2001 leur niveau d'activité de 1990.

En première lecture, ce discours peut apparaître comme celui d'une profession, qui pour garantir son activité dont 70 % sont liés à la commande publique, souhaite que la politique d'investissements en infrastructures ne s'infléchisse pas. Or cette analyse dépasse très largement ce cadre puisque les Travaux publics sont l'industrie des réseaux dont une large part est concernée directement ou indirectement par les infrastructures de transport. Au-delà des travaux publics, c'est l'écart entre la croissance du PIB et le rythme de réalisation des infrastructures qui se creuse.

Les pays qui ont connu le plus fort développement économique sur longue période sont également ceux dont les infrastructures de transport sont les plus efficaces.

La fiabilité des transports et des services associés (logistique) permet des gains de productivité, puis de parts de marchés dans une économie de plus en plus ouverte à la concurrence internationale. Pour les productions en flux tendus, les transports sont devenus un maillon stratégique de leur activité.

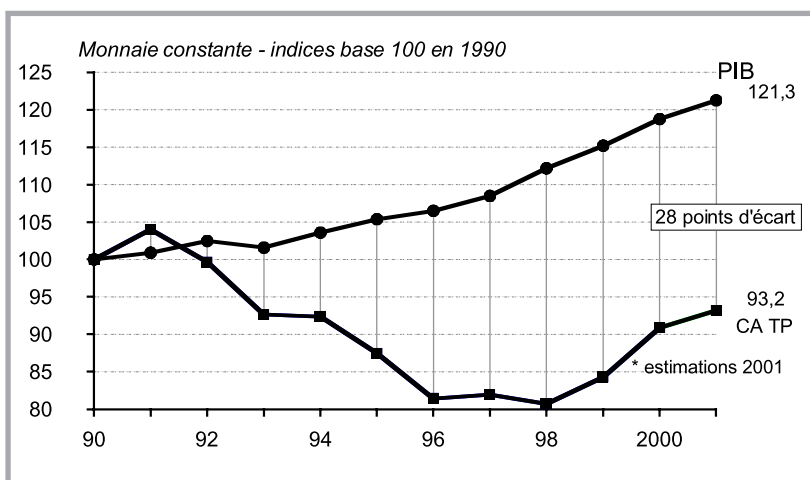
Comme la suite de cet article va le mettre en avant, les plus grandes réserves doivent être émises quant au découplage entre le fret et la croissance économique : ces orientations sur le découplage ont été récemment mises en avant en France dans les Schémas de services collectifs de transport, puis en Europe dans le Livre blanc sur les transports à l'horizon 2010.

### ■ COUPLAGE ENTRE CROISSANCE ET FRET

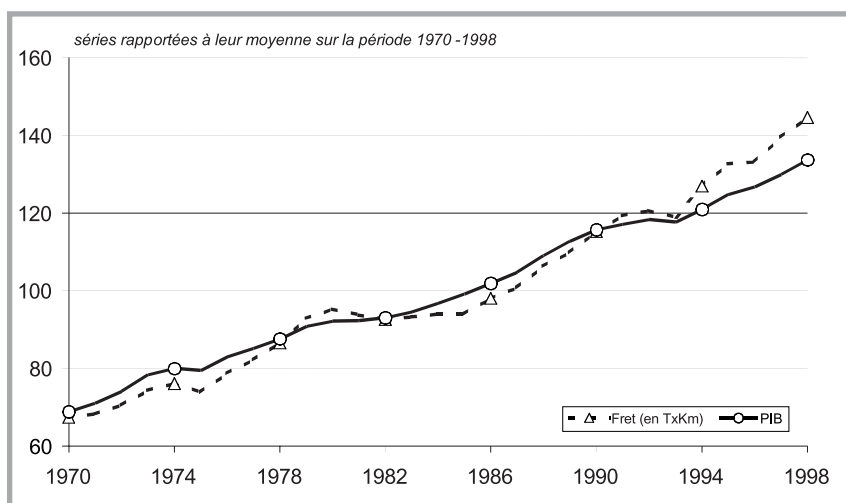
Le fret, tous modes confondus, a connu sur longue période une évolution très corrélée avec celle du PIB. Cette corrélation est d'ailleurs sous-estimée par l'unité de mesure du fret. En effet, celui-ci est mesuré en tonnes x km (tonnage transporté multiplié par la distance parcourue).

Or d'une part le transport de matières pondéreuses a baissé relativement à l'ensemble du fret et d'autre part les produits transportés incorporent plus de valeur ajoutée pour moins de poids.

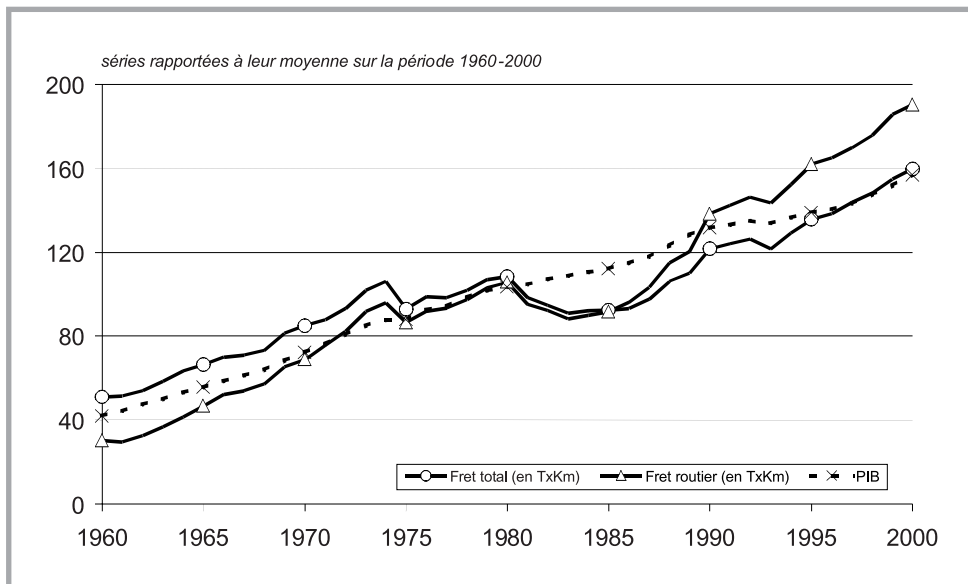
Activité des Travaux publics et croissance économique



Evolution du fret total et du PIB en Europe entre 1970 et 1998







**Evolution du fret total, du fret routier et du PIB en France entre 1960 et 2000**

Ainsi, ce lien entre le PIB et le fret a un caractère structurel car les 30 ou 40 dernières années ont été marquées par suffisamment d'événements, ayant parfois un caractère historique, pour qu'il ne s'agisse pas d'une constatation ponctuelle.

Cette période fut notamment marquée par le boom des années soixante, les chocs pétroliers, la chute du mur de Berlin et le lancement de l'Union économique et monétaire.

Si cette liaison entre le PIB et le fret est forte, elle l'est encore plus en se limitant au seul fret routier.

Seul le fret routier a été capable au cours des quarante dernières années d'accompagner la croissance du PIB. Il est aussi celui qui s'est le mieux adapté aux nouvelles exigences du marché (rapidité, flexibilité, fiabilité). Ainsi, la part de marché du fret routier est passée en France de 40 % en 1960 à 81 % en 2001 (hors fret aérien et oléoducs).

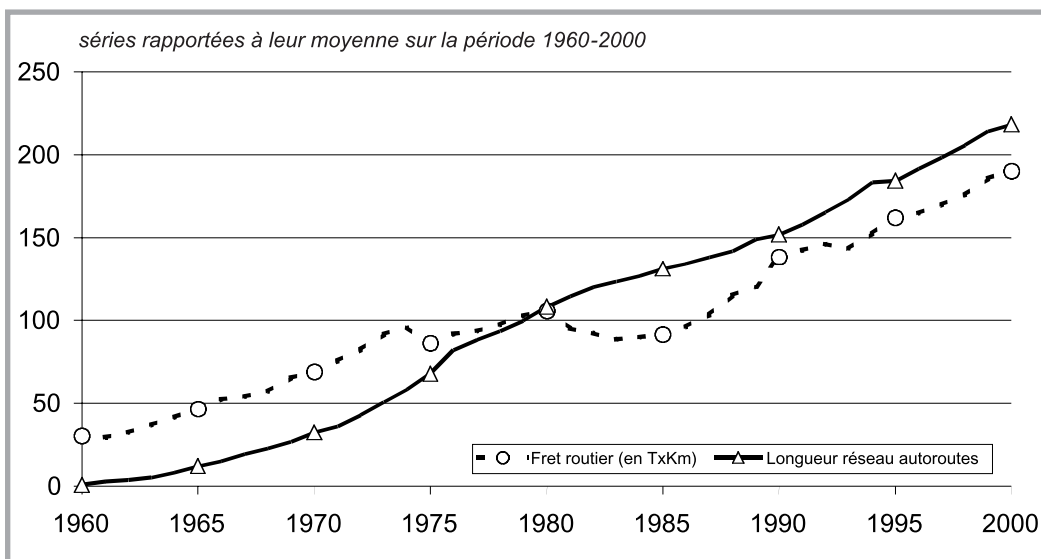
### ■ CROISSANCE DU FRET ET DU RÉSEAU AUTOROUTIER

Si la route a été le vecteur essentiel de la croissance du fret et donc de l'économie, elle le doit au développement du réseau autoroutier en France qui a en partie déchargé le réseau national. En 1980, seulement 11 % de la circulation routière (tous véhicules confondus), exprimée en véhicules x km empruntait le réseau autoroutier contre 20 % en 2000. Sur la même période, la part des routes nationales passait de 20 % à 17 %.

En l'espace de 20 ans, les autoroutes ont capté près de 40 % de la croissance de la circulation. Tandis que l'ensemble de la circulation progressait de 50 % sur cette période, celle sur les autoroutes s'accroissait de 170 %.

Le développement du réseau autoroutier à un rythme moyen de 250 km par an a permis d'accompagner la croissance du trafic, le linéaire de routes nationales étant demeuré pratiquement stable.

Sur plus longue période et en remontant jusqu'à 1960, il y a une liaison étroite entre l'extension du réseau autoroutier en France et la croissance du fret exprimé en tonnes x km. La mise en place de ce réseau n'a pas subi, à l'inverse du fret, les conséquences des aléas de la conjoncture. Ainsi, lors de toutes les phases de reprise le fret a connu une très forte croissance de son activité par un effet accélérateur. Grâce à des mises en service régulières de nouveaux tronçons, le réseau autoroutier a pu supporter cette croissance du fret. En l'espace de 40 ans, le réseau autoroutier est ainsi passé d'une centaine de kilomètres à plus de dix mille.



**Evolution du fret routier et de la longueur du réseau autoroutier en France entre 1960 et 2000**



Sur cette longue période, la part des services dans l'économie s'est très fortement développée, pourtant le lien entre le PIB et le fret s'est maintenu. L'économie est devenue progressivement plus intensive en transport compensant le recul du transport de matières pondéreuses. Les statistiques disponibles depuis 1970 sur l'ensemble de l'Union européenne mettent en évidence une liaison étroite entre le PIB et le fret, ce dernier accentuant les cycles économiques. Pour la France, le même constat a pu être dressé à partir de données remontant à 1960.

## ■ ENTRETIEN INSUFFISANT DU RÉSEAU DES ROUTES NATIONALES

Les routes nationales dont le linéaire est stable désormais autour de 27 500 km complètent le réseau autoroutier. Pourtant ces routes dont la circulation a progressé de 50 % en 20 ans n'ont pas vu les moyens consacrés aux investissements et à l'entretien évoluer dans cette proportion. Entre 1980 et 2001, les dépenses annuelles d'entretien sont restées inchangées en monnaie constante.

Les travaux d'entretien comprennent notamment ceux de renforcement et de réhabilitation des chaussées qui permettent d'accroître leurs capacités. Il n'est alors pas étonnant que la qualité des routes se dégrade et que les encombrements progressent.

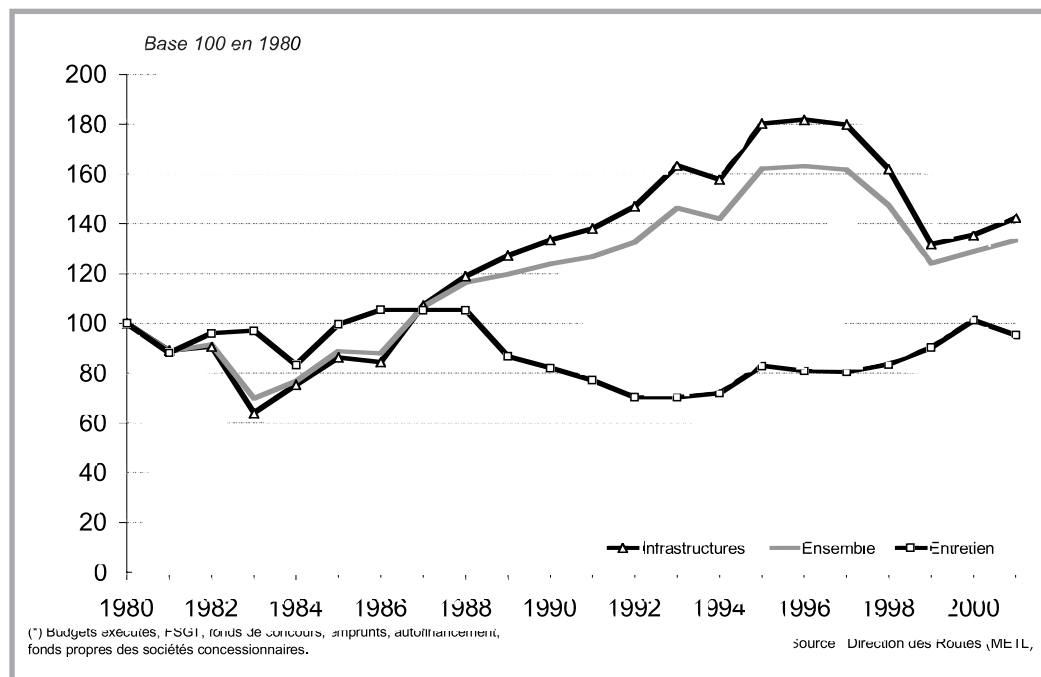
## ■ PERSPECTIVES : RALENTISSEMENT DU PROGRAMME AUTOROUTIER ET CONSÉQUENCES

Alors que le développement économique de notre pays s'est largement appuyé sur celui de ses infrastructures routières, en sera-t-il de même dans les années qui viennent ?

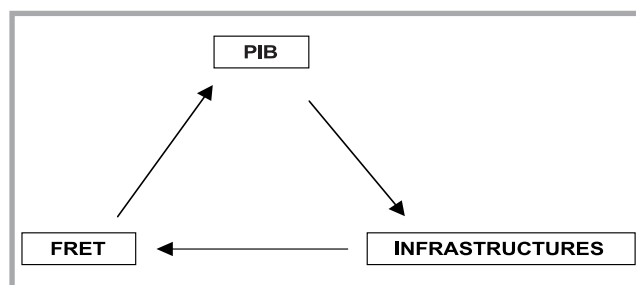
L'observation du passé nous enseigne que les cycles conjoncturels ainsi que l'évolution du PIB ne se décrètent pas, tout au plus peut-on freiner ou soutenir la croissance de ce dernier. Aussi, quel que soit son taux de croissance le PIB génèrera une activité de fret.

Jusqu'à présent la croissance du fret a été prise en charge par le mode routier. Est-ce que pour les années qui viennent la politique visant à développer des modes de transport alternatifs à la route sera à même de répondre à la demande ? Le ralentissement du programme autoroutier va entrer dans les faits à très court terme : le rythme annuel de mises en service passera d'une moyenne de 250 km par an à moins de 130 km par an sur la période 2002-2006.

Parallèlement à cela, le fret ferroviaire ne fait pas ses preuves pour prendre le relais du fret routier. En effet, d'une part l'exploitation du fret ferroviaire n'est pas compétitive et d'autre part la réalisation des nouvelles infrastructures prend beaucoup de retard. Il en résulte que le transport routier continuera à capter l'essentiel de la croissance du fret sur des infrastructures sous-dimensionnées. A terme, la qualité des services de transport se dégradera et par voie de conséquence la compétitivité des entreprises clientes de ces services. Ceci aboutira finalement à brider la croissance du PIB par une insuffisance en infrastructures.



Répartition par programme de l'ensemble des ressources consacrées au réseau national (\*)



## ■ CONCLUSION

La complémentarité entre les modes de transport est certes une bonne chose, mais encore faut-il qu'elle soit opérationnelle pour répondre à une demande toujours croissante en fret.

A l'heure de la mondialisation, les liens entre fret, PIB et infrastructures ne pourront que se renforcer. Dans le cas contraire la compétitivité des entreprises et de la nation est appelée à régresser durablement.

La demande en transport aurait pu entrer dans une phase de maturité à l'échelle de l'Union européenne si celle-ci ne préparait pas le plus important élargissement qu'elle n'ait jamais connu vers l'Europe de l'Est.

Le succès de l'adhésion de ces futurs Etats membres passera par l'élévation de leur niveau de vie, lui-même lié à une intensification des échanges.

(Source FNTF)

# Travaux 2001

## Table des matières

## Table of contents

### Ponts

◆ La déviation de Foix. Le viaduc de l'Alsas - <i>The Foix bypass. The Alsas viaduct</i> <b>G. Pouliquen, E. Marchisone, J.-P. Bascou, J.-M. Castel</b> . . . . . Janvier . . . . . 18
◆ Mise en place d'un pont-rails au lieu-dit "Le fond du Val" à Rouen - <i>Construction of a rail bridge in the locality of "Le fond du Val" in Rouen</i> <b>M. Triquet, B. Pitrou</b> . . . . . Janvier . . . . . 26
◆ Des bow-strings jumeaux sur l'autoroute A77 - <i>Twin bowstring bridges on the A77 motorway</i> <b>J.-P. Ehrhardt, A. Rage, M. Chaabouni</b> . . . . . Janvier . . . . . 33
◆ A 85. Le PS 13. Les ouvrages mixtes à dalles préfabriquées en BHP, précontraintes et à connexion différée - <i>A 85. Overpass PS 13. Composite structures with precast prestressed high-performance concrete slabs with deferred connections</i> <b>Fr. Chevallier, J. Petitjean</b> . . . . . Janvier . . . . . 41
◆ Le pont de Jassans dans l'Ain. Un bipoutre "extra-ordinaire" - <i>The Jassans bridge in the Ain region. An extraordinary dual-girder structure</i> <b>G. Charreton, P. Berger, J.-V. Berlottier, J.-M. Chenot, P. Mathieu, R. Dubois</b> . . . . . Janvier . . . . . 48
◆ La construction par rotation de 11 PS dans le cadre de la mise aux normes autoroutières de la RN10 entre Belin-Beliet (Gironde) et Saint-Geours-de-Maremne (Landes) - <i>Construction of 11 overpasses by rotation in connection with the upgrading to motorway standard of highway RN 10 between Belin-Beliet (Gironde) and Saint-Geours-de-Maremne</i> <b>J.-M. Aubaterre, B. Folia, G. Herpin, P. Paillusseau, P. Barras, M. Gonzalez, B. Souchon, D. Mabire, M. Mallejac, M. Placidi, J.-P. Commun, L. Amoros</b> . . . . . Janvier . . . . . 57
◆ Passage à l'Euro pour le second viaduc de Pont Salomon - <i>Going Euro on the second viaduct of Pont Salomon</i> <b>V. Dewilde, Fr. Dallot, F. Tavakoly, D. Guio, D. de Matteis</b> . . . . . Janvier . . . . . 62
◆ A 89. Le viaduc du Chavanon. Quand la réalité rejoint la théorie - <i>A 89. The Chavanon viaduct. When reality matches theory</i> <b>P. Dublé</b> . . . . . Janvier . . . . . 67
◆ Le pont haubané d'Uddevalla en Suède - <i>The Uddevalla cable-stayed bridge in Sweden</i> <b>Y. Bournand</b> . . . . . Janvier . . . . . 75
◆ Un élévateur-transbordeur de 3000 t au service du pôle naval de Cherbourg - <i>A 3,000-t lift-ferry in the service of the naval district of Cherbourg</i> <b>D. Aumont, J.-M. Allix, J.-Cl. Grandchamp, D. Nakache, Y. Bellier, L. Ziegler</b> . . . . . Janvier . . . . . 82
◆ Les entreprises utilisatrices de la précontrainte et le SEDIP - <i>Contractors using prestressing techniques and the SEDIP</i> <b>P. Bron</b> . . . . . Janvier . . . . . 89

### Recherche et innovation

Ministère de la Recherche. La recherche en France <b>V. Courtillet</b> . . . . . Février . . . . . 18
◆ Le réseau Génie civil et Urbain (RGC & U) <b>S. Feneuille</b> . . . . . Février . . . . . 20
◆ La DRAST, la recherche et l'innovation en génie civil <b>B. Halphen</b> . . . . . Février . . . . . 22
◆ Les réseaux du LCPC <b>J. Roudier</b> . . . . . Février . . . . . 26
◆ Les chartes Innovation de la Direction des routes <b>Fr. Perret</b> . . . . . Février . . . . . 30
◆ Contribution des universitaires à la recherche, au développement et à l'innovation en génie civil <b>Fr. Buyle-Bodin, G. Lemaire, E. Ringot, J.-L. Granju, A. Turatsinze, S. Ould Naffa,</b>

<b>M. Goueygou, B. Piwakowski, M. Bêlorgey, J. Monnet, L. Gaidi, I. Alimi-Ichola, H. Mroueh, I. Shahrouh, I. Shahrouh, M. Sadek, R. Ousta</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>33</b>
◆ L'IREX et la recherche associative		
<b>Ch. Bernardini</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>40</b>
◆ La commission "Béton" de la FNTF		
<b>M. Guérinet</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>47</b>
◆ La profession routière		
<b>D. Irastorza - Barbet</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>49</b>
◆ La recherche et développement en géotechnique		
<b>D. Gouvenot</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>53</b>
◆ Les actions de la profession pour développer la recherche et l'innovation professionnelle		
<b>Fr. Vahl, H. Thonier</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>55</b>
◆ La recherche et l'innovation chez Campenon Bernard		
<b>M. Wastiaux</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>59</b>
◆ GTM innove pour ses clients		
<b>V. Cousin</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>62</b>
◆ La valorisation de l'innovation chez Spie		
<b>P. Chassagnette</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>66</b>
◆ Solétanche Bachy, une R & D orientée client		
<b>D. Gouvenot</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>69</b>
◆ Recherche et innovation chez Bouygues TP		
<b>B. Raspaud, P. Aristaghes, G. Causse, M. Cheyrezy, Cl. Dumoulin</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>73</b>
◆ La recherche et développement, moteur de Colas		
<b>M. Chappat</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>76</b>
◆ La recherche et le développement chez Appia		
<b>B. Heritier, J.-P. Antoine</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>78</b>
◆ L'innovation vue par l'entreprise Eurovia		
<b>J.-P. Marchand</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>80</b>
◆ Recherche et développement chez Eiffage Construction		
<b>P. Vezole</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>82</b>
◆ Freyssinet innove... : Passé, Présent, Futur		
<b>J.-Ph. Fuzier</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>84</b>
◆ Les innovations du Groupe EGIS au service de ses clients		
<b>M. Ray</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>86</b>
◆ La recherche et l'innovation chez Jean Lefèbvre		
<b>M. Cyna</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>89</b>
◆ Advitam : l'inspection et la surveillance des ouvrages d'art à l'ère du clic		
<b>J.-M. Brujaille</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>92</b>
◆ Les innovations en construction métallique aujourd'hui		
<b>J. Brozetti</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>94</b>
◆ Recherche et innovation au CEBTP		
<b>D. Vié</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>99</b>
◆ La recherche et l'innovation au LERM		
<b>J.-P. Bournazel</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>101</b>
◆ TPtech : 1 <sup>er</sup> salon des technologies innovantes des TP		
<b>P. Cormon</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>104</b>
◆ Le 5 <sup>e</sup> Programme cadre de Recherche et Développement		
<b>J. Laravoire</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>110</b>
◆ Les politiques publiques et l'innovation dans l'industrie de la construction		
<b>A. Manseau</b> .....	<b>Février</b> .....	<b>115</b>

## Tramways – Travaux urbains

◆ Le VAL de Lille - The Lille VAL		
<b>J. Riquart</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>12</b>
◆ Le VAL de Lille : les travaux des lots 2A et 2B de la ligne 2 - The Lille VAL : Works Lots 2A and 2B for Line 2		
<b>R. Vandernotte</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>17</b>
◆ Tramway : Nantes aborde le siècle avec une ligne d'avance - Tramway : Nantes greets the millennium with a new line		
<b>A. Weber</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>24</b>
◆ La ligne 3 nord du tramway nantais - Line 3 North of Nantes tramway		
<b>D. Masson, J. Camedescasse</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>27</b>

◆ Le chantier de la section 6 du tramway d'Orléans - Works on section 6 of the Orleans tramway		
<b>G. Chateau</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>35</b>
◆ Le TEOR de Rouen - The Rouen TEOR		
<b>D. Maurin, M. Ragot, B. Masson, V. Vesier, J.-M. Viole, X. Mondher</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>40</b>
◆ Les innovations de la Semaly pour la pose de voies ferrées tramway - Semaly tramway-tracklaying innovations		
<b>B. Poinseaux, G. Chanel, Ph. Soleil</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>48</b>
◆ Le parc urbain de la seille à Metz. L'histoire d'une construction avec la nature en centre-ville - The Seille urban park in Metz. History of a construction operation with nature in the town centre		
<b>M.-A. Carles</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>52</b>
◆ Mise en site protégé des couloirs autobus de la ligne Petite Ceinture sur les boulevards des Maréchaux - Protecting the bus lanes of the Petite Ceinture line along the Boulevards des Maréchaux		
<b>Fr. Wouts, Th. Marsick</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>58</b>
◆ Les aménagements du stade Roland-Garros à l'aube du troisième millénaire - Improvements to the Roland-Garros stadium as the third millennium dawns		
<b>R. Rimbod</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>62</b>
◆ La place de Bretagne à Rennes. Un espace public retrouvé malgré de fortes contraintes fonctionnelles - Place de Bretagne in Rennes. A public space regained despite significant functional constraints		
<b>S. Briou, M. Carrel</b> .....	<b>Mars</b> .....	<b>66</b>

## Travaux souterrains – Ouvrages d'art

◆ Le tunnel du Mont-Blanc. Le point sur le chantier de la concession française - The Mont-Blanc tunnel. Status of works on French concession		
<b>Direction de la communication ATMB</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>14</b>
◆ Le tunnel de Foix. Modification d'un tunnel neuf avant son ouverture - The Foix tunnel. Modification of a new tunnel before its opening		
<b>M. Vetter</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>21</b>
◆ Le tunnel du Pannerdensch Kanaal. Le premier tunnel foré français aux Pays-Bas - The Pannerdensch Kanaal tunnel. The first French-bored tunnel in the Netherlands		
<b>E. Paillas, H. Mortier, Fr. Dudouit, Fr. Renault</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>27</b>
◆ Le projet LHC (Large hadron collider) du CERN - Lot 3A - The CERN LHC project - Lot 3A		
<b>G. Petard, G. Vertut, P. Roux, R. Nogues</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>35</b>
◆ Collecteur de décharge du Pantin-La-Briche. Un premier tronçon à Aubervilliers (Seine-Saint-Denis) - Pantin-La-Briche sewer main. First section at Aubervilliers (Seine-Saint-Denis region)		
<b>Ch. Boissenot</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>40</b>
◆ Le viaduc de Verrières - The Verrières viaduct		
<b>G. Gillet</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>44</b>
◆ Franchissement de la Seine. Un pont mixte entre Triel et Vernouillet - Crossing the Seine. A composite bridge between Triel and Vernouillet		
<b>V. Avrillon</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>51</b>
◆ Un nouveau pont sur la Liane à Boulogne-sur-Mer - A new bridge over the Liane at Boulogne-sur-Mer		
<b>Ph. Matière, S. Lestrade</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>57</b>
◆ EPA Sénart. Voie de liaison entre le boulevard extérieur de Lieusaint et la voie M4. Ouvrage de franchissement des voies ferrées - EPA Sénart. Connecting road between the outer boulevard of Lieusaint and line M4. Bridge over the railway tracks		
<b>Cl. Fritz</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>61</b>
◆ Construction d'une passerelle métallique pour la gare du Futuroscope à Poitiers - Construction of a steel walkway for the Futuroscope station in Poitiers		
<b>Fr. Charmasson</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>65</b>
◆ Une nouvelle passerelle sur le Cher à Tours - A new footbridge over the Cher in Tours		
<b>Ph. Matière, S. Lestrade</b> .....	<b>Avril</b> .....	<b>71</b>

## Sols et fondations

- ◆ Un exemple d'optimisation des fondations des culées d'ouvrages d'art courants sur l'autoroute A77  
- *Example of optimised bridge abutment foundations on motorway A77*  
**Ph. de Bechevel, A. Morbois, J.-L. Dabert** ..... **Mai** .... **20**
- ◆ Le viaduc de la Dordogne sur l'autoroute A20 Brive/Montauban. Des fondations "très" spéciales  
- *The Dordogne viaduct on the Brive/Montauban A20 motorway. "Very" special foundations*  
**O. Bonifazi-Grenouilleau, Y. Guerpillon, D. Thariat, E. Coppi, R. Massonnet** ..... **Mai** .... **26**
- ◆ Portance et réalisation des fondations de deux ponts sur le Haut Niger  
- *Bearing capacity and construction of foundations for two bridges over the Upper Niger*  
**M. Bustamante, S. Borel, L. Gianeselli, Fr. Borgato** ..... **Mai** .... **35**
- ◆ Le second pont sur le Rhin au sud de Strasbourg : les travaux sont commencés  
- *The second bridge over the Rhine south of Strasbourg : works have begun*  
**G. Treffot** ..... **Mai** .... **42**
- ◆ Mesure du diamètre des colonnes de jet grouting par la méthode du cylindre électrique  
- *Jet grouting column diameter measurement using the electric cylinder method*  
**P. Frappin, J. Morey** ..... **Mai** .... **55**
- ◆ Travaux de confortement d'une résidence à Grasse  
- *Reinforcement work for apartment complex in Grasse*  
**D. Huber** ..... **Mai** .... **61**
- ◆ Une paroi auto-stable à flanc de colline pour abriter le groupe scolaire Anatole France à Issy-les-moulineaux  
- *A self-stable wall on a hillside to protect the Anatole France school in Issy-les-Moulineaux*  
**Fr. Pignierol, K. Dombrowsky** ..... **Mai** .... **65**
- ◆ Soutènement par pieux sécants. Réalisation de fosses d'empilage à Belfort  
- *Retaining structure using secant piles. Construction of stacking pits in Belfort*  
**J.-Ph. Puffeney** ..... **Mai** .... **71**
- ◆ Travaux de réalisation d'une galerie visitable de diamètre 3 m : LIRE secteur sud  
- *Work on an inspectable gallery of 3 m diameter : the LIRE South Sector project*  
**M. Roche** ..... **Mai** .... **75**
- ◆ Le procédé Mygal : blindage métallique pour puits  
- *The Mygal process : steel cladding for shafts*  
**X. Arm** ..... **Mai** .... **79**
- ◆ Amélioration de sols pour deux centrales électriques en Egypte  
- *Soil improvement for two power plants in Egypt*  
**M. Lacazedieu** ..... **Mai** .... **82**

## Routes

- ◆ L'A20 avance. Mise en service de la section Cahors nord/Souillac  
- *The A20 motorway advances. Opening of Cahors Nord/Souillac section*  
**G. Calas** ..... **Juin** .... **16**
- ◆ A28 - Alençon - Le Mans - Tours. Section Arçonnay/Maresche  
- *A28 - Alençon - Le Mans - Tours. Arçonnay/Maresché section*  
**G. Khodja** ..... **Juin** .... **21**
- ◆ Fil vert de l'autoroute de l'arbre (A77)  
- *Green string of the Tree Motorway (A77)*  
**Ch. Dargent, J.-P. Berguin** ..... **Juin**27
- ◆ A29 Amiens/Saint-Quentin. Innover pour économiser...  
- *The A29 motorway between Amiens and Saint-Quentin. Innovating to economise...*  
**Y. Meunier** ..... **Juin** .... **34**
- ◆ Ouverture de la section Libourne/Mussidan de l'A89. "L'eau-toroute" dans tous ses états  
- *Opening of Libourne/Mussidan section of the A89 motorway. The ups and downs of the "water-way"*  
**J.-P. Lacaze** ..... **Juin** .... **40**
- ◆ A29... Recyclage à fort taux. Une première!  
- *A29 high-level recycling. A first!*  
**Ch. Alvarez, J.-Fr. Pochet** ..... **Juin** .... **45**
- ◆ Nice : Prolongement de la chaussée nord de l'autoroute urbaine sud (A.U.S.) entre Magnan et Fabron

- *Nice : Extension of the northern carriageway of the Autoroute urbaine sud (south urban motorway) between Magnan and Fabron*  
**Cl. Cardelli, Ph. Martin** ..... **Juin** .... **48**
- ◆ Pistes d'essais : Construction des pistes route nationale, route moyenne montagne et fortes pentes sur le centre d'essai Renault à Aubevoye  
- *Test tracks : how to optimise a project? Construction of tracks representing national highways, mountain roads and steep slopes at the Renault Test Centre in Aubevoye*  
**B. Masson, B. Cluet** ..... **Juin** .... **53**
- ◆ Réalisation de l'étanchéité/couche de roulement du tablier orthotropique du pont Honoré-Mercier à Montréal  
- *Waterproofing and surfacing of the light gauge decking of the Honoré-Mercier Bridge in Montréal*  
**M. Proteau, B. Pichette** ..... **Juin** .... **59**

## Terrassements

- ◆ A29 - Un chantier de surface et de traitement  
- *A29 - A surface treatment project*  
**P. Chardard** ..... **Juillet-Août** .... **16**
- ◆ 100 km de plate-forme PF4 sur l'autoroute A77  
- *100 km of PF4-type roadbed on A77 motorway*  
**J.-Ph. Ehrhardt, J.-P. Maurice, J. Vautrain** ..... **Juillet-Août** .... **20**
- ◆ Le franchissement de la vallée de Saint-Loup par l'autoroute A77 : un remblai exceptionnel  
- *Crossing of Saint-Loup valley by A77 motorway : an exceptional embankment*  
**J.-Ph. Ehrhardt, A. Morbois, B. Chiesa** ..... **Juillet-Août** .... **27**
- ◆ A89 - Section 1. Entre grands crus, les caprices de l'Isle et de la Dordogne et... les sols compressibles  
- *A89 - Section 1. Between flooding, the whims of the Isle and Dordogne and... compressible soils*  
**J.-P. Lacaze, Fr. Pare, Fr. de Saint Amand, J.-P. Breton, G. Lacassy** ... **Juillet-Août** .... **33**
- ◆ Delta-3 - La plate-forme multimodale de Dourges  
- *Delta-3 - The Dourges multi-modal platform*  
**A. Ofcard, J. Avenel, D. Heraly, O. Guérin, L.-R. Borrel** ..... **Juillet-Août** .... **39**
- ◆ Talus Royal® sur A83  
- *Talus Royal® on A83 motorway*  
**J.-M. Dessert, P. Royal** ..... **Juillet-Août** .... **47**

## Environnement

- ◆ Les Nantieux : réhabilitation d'un dépôt de résidus arséniés  
- *Nantieux : rehabilitation an iron arsenate dump site*  
**J.-M. Pieraerts, A. Bouchelaghem, M.-C. Magnié** ..... **Septembre** .... **16**
- ◆ Le Jardin des Arbres sur l'autoroute A77  
- *The Tree Garden on the A77 motorway*  
**Ch. Dargent, J.-P. Berguin** ..... **Septembre** .... **22**
- ◆ Saint-Etienne. Aménagement du quartier de Chabrier à Montreynaud  
- *Saint-Etienne. Works in the Chabrier sector of Montreynaud*  
**P. Montagnon** ..... **Septembre** .... **29**
- ◆ Le pont Saint-Jean à Nancy : l'environnement comme fil conducteur  
- *The Saint-Jean bridge : the environment showing the way*  
**L. Bavière, D. Jonas** ..... **Septembre** .... **33**
- ◆ Optimisation des fondations pour la réalisation d'un parc éolien dans l'Aude  
- *Optimised foundations for a wind power farm (Aude region)*  
**D. Sahuc, M. Abergel, G. Chastan, L. Guérin** ..... **Septembre** .... **38**
- ◆ Conteneur et fourgon environnement  
- *Environment container and van*  
**Ch. Giroud, P. Achard** ..... **Septembre** .... **41**
- ◆ Les terrassements ou le "gros œuvre" de l'aménagement paysager  
- *Earthworks or structural aspects of landscaping*  
**B. Lassus** ..... **Septembre** .... **44**
- ◆ Travaux publics, les nouveaux enjeux de la gestion des déchets  
- *Public works : the new stakes in waste management*  
**P. Bernasconi** ..... **Septembre** .... **49**

# Port de Monaco et grands ouvrages

- ◆ Les travaux d'extension du port de Monaco  
- Port of Monaco extension works  
**R. Bouchet, G. Battigello, J. Ward** ..... **Octobre** .... **16**
- ◆ Les travaux d'extension du port de Monaco. Les travaux du lot 1  
- Port of Monaco extension works. Section 1 works  
**J.-W. Ferrier** ..... **Octobre** .... **20**
- ◆ Les travaux d'extension du port de Monaco. Les travaux du lot 2. Une digue préfabriquée en béton de 350 m de long  
- Port of Monaco extension works. Section 2 works. A precast concrete jetty 350 m long  
**Fr. Martareche, L. Masset** ..... **Octobre** .... **25**
- ◆ Second franchissement du Rhin au sud de Strasbourg. Le tablier du viaduc d'accès côté France est achevé  
- Second crossing of the Rhine south of Strasbourg. Completed deck of access viaduct on French side  
**G. Treffot** ..... **Octobre** .... **34**
- ◆ L'autoroute A66 : Toulouse-Pamiers  
- The A66 motorway : Toulouse-Pamiers  
**C. Reynes, J.-M. Castel, E. Marchisone, H. Pillier** ..... **Octobre** .... **44**
- ◆ A66 - Toulouse/Pamiers TOARC1. Section Montesquieu-Lauragais-Mazères  
- A66 - Toulouse/Pamiers project Phase 1. Montesquieu-Lauragais-Mazères section  
**Fr. Bouvier, V. Guetaz** ..... **Octobre** .... **54**
- ◆ La route des estuaires de l'information. Un réseau de 1 400 km de fibres optiques, entre Paris et Hendaye  
- Information highway. A backbone of 1400 km of optical fibre from Paris to Hendaye  
**P. Anjolas, Th. de Séverac, Cl. Brunier-Coulin, Ch. Duboin-Bidet, P.-Ph. Portejoie, R. Schuster** ..... **Octobre** .... **59**

# Réhabilitation d'ouvrages

- ◆ Le pont de Durban Corbières (Aude). Reconstruction à l'identique de l'ouvrage en maçonnerie sur la Berre  
- The Durban-Corbières bridge (Aude region). Identical reconstruction of masonry bridge over the Berre  
**Cl. Ridoire** ..... **Novembre** .... **16**
- ◆ Le pont Pierre Heuzé à Hérouville-Saint-Clair (Calvados). Renforcement par collage de lamelles composites pour le passage du tramway  
- The Pierre Heuzé bridge in Hérouville-Saint-Clair (Calvados region). Strengthening by means of glued composite strips for the tramway passage area  
**Cl. Chartrain, A. Legros, Y. Gicquel** ..... **Novembre** .... **22**
- ◆ La reconstruction du pont Eiffel à Dijon. Un ouvrage à la mémoire de l'enfant du quartier  
- Reconstruction of Eiffel bridge in Dijon. A structure in memory of a neighbourhood's child  
**E. Martinez** ..... **Novembre** .... **26**
- ◆ Conception de la réhabilitation du pont de Saint-André-de-Cubzac  
- Design of Saint-André-de-Cubzac bridge rehabilitation  
**D. Giacomelli, L. Marracci** ..... **Novembre** .... **30**
- ◆ Réparation du viaduc du Val de Durance sur l'autoroute A51  
- Repair of Val de Durance viaduct on A51 motorway  
**R. Bondil, P. Trouillet, J.-Cl. Bastet** ..... **Novembre** .... **37**
- ◆ Pont d'Aquitaine : le chantier de remplacement de la suspension  
- Aquitaine bridge : suspension replacement works  
**V. Rigoux, H. Lourenço, B. Despas** ..... **Novembre** .... **46**
- ◆ Rénovation du tunnel de Dullin. Un chantier essentiel  
- Renovation of Dullin tunnel. An essential project  
**J.-L. Attia, M. Vistorky, M. Vian, O. de Blic** ..... **Novembre** .... **56**
- ◆ Le tunnel du Mont-Blanc. La sécurité au cœur du programme de modernisation et de réhabilitation  
- The Mont-Blanc tunnel. Modernisation and rehabilitation programme focusing on safety  
**B. Levy** ..... **Novembre** .... **61**
- ◆ SNCF Rouen. Confortement de la tranchée rocheuse Saint-Hilaire  
- French Railways Rouen. Strengthening of Saint-Hilaire rock trench  
**L. Boissnard** ..... **Novembre** .... **68**

- ◆ Le confortement du déblai TGV à Chabrillan (Drôme) : moyens exceptionnels pour délai exceptionnel  
- Reinforcement of TGV high-speed train cuttings at Chabrillan in the Drôme region : exceptional resources for exceptional deadlines  
**M.-J. Poitout, M. Roujon, J.-M. Devel** ..... **Novembre** .... **70**
- ◆ Mise en sécurité provisoire au château de Saumur  
- Temporary protection at Saumur chateau  
**L. Boissnard** ..... **Novembre** .... **78**

# International

- ◆ Le pont-canal du Sart à Houdeng-Aimeries (Belgique). Record mondial en masse pour un pont poussé  
- The Sart canal bridge at Houdeng-Aimeries (Belgium). World record for weight of a pushed bridge  
**M. Dekeyser** ..... **Décembre** .... **18**
- ◆ CTRL : liaison ferroviaire à grande vitesse entre Londres et le tunnel sous la Manche. Lot 350/410 : le viaduc sur la Medway  
- Channel Tunnel Rail Link (CTRL) : High-speed rail link between London and the channel tunnel. Work section 350/410 : the viaduct over the Medway  
**Th. Portafaix, C. Roude, L. Rosset** ..... **Décembre** .... **26**
- ◆ Ecosse - Kingston Bridge à Glasgow  
- Scotland - Kingston Bridge in Glasgow  
**L. Boutonnet** ..... **Décembre** .... **32**
- ◆ La construction du pont du III<sup>e</sup> millénaire Jean-Paul II à Gdansk. Le premier pont à haubans polonais construit en encorbellement  
- Construction of the Third Millennium Jean-Paul II Bridge on Sucharski road in Gdansk. The first Polish cable-stayed bridge built by cantilevering  
**J. Mossot** ..... **Décembre** .... **37**
- ◆ Remise en état des vannes de fond du barrage de Bin El Ouidane au Maroc  
- Repair of the outlet gates of Bin El Ouidane dam in Morocco  
**J. Bordignon, Th. Levain** ..... **Décembre** .... **55**
- ◆ Bogota - Un collecteur de transfert d'eaux usées  
- Bogota - A sewage transfer drain  
**M. Guillaud, J.-N. Lasfargue, B. Théron** ..... **Décembre** .... **59**
- ◆ Un viaduc ferroviaire dans les nouveaux territoires de Hong Kong. Huit lanceurs pour six cents travées en 18 mois  
- A railway viaduct in the New Territories of Hong Kong. Eight launching systems for six hundred spans in 18 months  
**F. Cayron, P. Cote** ..... **Décembre** .... **63**
- ◆ Le pont de Seohae en Corée du Sud  
- Seohae Bridge in South Korea  
**B. Lecinq, P. Hease** ..... **Décembre** .... **68**
- ◆ Supervision d'ouvrages exceptionnels sur le TGV coréen  
- Supervision of exceptional structures for the Korean high-speed train system  
**B. Fradin, H. Khadivi** ..... **Décembre** .... **75**
- ◆ Fondations profondes à Hong Kong  
- Deep foundations in Hong Kong  
**M. Pratt, N.-M. Walsh, S. Arunachalam, S. Young, P. Sunderland** ... **Décembre** .... **79**
- ◆ Chine. Nouveaux développements des ponts en arc tubulaires remplis de béton  
- China. New developments in concrete-filled tubular arch bridges  
**D. Dajun** ..... **Décembre** .... **91**

# Table par nom d'auteurs/Authors

M. Abergel . . . . .	Septembre . 38	J.-M. Chenot . . . . .	Janvier . . . . . 48	H. Khadivi . . . . .	Décembre . . . . . 75	P.-Ph. Portejoie . . . . .	Octobre . . . . . 59
P. Achard . . . . .	Septembre . 41	Fr. Chevallier . . . . .	Janvier . . . . . 41	G. Khodja . . . . .	Juin . . . . . 21	G. Pouliquen . . . . .	Janvier . . . . . 18
I. Alimi-Ichola . . . . .	Février . . . . . 33	M. Cheyreyz . . . . .	Février . . . . . 73	G. Lacassy . . . . .	Juillet-Août . . . . . 33	M. Pratt . . . . .	Décembre . . . . . 79
J.-M. Allix . . . . .	Janvier . . . . . 82	B. Chiesa . . . . .	Juillet-Août . . . . . 27	J.-P. Lacaze . . . . .	Juin . . . . . 40	M. Proteau . . . . .	Juin . . . . . 59
Ch. Alvarez . . . . .	Juin . . . . . 45	B. Cluet . . . . .	Juin . . . . . 53	J.-P. Lacaze . . . . .	Juillet-Août . . . . . 33	J.-Ph. Puffeney . . . . .	Mai . . . . . 71
L. Amoros . . . . .	Janvier . . . . . 57	J.-P. Commun . . . . .	Janvier . . . . . 57	M. Lacazedieu . . . . .	Mai . . . . . 82	A. Rage . . . . .	Janvier . . . . . 33
P. Anjolras . . . . .	Octobre . . . . . 59	E. Coppi . . . . .	Mai . . . . . 26	J. Laravoire . . . . .	Février . . . . . 110	M. Ragot . . . . .	Mars . . . . . 40
J.-P. Antoine . . . . .	Février . . . . . 78	P. Cormon . . . . .	Février . . . . . 104	J.-N. Lasfargue . . . . .	Décembre . . . . . 59	B. Raspaud . . . . .	Février . . . . . 73
P. Aristaghes . . . . .	Février . . . . . 73	P. Cote . . . . .	Décembre . . . . . 63	B. Lassus . . . . .	Septembre . . . . . 44	M. Ray . . . . .	Février . . . . . 86
X. Arm . . . . .	Mai . . . . . 79	V. Courtillot . . . . .	Février . . . . . 18	B. Lecinq . . . . .	Décembre . . . . . 68	Fr. Renault . . . . .	Avril . . . . . 27
S. Arunachalam . . . . .	Décembre . . . . . 79	V. Cousin . . . . .	Février . . . . . 62	A. Legros . . . . .	Novembre . . . . . 22	C. Reynes . . . . .	Octobre . . . . . 44
J.-L. Attia . . . . .	Novembre . . . . . 56	M. Cyna . . . . .	Février . . . . . 89	G. Lemaire . . . . .	Février . . . . . 33	Cl. Ridoire . . . . .	Novembre . . . . . 16
D.-M. Aubarterre . . . . .	Janvier . . . . . 57	J.-L. Dabert . . . . .	Mai . . . . . 20	S. Lestrade . . . . .	Avril . . . . . 57	V. Rigoux . . . . .	Novembre . . . . . 46
J. Aumont . . . . .	Janvier . . . . . 82	D. Dajun . . . . .	Décembre . . . . . 91	S. Lestrade . . . . .	Avril . . . . . 71	R. Rimbod . . . . .	Mars . . . . . 62
J. Avenel . . . . .	Juillet-Août . . . . . 39	Fr. Dallot . . . . .	Janvier . . . . . 62	Th. Levain . . . . .	Décembre . . . . . 55	E. Ringot . . . . .	Février . . . . . 33
V. Avrillon . . . . .	Avril . . . . . 51	Ch. Dargent . . . . .	Juin . . . . . 27	B. Levy . . . . .	Novembre . . . . . 61	J. Riquart . . . . .	Mars . . . . . 12
P. Barras . . . . .	Janvier . . . . . 57	Ch. Dargent . . . . .	Septembre . . . . . 22	H. Lourenço . . . . .	Novembre . . . . . 46	M. Roche . . . . .	Mai . . . . . 75
J.-P. Bascou . . . . .	Janvier . . . . . 18	D. de Matteis . . . . .	Janvier . . . . . 62	D. Mabire . . . . .	Janvier . . . . . 57	L. Rosset . . . . .	Décembre . . . . . 26
J.-Cl. Bastet . . . . .	Novembre . . . . . 37	Dir. Com. ATMB . . . . .	Avril . . . . . 14	M.-C. Magnié . . . . .	Septembre . . . . . 16	C. Roude . . . . .	Décembre . . . . . 26
G. Battigello . . . . .	Octobre . . . . . 16	Fr. de Saint Amand . . . . .	Juillet-Août . . . . . 33	M. Mallejac . . . . .	Janvier . . . . . 57	J. Roudier . . . . .	Février . . . . . 26
L. Bavière . . . . .	Septembre . . . . . 33	O. de Blic . . . . .	Novembre . . . . . 56	A. Manseau . . . . .	Février . . . . . 115	M. Roujon . . . . .	Novembre . . . . . 70
Y. Bellier . . . . .	Janvier . . . . . 82	Ph. de Bechevel . . . . .	Mai . . . . . 20	J.-P. Marchand . . . . .	Février . . . . . 80	P. Roux . . . . .	Avril . . . . . 35
M. Bêlorgey . . . . .	Février . . . . . 33	Th. de Séverac . . . . .	Octobre . . . . . 59	E. Marchisone . . . . .	Janvier . . . . . 18	P. Royal . . . . .	Juillet-Août . . . . . 47
P. Berger . . . . .	Janvier . . . . . 48	M. Dekeyser . . . . .	Décembre . . . . . 18	E. Marchisone . . . . .	Octobre . . . . . 44	M. Sadek . . . . .	Février . . . . . 33
J.-P. Berguin . . . . .	Juin . . . . . 27	B. Despas . . . . .	Novembre . . . . . 46	L. Marracci . . . . .	Novembre . . . . . 30	D. Sahuc . . . . .	Septembre . . . . . 38
J.-P. Berguin . . . . .	Septembre . . . . . 22	J.-M. Dessert . . . . .	Juillet-Août . . . . . 47	Th. Marsick . . . . .	Mars . . . . . 58	R. Schuster . . . . .	Octobre . . . . . 59
J.-V. Berlottier . . . . .	Janvier . . . . . 48	J.-M. Devel . . . . .	Novembre . . . . . 70	Fr. Martareche . . . . .	Octobre . . . . . 25	I. Shahrou . . . . .	Février . . . . . 33
Ch. Bernardini . . . . .	Février . . . . . 40	V. Dewilde . . . . .	Janvier . . . . . 62	Ph. Martin . . . . .	Juin . . . . . 48	Ph. Soleil . . . . .	Mars . . . . . 48
P. Bernasconi . . . . .	Septembre . . . . . 49	K. Dombernowsky . . . . .	Mai . . . . . 65	E. Martinez . . . . .	Novembre . . . . . 26	B. Souchon . . . . .	Janvier . . . . . 57
L. Boisnard . . . . .	Novembre . . . . . 68	P. Dublé . . . . .	Janvier . . . . . 67	L. Masset . . . . .	Octobre . . . . . 25	P. Sunderland . . . . .	Décembre . . . . . 79
L. Boisnard . . . . .	Novembre . . . . . 78	Ch. Duboin-Bidet . . . . .	Octobre . . . . . 59	B. Masson . . . . .	Mars . . . . . 40	F. Tavakoly . . . . .	Janvier . . . . . 62
Ch. Boissenot . . . . .	Avril . . . . . 40	R. Dubois . . . . .	Janvier . . . . . 48	B. Masson . . . . .	Juin . . . . . 53	B. Théron . . . . .	Décembre . . . . . 59
R. Bondil . . . . .	Novembre . . . . . 37	Fr. Dudouit . . . . .	Avril . . . . . 27	D. Masson . . . . .	Mars . . . . . 27	D. Thiriat . . . . .	Mai . . . . . 26
O. Bonifazi-Grenouilleau . . . . .	Mai . . . . . 26	Cl. Dumoulin . . . . .	Février . . . . . 73	R. Massonnet . . . . .	Mai . . . . . 26	H. Thonier . . . . .	Février . . . . . 55
J. Bordignon . . . . .	Décembre . . . . . 55	J.-Ph. Ehrhardt . . . . .	Janvier . . . . . 33	P. Mathieu . . . . .	Janvier . . . . . 48	G. Treffot . . . . .	Mai . . . . . 42
S. Borel . . . . .	Mai . . . . . 26	J.-Ph. Ehrhardt . . . . .	Juillet-Août . . . . . 27	Ph. Matière . . . . .	Avril . . . . . 57	G. Treffot . . . . .	Octobre . . . . . 34
Fr. Borgato . . . . .	Mai . . . . . 35	J.-Ph. Ehrhardt . . . . .	Juillet-Août . . . . . 20	Ph. Matière . . . . .	Avril . . . . . 71	M. Triquet . . . . .	Janvier . . . . . 26
L.-R. Borrel . . . . .	Juillet-Août . . . . . 39	S. Feneuille . . . . .	Février . . . . . 20	J.-P. Maurice . . . . .	Juillet-Août . . . . . 20	P. Trouillet . . . . .	Novembre . . . . . 37
A. Bouchelaghem . . . . .	Septembre . . . . . 16	J.-W. Ferrier . . . . .	Octobre . . . . . 20	D. Maurin . . . . .	Mars . . . . . 40	A. Turatsinze . . . . .	Février . . . . . 33
R. Bouchet . . . . .	Octobre . . . . . 16	B. Folia . . . . .	Janvier . . . . . 57	Y. Meunier . . . . .	Juin . . . . . 34	Fr. Vahl . . . . .	Février . . . . . 33
Y. Bournand . . . . .	Janvier . . . . . 75	B. Fradin . . . . .	Décembre . . . . . 75	X. Mondher . . . . .	Mars . . . . . 40	R. Vandernotte . . . . .	Mars . . . . . 17
J.-P. Bournazel . . . . .	Février . . . . . 101	P. Frappin . . . . .	Mai . . . . . 55	J. Monnet . . . . .	Février . . . . . 33	J. Vautrain . . . . .	Juillet-Août . . . . . 20
L. Boutonnet . . . . .	Décembre . . . . . 32	Cl. Fritz . . . . .	Avril . . . . . 61	P. Montagnon . . . . .	Septembre . . . . . 29	G. Vertut . . . . .	Avril . . . . . 35
Fr. Bouvier . . . . .	Octobre . . . . . 54	J.-Ph. Fuzier . . . . .	Février . . . . . 84	A. Morbois . . . . .	Mai . . . . . 20	V. Vesier . . . . .	Mars . . . . . 40
J.-P. Breton . . . . .	Juillet-Août . . . . . 33	L. Gaidi . . . . .	Février . . . . . 33	A. Morbois . . . . .	Juillet-Août . . . . . 27	M. Vetter . . . . .	Avril . . . . . 21
S. Briou . . . . .	Mars . . . . . 66	D. Giacomelli . . . . .	Novembre . . . . . 30	J. Morey . . . . .	Mai . . . . . 55	P. Vezole . . . . .	Février . . . . . 82
P. Bron . . . . .	Janvier . . . . . 89	L. Gianeselli . . . . .	Mai . . . . . 26	H. Mortier . . . . .	Avril . . . . . 27	M. Vian . . . . .	Novembre . . . . . 56
J. Brozetti . . . . .	Février . . . . . 94	Y. Gicquel . . . . .	Novembre . . . . . 22	J. Mossot . . . . .	Décembre . . . . . 37	D. Vié . . . . .	Février . . . . . 99
J.-M. Brujaille . . . . .	Février . . . . . 92	G. Gillet . . . . .	Avril . . . . . 44	H. Mroueh . . . . .	Février . . . . . 33	J.-M. Viole . . . . .	Mars . . . . . 40
Cl. Brunier-Coulin . . . . .	Octobre . . . . . 59	Ch. Giroud . . . . .	Septembre . . . . . 41	D. Nakache . . . . .	Janvier . . . . . 82	M. Vistorky . . . . .	Novembre . . . . . 56
M. Bustamante . . . . .	Mai . . . . . 26	M. Gonzalez . . . . .	Janvier . . . . . 57	R. Nogues . . . . .	Avril . . . . . 35	N.-M. Walsh . . . . .	Décembre . . . . . 79
Fr. Buyle-Bodin . . . . .	Février . . . . . 33	M. Goueygou . . . . .	Février . . . . . 33	A. Ofcard . . . . .	Juillet-Août . . . . . 39	J. Ward . . . . .	Octobre . . . . . 16
G. Calas . . . . .	Juin . . . . . 16	D. Gouvenot . . . . .	Février . . . . . 53	S. Ould Naffa . . . . .	Février . . . . . 33	M. Wastiaux . . . . .	Février . . . . . 59
J. Camedescasse . . . . .	Mars . . . . . 27	D. Gouvenot . . . . .	Février . . . . . 69	R. Ousta . . . . .	Février . . . . . 33	A. Weber . . . . .	Mars . . . . . 24
Cl. Cardelli . . . . .	Juin . . . . . 48	J.-Cl. Grandchamp . . . . .	Janvier . . . . . 82	E. Paillas . . . . .	Avril . . . . . 27	Fr. Wouts . . . . .	Mars . . . . . 58
M.-A. Carles . . . . .	Mars . . . . . 52	J.-L. Granju . . . . .	Février . . . . . 33	P. Paillusseau . . . . .	Janvier . . . . . 57	S. Young . . . . .	Décembre . . . . . 79
M. Carrel . . . . .	Mars . . . . . 66	L. Guérin . . . . .	Septembre . . . . . 38	Fr. Pare . . . . .	Juillet-Août . . . . . 33	L. Ziegler . . . . .	Janvier . . . . . 82
J.-M. Castel . . . . .	Janvier . . . . . 18	O. Guérin . . . . .	Juillet-Août . . . . . 39	Fr. Perret . . . . .	Février . . . . . 30		
J.-M. Castel . . . . .	Octobre . . . . . 44	M. Guérinet . . . . .	Février . . . . . 47	G. Petard . . . . .	Avril . . . . . 35		
G. Causse . . . . .	Février . . . . . 73	Y. Guerpillon . . . . .	Mai . . . . . 26	J. Petitjean . . . . .	Janvier . . . . . 41		
F. Cayron . . . . .	Décembre . . . . . 63	V. Guetaz . . . . .	Octobre . . . . . 54	B. Pichette . . . . .	Juin . . . . . 59		
M. Chaabouni . . . . .	Janvier . . . . . 33	M. Guillaud . . . . .	Décembre . . . . . 59	J.-M. Pieraerts . . . . .	Septembre . . . . . 16		
G. Chanel . . . . .	Mars . . . . . 48	D. Guio . . . . .	Janvier . . . . . 62	Fr. Pigneron . . . . .	Mai . . . . . 65		
M. Chappat . . . . .	Février . . . . . 76	B. Halphen . . . . .	Février . . . . . 22	H. Pillier . . . . .	Octobre . . . . . 44		
P. Chardard . . . . .	Juillet-Août . . . . . 16	P. Hease . . . . .	Décembre . . . . . 68	B. Pitrou . . . . .	Janvier . . . . . 26		
Fr. Charmasson . . . . .	Avril . . . . . 65	D. Heraly . . . . .	Juillet-Août . . . . . 39	B. Piwakowski . . . . .	Février . . . . . 33		
G. Charreton . . . . .	Janvier . . . . . 48	B. Heritier . . . . .	Février . . . . . 78	M. Placidi . . . . .	Janvier . . . . . 57		
Cl. Chartrain . . . . .	Novembre . . . . . 22	G. Herpin . . . . .	Janvier . . . . . 57	J.-Fr. Pochet . . . . .	Juin . . . . . 45		
P. Chassagnette . . . . .	Février . . . . . 66	D. Huber . . . . .	Mai . . . . . 61	B. Poinseaux . . . . .	Mars . . . . . 48		
G. Chastan . . . . .	Septembre . . . . . 38	D. Irastorza-Barbet . . . . .	Février . . . . . 49	M.-J. Poitout . . . . .	Novembre . . . . . 70		
G. Chateau . . . . .	Mars . . . . . 35	D. Jonas . . . . .	Septembre . . . . . 33	Th. Portafaix . . . . .	Décembre . . . . . 26		