

Travaux

n° 756

TERRASSEMENTS

TGV Méditerranée -
Lot 33.
Le terrassement
et ses contraintes

TGV Méditerranée -
Lot 13 : un
chantier en autarcie.
Optimisation
de la réutilisation
des matériaux du site
par et pour un meilleur
respect
de l'environnement

La route du littoral
à la Réunion.
Confortement du mur
en terre armée

La plate-forme
de l'usine Toyota
à Onnaing

Lot 22 - TGV
Méditerranée. Un
convoyeur à bandes
remplace 85 000
semi-remorques

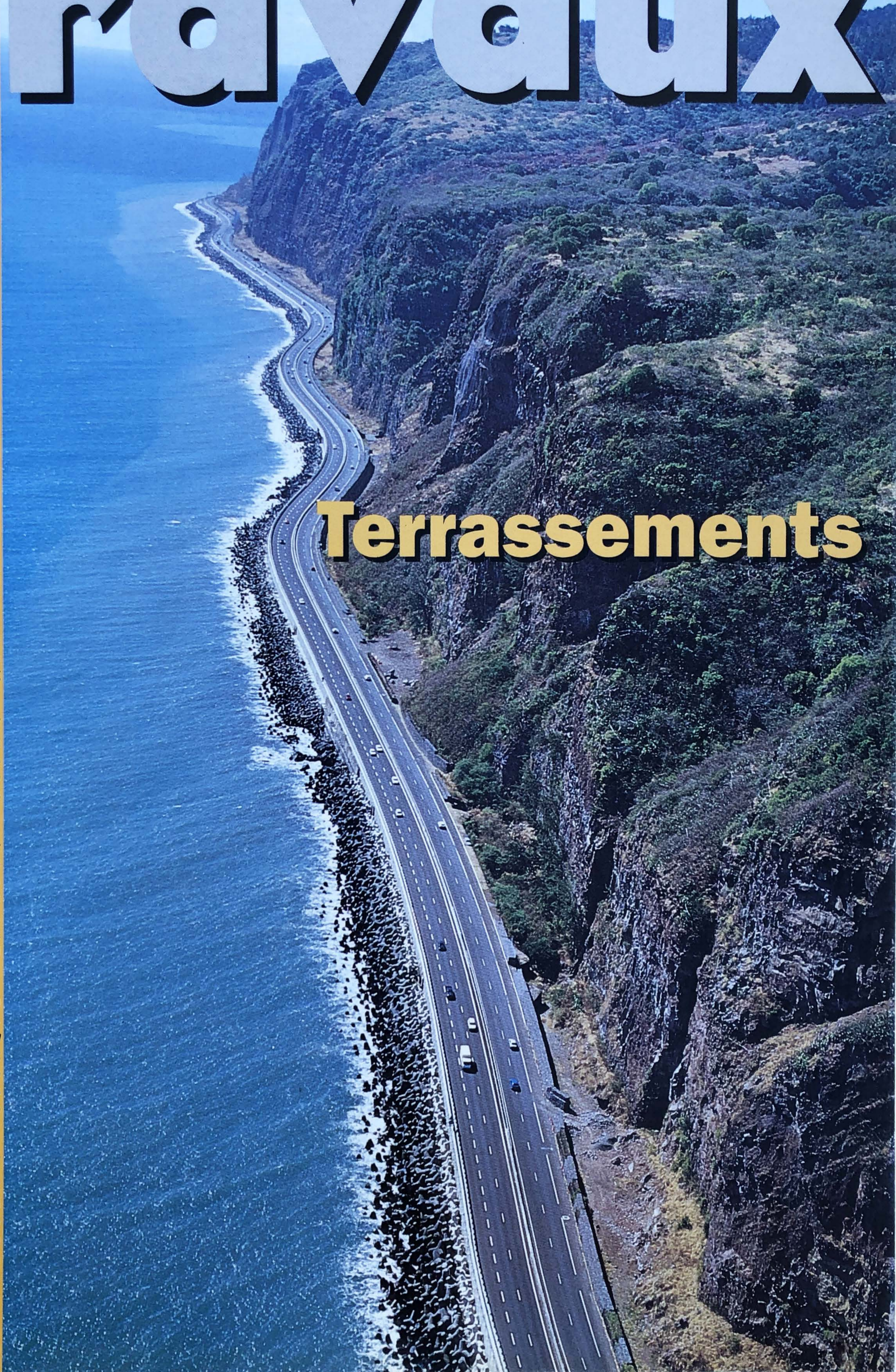
A 20 - Montauban -
Brive. Section Cahors
Nord - Souillac.
Tronçon Sol de
Roques - Dordogne.
Minage et respect
du milieu naturel

Vers l'optimisation
du minage en carrière.
Utilisation *in situ*
d'outils permettant
la mesure
et l'optimisation des
processus d'abattage

OUVRAGES D'ART

Changement
des appareils d'appui
sur le viaduc de
l'Hôpital à Valence. Un
bossage métallique de
vérlinage sur des piles
cylindriques

Terrassements



Daniel Tardy
Président
de la FNTF



Toutes les spécialités des travaux publics ont toujours recherché la performance, exprimée en termes de capacité de production et de rendement. Mais c'est assurément le terrassement qui est la meilleure illustration de cette recherche et des résultats obtenus à travers les temps, depuis la pelle et la pioche, la brouette et le wagonnet. Qui ne se souvient des problèmes de l'école primaire de jadis : "Deux hommes creusent une tranchée de x mètres en x heures. Combien faut-il d'hommes pour...". Avec l'échelle des chantiers et avec la puissance des engins d'aujourd'hui, c'est en milliers de mètres cubes remués par jour que les problèmes seraient posés... s'il y en a encore...

Nos lecteurs retrouveront dans ce numéro, – et le président Bernard Val le dit fort bien dans sa préface à propos des chantiers d'Autoroutes du Sud de la France – cette poursuite constante du rendement avec des matériels de plus en plus puissants. Ils retrouveront aussi les contraintes liées au respect, voire à l'amélioration de l'environnement, qui s'imposent au terrassier : adapter le projet aux paysages traversés, réduire les dépôts et les emprunts de matériaux, les "nuisances" du chantier lui-même, etc. Voilà qui nécessite entre autres une connaissance toujours plus précise des propriétés des sols et une concertation générale avant et pendant l'exécution des travaux, dont on trouvera une illustration remarquable à propos des chantiers du TGV Méditerranée.

Un matériel toujours plus puissant, adapté à des natures de sols variées et souvent hostiles, cela nécessite des investissements de plus en plus lourds, que les entreprises ne peuvent amortir dans des conditions économiques convenables que si leur utilisation est continue. Or les délais d'exécution des travaux, fixés dans les marchés, sont de plus en plus courts – d'autant plus courts que les projets ont été différés plus longtemps ? – et cela peut conduire, et a conduit en effet à certains suréquipements. Aussi, ne cessons nous de demander une plus grande continuité dans la programmation et le lancement des grands projets d'infrastructures routières et ferroviaires.

Pour optimiser les délais, il faut aussi, sur chaque chantier, pouvoir utiliser le matériel pendant le plus grand nombre d'heures possibles, compatibles avec la longueur des journées et les conditions météorologiques, c'est-à-dire nettement plus que 35 heures, et même 42 heures par semaine. Voilà qui promet, pour bientôt, bien des casse-tête aux entreprises... d'autant plus que les marges insuffisantes des entreprises devront nécessiter un ajustement des prix à la hausse.

Je voudrais noter, dans ce numéro, une forme de partenariat particulièrement constructive entre maître d'ouvrage, maître d'œuvre et entrepreneur. Pour l'aménagement de la plate-forme de l'usine Toyota à Onnaing, le maître d'ouvrage, après avoir fixé des objectifs de résultats (spécifications, coûts, délais), a laissé toute initiative à l'entrepreneur pour proposer des variantes et admis de partager moitié-moitié avec lui les économies en résultant. Bel exemple de marché où tout le monde est gagnant.

Enfin, je tiens à saluer une réussite, elle aussi exemplaire, d'une autre forme de partenariat, entre une entreprise de travail temporaire (Adia), une entreprise de traitement de déchets (Espac) et l'un des centres de formation de notre Fédération (Raymond Bard à Faulquemont, que *Travaux* a présenté à ses lecteurs dans son numéro 730, d'avril 1997). Six jeunes non qualifiés ont pu devenir, après deux mois de formation intensive, spécialistes de la conduite d'engins et trouver un emploi stable, et qui plus est, dans un métier au service de l'environnement (cf. "Les métiers au service de l'environnement ont de l'avenir", page 60).

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'D. Tardy', written in a cursive style.



Notre couverture

La route du littoral à La Réunion

© Thierry Hoarau / DDE

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier

3, rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : (33) 0144 13 31 44

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart

Tél. : (33) 0241 35 09 95

Fax : (33) 0241 35 09 96

E mail : Francoise.Godart@wanadoo.fr

MAQUETTE

T2B&H

8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris

Tél. : (33) 0144 64 84 20

VENTES ET ABBONNEMENTS

Colette Robert

RGRA

9, rue Magellan - 75008 Paris

Tél. : (33) 0140 73 80 05

E mail :

revue.generale.des.routes.rgra@wanadoo.fr

France : 920 FF TTC

Etranger : 1100 FF

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

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle

61, bd de Picpus - 75012 Paris

Tél. : (33) 0144 74 86 36

Imprimerie Chirat

Saint-Just la Pendue (Loire)

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

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

Editions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris

Commission paritaire n° 57304

éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

matériels

14

PRÉFACE

Bernard Val

19

TERRASSEMENTS

◆ TGV Méditerranée - Lot 33. Le terrassement et ses contraintes

- *TGV Mediterranean - Lot 33. Earthworks and its constraints*

Ch. Rihn

21

◆ TGV Méditerranée - Lot 13 : un chantier en autarcie.

Optimisation de la réutilisation des matériaux du site par et pour un meilleur respect de l'environnement

- *TGV Mediterranean - Lot 13. A self-sufficient project. Optimised re-use of site materials for better environmental compliance*

R. Chamoun

25

◆ La route du littoral à la Réunion. Confortement du mur en terre armée

- *The coastal road on Réunion island. Strengthening of reinforced earth wall*

E. Conti, D. Tournette

31

◆ La plate-forme de l'usine Toyota à Onnaing

- *Platform of Toyota plant in Onnaing*

P. Chardard

37

◆ Lot 22 - TGV Méditerranée. Un convoyeur à bandes remplace 85 000 semi-remorques

- *Lot 22 - TGV Mediterranean. A belt conveyor replaces 85,000 semi-trailers*

J.-Cl. Redon

42



Sommaire

septembre 1999

Terrassements

Dans les prochains numéros

Autoroute A51

Environnement

International

Ponts

Routes

Travaux urbains

**Réhabilitation
d'ouvrages**

**Sols
et fondations**

Tunnels

Terrassements



◆ A 20 – Montauban - Brive. Section Cahors Nord - Souillac. Tronçon Sol de Roques - Dordogne. Minage et respect du milieu naturel

- A 20 motorway between Montauban and Brive. Cahors North - Souillac section. Sol de Roques – Dordogne section. Mining and compliance with the natural environment

M. Petit, Fr. Hocquaux

46



◆ Vers l'optimisation du minage en carrière. Utilisation *in situ* d'outils permettant la mesure et l'optimisation des processus d'abattage

- Towards optimised quarry blasting. In situ use of tools allowing the measurement and optimisation of the working process

Ph. Cappello, Y. Leboucher

50



OUVRAGES D'ART

◆ Changement des appareils d'appui sur le viaduc de l'Hôpital à Valence. Un bossage métallique de vérinage sur des piles cylindriques

- Changing the bearings on the Hôpital viaduct in Valence. Metallic bossing for jacking on cylindrical piers

Fr. Pawlak

56

formation

60

économie

64

**répertoire
des fournisseurs**

66

"Terrasser les contraintes"

Les grands chantiers de terrassements constituent sans doute les moments les plus spectaculaires de la construction d'une autoroute. Après la longue phase d'études technico-économiques, l'action reprend enfin ses droits : les terrassements commencent ; ils matérialisent l'avènement d'un projet d'aménagement du territoire.

Les *scrapers*, *dumpers*, *bulls*, et autres compacteurs, ces mastodontes de plusieurs dizaines de tonnes rendus agiles par le savoir-faire des hommes, dessinent l'autoroute de demain. Comment ne pas être impressionné par le balai mécanique d'un échelon de "scrap", par la puissance des machines au service du projet des hommes ? Au début de la chaîne, un bulldozer se place. En s'appuyant sur le tampon pousseur, il offre à la décapeuse l'énergie nécessaire pour raboter le sol. Le matériau arraché est guidé par la benne. Lorsqu'elle est pleine, le *scrap* relève sa lame et accélère pour transporter son chargement vers sa zone de dépôt. Pendant ce temps un autre *scrap* est poussé par le *bull*... Quelques chiffres donnent une idée de l'activité de cette "fourmilière" : sur notre section Souillac/Brive de l'autoroute A 20 (Montauban/Brive) par exemple, inaugurée en février dernier, ont été réalisés 11 000 000 m³ de déblais dont 90 % à l'explosif, 1 000 000 m³ de déblais rocheux concassés sur place et 9 000 000 m³ de remblais dont 600 000 m³ "dilatants".

Chez Autoroutes du Sud de la France (ASF), les terrassements sont une réalité quotidienne à grande échelle. ASF est la première société concessionnaire d'autoroutes à péage en France et en Europe, et la troisième dans le monde, avec 1990 kilomètres en service et près de 640 kilomètres à construire. En 1998, avec près de 4,9 milliards de francs

d'investissement, ce sont 270 kilomètres qui ont été lancés, l'équivalent de l'ensemble du programme français de construction d'autoroutes... ASF conduit simultanément plusieurs chantiers autoroutiers avec l'A 20 Montauban/Brive, A 66 Toulouse/Pamiers, la dernière section de l'A 83 Nantes/Niort, l'A 87 Angers/La Roche-sur-Yon et enfin la fameuse A 89 Bordeaux/Clermont-Ferrand. Ces cinq grands chantiers sont désormais engagés, certaines de leurs sections sont même déjà ouvertes à la circulation, c'est le cas

de l'A 20 qui relie Montauban à Cahors et Souillac à Brive. Mais pour le reste, les terrassiers exercent leur art difficile requérant la maîtrise de nombreux paramètres : géologie, météorologie, adéquation des matériels au chantier, réduction des délais d'exécution... La section Ussel/Les Bergères (Corrèze) de l'autoroute A 89 Bordeaux/Clermont-Ferrand concentrait les principales contraintes que connaît le terrassement moderne. Ce chantier de près de 20 kilomètres programmé sur vingt-deux mois (neutralisation hivernale comprise), traversait des terrains accidentés non desservis par le réseau routier local, il impliquait une préservation stricte des eaux de sources, enfin, il devait concilier les terrassements et la construction de nombreux ouvrages d'art. Aujourd'hui, après

quelque sept millions de mètres cubes de déblais et cinq de remblais, le défi est gagné.

En matière de terrassement, en France et à l'étranger, maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre nationaux apportent chaque jour la preuve de leur excellence en maîtrisant, dans des délais de plus en plus serrés, des contraintes autrefois réputées rédhitoires.

Gageons que nous continuerons, longtemps encore, à mettre ce savoir-faire au service de l'aménagement du territoire.



© ASF/J. Châtin

■ BERNARD VAL

**Président
d'Autoroutes du Sud
de la France (ASF)**

TGV Méditerranée - Lot 33

Le terrassement et ses contraintes

Dans le cadre de la construction de la ligne nouvelle du TGV Méditerranée, Muller TP a participé à la réalisation des travaux de terrassement des lots 13 (Pierrelatte), 21 (Mondragon) et 33. Le lot 33 (TOARC) a été exécuté par un groupement d'entreprises au sein duquel Muller TP a été mandataire et pilote technique.

Contrairement à la plupart des articles techniques traitant des travaux réalisés, des moyens et des hommes de chantier, cet article souhaite plutôt attirer l'attention du lecteur sur une réalité constante dans l'exécution des grands chantiers de terrassement à savoir l'humble adaptation nécessaire et indispensable de l'homme au site, à la nature et aux imprévus que l'on découvre presque quotidiennement.

Ainsi, après une présentation sommaire du chantier, l'article décrit quelques contraintes d'environnement et quelques contraintes techniques qu'il a fallu gérer au cours des travaux.

■ PRÉSENTATION SOMMAIRE DU CHANTIER

Le lot 33 (TOARC) se situe dans le département des Bouches-du-Rhône. Il débute au nord, à hauteur d'Aix-en-Provence, après le viaduc de Ventabren (lot 3 H) et se développe à travers le plateau du Grand Arbois et la plaine de l'Arbois, à l'arrière de la chaîne de Vitrolles, sur 13 km jusqu'à l'entrée du tunnel des Pennes Mirabeau (lot 3 K) qui constitue le début de la descente vers Marseille. Il traverse une succession de reliefs et de plateaux calcaires, occupés par de vastes espaces naturels séparant la plaine d'Aix de l'étang de Berre.

Le viaduc sur l'Arc (lot 3 J) au quart du tracé constitue une coupure dans ce lot, ce qui implique deux mouvements des terres indépendants de part et d'autre de cet ouvrage.

Par ailleurs, à 3 km de la fin du lot, le tracé coupe la seule voirie importante, la RD 9, liaison routière entre Aix-en-Provence et Vitrolles-Marignane.

Cet axe doit être aménagé en voie rapide (2 x 2 voies).

La gare de l'Arbois (lot G3), qui est en cours de réalisation, jouxte la RD 9 actuelle.

Les travaux du lot 33 comportaient en terrassement les prestations suivantes :

- ◆ dégagement d'emprises : 60 hectares dont 95 % de garrigues et de zones forestières ;
- ◆ décapage de terre végétale : 135 000 m³ ;
- ◆ déblais : 2 300 000 m³ dont 2 000 000 m³ extraits à l'explosif et 63 000 m³ de talus prédécoupés ;
- ◆ remblais : 1 800 000 m³ ;
- ◆ blocs techniques : 110 000 m³ ;

- ◆ couche de forme : 94 000 m³ ;
 - ◆ sous-couche ferroviaire : 44 000 m³ ;
 - ◆ revêtement en terre végétale : 600 000 m² ;
 - ◆ élaboration par concassage sur site des matériaux 0/60 pour blocs techniques : 250 000 t ;
 - ◆ élaboration par concassage *in situ* des matériaux 0/125 pour couche de forme : 220 000 t.
- Le groupement d'entreprises a réalisé par ailleurs :
- ◆ les travaux d'assainissement comprenant :
 - les bassins de rétention (trois bassins),
 - les ouvrages hydrauliques assurant les écoulements transversaux,
 - les ouvrages assurant les écoulements longitudinaux (fossés, fossés bétonnés, collecteurs drainants, descentes d'eau...);
 - ◆ 34 ouvrages d'art dont :
 - 4 ponts-rails/ponts-routes mixtes,
 - 8 ponts-routes à trois travées non précontraints,
 - 2 ponts-routes à trois travées précontraints,
 - 3 ponts-rails à trois travées,
 - 5 ponts-rails portiques,
 - 11 ouvrages hydrauliques,
 - 6 murs-écrans (gare de l'Arbois) ;
 - ◆ les chaussées des voies rétablies.

Comme le tracé du lot 33 se développe à travers un site très sensible sur le plan écologique puisque la totalité de la section se situe à l'intérieur d'une Znieff (Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) et bien qu'elle ne touche aucune zone urbanisée, le marché imposait, dans le cadre de l'exécution des travaux, en sus des contraintes techniques (relief, minage, karsts...), d'énormes contraintes environnementales. Toutes ces contraintes n'ont pas été sans créer certaines appréhensions auprès des exécutants.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

RFF - Réseau Ferré de France

Maître d'ouvrage délégué

SNCF - Direction de la ligne nouvelle TGV Méditerranée (LN5)

Maître d'œuvre

SNCF LN5 - Division territoriale des Bouches-du-Rhône (DT3)

Les entreprises du groupement adjudicataire

Terrassements

- Muller TP (mandataire et pilote technique)
- Groupe Eiffage

Assainissement et drainage

- Muller TP
- SGTN

Ouvrages d'art

- Demathieu & Bard
- Fougerolle - Borie

Chaussées des voies rétablies

SCR

Sous-traitants

- Smag : débroussaillage
- Larochette : clôtures
- Stips - SVM : minage
- S.R.D.E : concassage de matériaux
- Bardot : reconnaissance et étude des karsts
- Solétanche - Bachy : traitement des karsts
- Satar : enherbement
- SAMT : armatures



Canal de Marseille utilisé pour le prélèvement de l'eau pour l'arrosage

Marseilles canal used for watering



Minage à proximité de la vallée de l'Arc et son environnement

Blasting near the Arc valley and its surroundings

■ LES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

La maîtrise des risques d'incendie

Le site des travaux, plateau recouvert de garrigues et de massifs forestiers à chênes verts et pins d'Alep, est pratiquement en permanence exposé aux risques d'incendie en raison du mistral et/ou de la sécheresse.

De ce fait, les administrations compétentes en matière de lutte contre les incendies de forêts imposaient des mesures draconiennes en cas d'incinération des débris végétaux provenant des opérations de déboisement, de débroussaillage et de dessouchage. En dehors des périodes d'interdiction totale (du 1^{er} février au 31 mars et du 1^{er} juin au 30 septembre) l'entreprise se devait :

- ◆ de surveiller en permanence les feux et de disposer à proximité des foyers d'un matériel de lutte contre l'incendie ;

- ◆ d'éteindre systématiquement tous les feux le soir ou en cas d'annonce de mistral d'une vitesse supérieure à 40 km/h.

Pour éviter toute dérive de son programme d'exécution face à de telles contraintes, le groupement d'entreprises a pris l'option de ne pas avoir recours à l'incinération en récupérant tous les bois commercialisables et en broyant tous les débris végétaux résiduels. Les produits issus de ce broyage ont été laissés sur place et gerbés ensuite avec le décapage de la terre végétale. La terre végétale a ainsi été amendée par l'apport de ces débris végétaux.

La maîtrise des emprises

Bien que le débroussaillage ait été réalisé sur 50 m de part et d'autre des emprises travaux pour protéger le chantier contre les risques d'incendie, il était spécifié au marché que toutes les pistes de chantier devaient impérativement être établies à l'intérieur de ces emprises. Compte tenu du relief d'une part et de la présence des chantiers de construction des ouvrages d'art d'autre part, il était clair qu'il serait difficile, voire impossible de respecter cette prescription.

Pendant la période de préparation du chantier, la direction des travaux a fait une analyse détaillée du site en relevant toutes les pistes existantes (pistes DFCI – défense forestière contre l'incendie – et autres) et a établi à partir de ces éléments un plan très élaboré de pistes qui a reçu l'approbation du maître d'œuvre. En fin de compte, à l'aide de cette méthode, les prescriptions du marché ont pu être respectées puisque, si 80 % des pistes longitudinales ont été réalisées comme prévu dans les emprises, pour les pistes d'accès à des chantiers spécifiques comme pour le contournement des ouvrages en construction ou pour le franchissement

de combes profondes et abruptes il a été possible d'utiliser le réseau de voiries existantes non revêtues.

Toutes ces voiries ont été restituées à leurs exploitants en excellent état en fin de travaux.

La maîtrise des ressources en eau pour l'arrosage

Le marché stipulait que, pour limiter au maximum les émissions de poussière, l'arrosage des pistes de chantier devait faire l'objet d'une attention toute particulière. Il est évident que le charroi des matériaux de terrassement, sur des pistes calcaires et compte tenu des spécificités climatiques locales (sécheresse et mistral), allait générer énormément de poussière.

De ce fait l'arrosage, gros consommateur d'eau, n'était dès lors pas seulement un problème d'environnement, mais constituait également un facteur de sécurité pour les transports sur chantier. Malheureusement, l'Arc, unique cours d'eau qui coupe le tracé, a un régime hydrologique qui ne permet aucun prélèvement pendant les périodes d'arrosage intense. Par contre, le canal de Marseille, qui pourvoit à l'alimentation en eau potable de la cité phocéenne longe d'assez près le tracé du lot 33 (il coupe d'ailleurs le tracé à trois reprises).

C'est donc tout naturellement vers le gestionnaire de cet ouvrage que le groupement d'entreprises s'est tourné pour négocier la possibilité de prélever, l'eau nécessaire à l'arrosage.

Deux conventions ont été passées, l'une avec la Société des Eaux de Marseille gestionnaire du canal de Marseille autorisant le prélèvement d'eau en quatre points du canal, l'autre avec le gestionnaire du canal de Provence qui a permis de prélever de l'eau sur deux bouches d'une conduite gérée par cet organisme.

Ces dispositions ont permis de résoudre correctement pendant toute la durée des travaux le problème de l'arrosage des pistes mais aussi d'assurer l'humidification des matériaux de couche de forme et de sous-couche ferroviaire lors de leur mise en œuvre. La consommation d'eau, à ce titre, a été de 100 000 m³ sur ce chantier.

■ LES CONTRAINTES TECHNIQUES SPÉCIFIQUES

Les difficultés de minage

Le lot 33 comportait 24 déblais se situant, hormis l'extrémité sud, dans les formations géologiques calcaires du Thanétien dit calcaires du Réaltor. Au sud de la section, le dernier déblai était dans l'oligocène. Les calcaires du Réaltor affleuraient dans la plupart des déblais après enlèvement de la terre végétale. L'extraction des matériaux de déblai a

eu lieu par minage car tout défonçage s'est avéré pratiquement impossible (87 % des volumes de déblai du chantier ont dû être extraits à l'explosif). Toutefois, la présence dans le massif rocheux de failles, de fractures et surtout de cavités karstiques, plus ou moins importantes, vides ou remplies d'argile d'une part et les prescriptions techniques et environnementales imposées par le marché d'autre part, ont rendu le minage des déblais très délicat. Les plans de tir type établis préalablement ainsi que les hauteurs d'abattage ont souvent dû être revus et adaptés aux réalités du site. Malgré une charge spécifique moyenne de 420 g d'explosifs par mètre cube, un rescindement des blocs hors norme (> 500 mm) au BRH, s'est avéré nécessaire. Le minage a été effectué par des tirs d'abattage ou en cratère mais également par des tirs amortis de talus. Dans treize déblais le minage en masse a été précédé par un prédécoupage des talus (57 000 m linéaires de foration Ø 110 mm avec un espacement de 1,10 m).

Par ailleurs, le problème du minage à proximité des ouvrages a eu des conséquences sur le déroulement des terrassements (modifications du mouvement des terres, pertes de rendement, allongements des distances de transport). En effet, les travaux de minage jusqu'à 500 m de part et d'autre de l'ouvrage devaient être interrompus jusqu'à ce que les bétons aient atteint une résistance minimale de 10 bars.

Alors que l'on pouvait s'attendre sur ce chantier à une forte proportion de minage en grande masse, le déroulement des travaux fait apparaître *a posteriori* que l'on aura réalisé :

- ◆ 39 % de minage en grande masse ;
- ◆ 38 % de minage en petite masse ;
- ◆ 5 % de minage en très petite masse ;
- ◆ 18 % de minage par tirs amortis de talus.

Cet état de fait a bien évidemment pesé sur l'économie du chantier.

La mise en valeur des ressources locales

A l'origine, le marché prévoyait que les matériaux 0/60 pour blocs techniques et 0/125 pour couche de forme proviendraient de l'extérieur du chantier. La qualité de bon nombre de déblais rocheux et le mouvement des terres largement excédentaire de ce lot ont très vite conduit le maître d'œuvre et le groupement d'envisager l'élaboration de ces matériaux par concassage sur site.

Cette disposition ayant été fixée au marché, le groupement d'entreprises a ainsi élaboré :

- ◆ 250 000 t de matériau 0/60 avec un concasseur à percussion autonome monté sur chenilles qui a été opérationnel dans six déblais différents du chantier ;
- ◆ les matériaux 0/125 avec un concasseur tracté qui est intervenu aussi bien en fond de déblai qu'en

remblai à la mise en œuvre des matériaux bruts d'abattage.

Hormis la fourniture obligatoire de matériaux silico-calcaires 0/31,5 pour les sous-couches ferroviaires, le chantier a ainsi su subvenir à l'ensemble de ses besoins en matériaux élaborés.

La maîtrise des excédents de déblai

Initialement le mouvement des terres dégageait sur ce lot un excédent de 850 000 m³ de déblai et le marché prévoyait l'évacuation de ces matériaux à l'extérieur du chantier vers des décharges à fournir par l'entreprise pour un volume en dépôt supérieur à 1 100 000 m³. Cette évacuation aurait dû se faire obligatoirement par la route étant donné que toute mise en dépôt dans un périmètre proche des travaux n'était pas possible.

Il est évident – du fait de l'éloignement des sites de décharges possibles (de l'ordre de 20 km de transport en moyenne) –, qu'une telle opération se serait soldée par un surcoût conséquent pour le maître d'ouvrage.

La direction de chantier, préoccupée d'emblée par ce problème, a recherché des solutions tendant à réduire, voire à supprimer ces évacuations hors du chantier.

En accord avec le maître d'œuvre, les solutions suivantes ont été adoptées :

- ◆ engraissement des talus de remblai ;
- ◆ concassage d'une partie des excédents pour les besoins du chantier (cf. supra) ;
- ◆ création de merlons et de modelés paysagers dans les emprises acquises par le maître d'ouvrage ;
- ◆ constitution d'un stock de matériaux rocheux pour les carrières locales.

Finalement, au travers de ces dispositions, aucun matériau n'a dû être évacué hors chantier par la voirie publique hormis le stock constitué pour les carrières.

Le traitement des karsts

Bien que le dossier géologique, établi sur la base des investigations réalisées sur le tracé lors de l'étude préliminaire (forages destructifs et sondages carottés), fasse état de zones karstiques dans le massif rocheux des calcaires du Réaltor, il était très difficile d'apprécier *a priori* l'ampleur de ces anomalies, tant en étendue qu'en volume.

Dans le cadre de l'exécution des déblais, il s'est avéré que le massif rocheux présentait dans une dizaine de déblais diverses formes de karstification parmi lesquelles on distingue essentiellement :

- ◆ le banc calcaire d'épaisseur décimétrique à métrique et comportant de nombreuses petites cavités remplies ou non d'argile ;
- ◆ la cheminée karstique verticale remplie d'argile ;



Talus de 20 m prédécoupé avec risbermes et présence de cheminées karstiques
Slope of 20 m pre-split with berms and presence of karstic shafts



Nettoyage d'un karst sous l'arase avant remplissage et injection de béton
Cleaning of karst under the levelling line before filling and grouting

◆ la cavité vide de volume variable (de 1 à 300 m³). C'est ainsi que pendant le déroulement des travaux, quatre-vingt cavités, dont une douzaine au niveau de l'arase terrassement, ont été mises à jour. Si ces anomalies karstiques ont, comme déjà évoqué précédemment, considérablement perturbé le minage du fait d'une déperdition des énergies brisantes entraînant des surcoûts importants, les cavités décelées au niveau de l'arase ont nécessité, sur ordre du maître d'œuvre, un gros travail d'investigation réalisé par des spécialistes (hydrogéologues et spéléologues). Chaque cavité a été localisée et relevée de façon précise puis traitée par injection de béton, opération confiée à un sous-traitant spécialisé.

Ces travaux ont également considérablement perturbé les travaux de finition en terrassement (mise en œuvre de la couche de forme et de la sous-couche ferroviaire) car chaque cavité nécessitait la neutralisation d'un tronçon du ruban engendrant une discontinuité dans la mise en œuvre.



Succession de déblais prédécoupés
Succession of pre-split cuttings

CONCLUSION

Bien que sur le plan des terrassements le lot 33 n'ai pas été de l'importance de certains autres lots du TGV Méditerranée de par les volumes déplacés, il a néanmoins nécessité en permanence, de par ses difficultés techniques et ses contraintes environnementales, un investissement intellectuel alliant l'innovation, le savoir-faire et la rigueur dans l'exécution des travaux pour tous les intervenants sur chantier. Tout a été mis en œuvre pour faire de ce chantier une réussite technique et esthétique exemplaire dans les moindres détails.

C'est l'impression qui se dégage au travers d'une visite de ce chantier terminé.

ABSTRACT

TGV Mediterranean - Lot 33. Earthworks and its constraints

Ch. Rihn

Muller TP, prime contractor and technical leader of a consortium, completed, on a joint working basis, the earthworks of Lot 33 for the TGV Mediterranean high-speed train line. This project, covering a distance of 13 km, is located north of Marseilles and runs over the eastern foothills of the Vitrolles mountain formation in the limestone of the Réaltor. Thus, 87 % of the cuttings required blasting. In connection with the earthworks, the consortium had to deal with significant environmental constraints (the burning of vegetal debris was prohibited because of the risk of wildland fires; provision of site roads and tracks in the works zone and/or use of existing paths; need to solve the problem of watering despite the lack of water) as well as technical problems specific to this work lot (delicate blasting because of the presence of karstic zones, preparation of materials by on-site crushing for technical elements and subgrade, management of excess cuttings, grouting of karstic cavities located on the levelling line). In spite of all these constraints, Lot 33 was a success from both the technical and aesthetic viewpoints.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Hochgeschwindigkeitsstrecke TGV Mittelmeer - Los 33. Die Erdarbeiten und ihre einschrenckungen, auflagen und erschwerisse

Ch. Rihn

Die Firma Muller T.P., ferderführend und technischer Leiter einer Arbeitsgemeinschaft, hat die Erdarbeiten des Loses 33 vom TGV Mediterranée in Beteiligung durchgeführt. Die Baustelle, 13 Kilometer lang, befindet sich nördlich von Marseille und verläuft am östlichen Hang der Gebirgskette von Vitrolles in der Kalksteinbildung des Realtor. Es wurden so 87 % der Abtragsmassen durch Sprengen gelöst. Im Rahmen der Durchführung der Erdarbeiten musste die Arbeitsgemeinschaft wichtige Umweltschutzmassnahmen (Verbrennungsverbot der vegetalischen Reste beim Räumen

des Baufeldes wegen Waldbrandgefahr, Erstellen der Baustrassen im Bau Feld und oder Benutzung der bestehenden Wege, die Besprenklung der Baustrassen trotz Wassermangel) berücksichtigen sowie spezifische technische Probleme dieses Loses (Erschwernisse beim Sprengen auf Grund Verkarstungen, Gewinnung des benötigten Materials der Bauverkshinterfüllungen und der ungebundene Tragschicht mittels einer örtlichen Brechanlage ab dem gesprengten Kalkstein, Behandlung der im Planum lokalisierten karstischen Hohlräume durch Betoninjektion) lösen. Trotz aller dieser Einschrenckungen, Auflagen und Erschwernisse, stellt das Los 33 einen technischen und esthetischen Erfolg dar.

RESUMEN ESPAÑOL

TGV Mediterráneo - Lote 33. Los movimientos de tierras y sus imperativos

Ch. Rihn

Muller TP, mandatario y piloto técnico de un grupo de empresas, ha llevado a cabo, en participación, los movimientos de tierras del lote 33 del TGV Mediterráneo. Estas obras, de una longitud de 13 km, están ubicadas al norte de Marsella y su trazado se desarrolla sobre los contrafuertes Este de la cordillera de Vitrolles, en los terrenos de calizas del Realtor. Por este contexto del terreno, un 87 % de las tierras y rocas se han extraído por voladura. En el marco de la ejecución de los movimientos de tierras, el grupo de empresas ha tenido que hacer frente a imperativos medioambientales importantes (imposibilidad de quemar los residuos vegetales debido a los riesgos de incendio de los bosques adyacentes, ejecución de las pistas de obras, en las áreas de transporte de las tierras y/o utilizando los caminos existentes, resolver el problema del riego, y ello a pesar de la carencia de agua), así como los problemas técnicos específicos de este lote (voladuras delicadas debido a la presencia de zonas kársticas, elaboración por machacado in situ de los materiales para bloques técnicos y capas de coronación, gestión de los excedentes de tierras y rocas, tratamiento por inyección de las cavidades kársticas localizadas a nivel del enrase). A pesar de todos estos imperativos, el lote 33 ha constituido un verdadero logro, tanto desde el punto de vista técnico como estético.

TGV Méditerranée - Lot 13 : un chantier en autarcie

Optimisation de la réutilisation des matériaux du site par et pour un meilleur respect de l'environnement

Le lot TOARC 13 du TGV Méditerranée est un chantier linéaire de 26 kilomètres qui se situe dans le département de la Drôme. Il se caractérise par un environnement humain et naturel sensible, un réseau routier secondaire dense, la proximité de l'autoroute A7 et du canal de Donzère ainsi que de la centrale nucléaire du Tricastin, des zones agricoles inondables et des accès réglementés. Après une campagne de sondages géotechniques complémentaires, une stratégie alternative forte de l'optimisation de l'utilisation et de l'affectation des ressources du site a été mise en œuvre :

- réduisant les quantités de transport de 30 millions de m³ x km à 19,5 millions de m³ x km essentiellement au détriment du transport hors site propre, sur le réseau des voiries locales;
- annulant les fournitures extérieures de matériaux et diminuant fortement les besoins en dépôts définitifs.

Une démarche spécifique a également été mise en œuvre pour optimiser l'élaboration des matériaux nobles intégralement sur site.

■ PRÉSENTATION DU CHANTIER

La ligne nouvelle numéro cinq (LN5) TGV Méditerranée constitue le prolongement de l'infrastructure ferroviaire à grande vitesse Paris/Sud-Est de Valence à Marseille à l'est et à Nîmes à l'ouest. Le TOARC (terrassements ouvrages d'art, rétablissements des communications) lot 13 représente la partie la plus méridionale du tracé de la ligne nouvelle TGV Méditerranée dans le département de la Drôme.

Il s'étend sur 26 km dans la vallée du Rhône entre le cours d'eau du Jabron à la périphérie Est de Montélimar d'une part et la limite des départements Drôme-Vaucluse sur la commune de Pierrelatte d'autre part.

■ CONTRAINTES DU SITE

Configuration topographique

Le volume total de matériaux à déplacer a représenté environ 6 millions de m³. Les principaux déblais sont situés à l'extrémité nord du lot : la "bute de Montceau" puis au centre : le "plateau des Echirouzes" dont la traversée représente une excavation de 2350 millions de m³ avec des talus de plus de 30 mètres de hauteur.

Entre ces deux zones de déblais le tracé traverse en remblai des zones agricoles (vergers majoritairement) de la plaine d'Allan.

Le pont-rail 13265, viaduc de franchissement de la RD 541 à la hauteur de la commune des Granges Gontardes, constitue le trait d'union entre le grand

déblai des Echirouzes et le remblai traversant la plaine agricole de la Garde Adhémar, inondable en partie. Le remblai est entrecoupé par une concentration exceptionnelle d'ouvrages d'art (environ un ouvrage tous les 280 mètres) ayant une double fonction :

- ◆ franchissement des infrastructures interceptées;
- ◆ rupture de l'effet de digue du remblai TGV.

La deuxième discontinuité géographique majeure est le franchissement successif de l'autoroute A7 et du canal de Donzère-Mondragon par deux viaducs (hors lot 13).

Au-delà, le sud du lot 13 est également intégralement en remblai et la configuration de la plaine inondable de la vallée de la Garde Adhémar fait place à un contexte périurbain, à la zone industrielle et la zone des "serres" de Pierrelatte ainsi qu'à la proximité du site nucléaire du Tricastin.

Ce qui implique également une succession d'ouvrages d'art et de murs de soutènement notamment quand la ligne nouvelle longe la voie PLM (Paris-Lyon-Marseille) existante sur 800 mètres environ.

Environnement

Le tronçon de la ligne nouvelle objet du lot 13 s'inscrit entièrement dans le couloir rhodanien, coincé entre les infrastructures majeures RN 7, autoroute A 7, voie ferrée PLM et canal de Donzère à Mondragon d'une part, et les communes d'Espeluch, Allan, La Garde Adhémar et Pierrelatte d'autre part. Il se caractérise donc par un réseau dense de voiries secondaires en plus des grandes infrastructures nord-sud décrites ci-dessus.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Réseau Ferré de France (RFF)

Maître d'ouvrage délégué

SNCF - Direction de l'Équipement
Délégation à la ligne nouvelle 5 - TGV Méditerranée

Maître d'œuvre Travaux

SNCF - LN5 - Division Territoriale de la Drôme

Maître d'œuvre Etudes

SNCF - LN5 - Service Génie civil

Entreprise

GTM Construction (mandataire)

Sous-groupe Terrassement

- GTM Construction
- Razel Frères

Principaux sous-traitants

- Société Forézienne d'Entreprises
- Muller Travaux Publics

Sous-groupe Ouvrages d'art

- GTM Construction
- Razel Picot Sud
- Chantiers Modernes

Principaux sous-traitants

- Demathieu & Bard
- Eiffel Constructions Métalliques

Sous-groupe Assainissement

- GTM Construction (Tetra)
- Société Travaux Construction Matériaux (STCM)

Principaux sous-traitants

- Rampa Travaux publics
- Chapon
- Vallette Canalisations



Photo 1
Pont provisoire au-dessus de la RD 541 entre le plateau des Echirouzes et la plaine de la Garde Adhémar
Temporary bridge over highway RD 541 between the Echirouzes plateau and the Garde Adhémar plain

L'habitat de type diffus en secteur agricole au nord fait place à un tissu urbain et industriel dense dans la plaine du Tricastin au sud.

LA PRÉPARATION DU CHANTIER

La prépondérance des tronçons en remblai ainsi que les besoins en matériaux nobles – bases drainantes de zones inondables (Z.I.), couches de forme (CdF), blocs techniques d'ouvrages d'art (B.T.), sous-couche sous ballast (S-C) –, rendait le mouvement des terres du lot 13 déficitaire.

Pour l'équilibrer, un emprunt de matériaux alluvionnaires situé à l'extrémité sud-ouest du lot sur le territoire de la commune de Pierrelatte devait être exploité.

L'emprunt de Pierrelatte avait vocation :

- ◆ à fournir le complément des remblais au sud (aucun déblai dans la zone sud au-delà du plateau des Echirouzes);
- ◆ à fournir l'intégralité des besoins en matériaux nobles du lot.

Les délais d'achèvement des travaux des viaducs de franchissement de l'A7 et du canal de dérivation du Rhône n'étaient pas compatibles avec l'exécution du mouvement des terres du lot 13, il en découlait nécessairement des transits importants de matériaux (nord-sud et sud-nord) sur le réseau routier local : jusqu'à 45 passages de camions par heure et par sens sur certains itinéraires (figure 1).

La SNCF avait, en prévision de cette situation et en vue de limiter la perturbation sur l'environnement au sens large (trafics, activités riveraines, etc.), contractuellement réglementé les accès du chantier et les itinéraires environnants.

Malgré toutes les précautions possibles cette configuration était intrinsèquement porteuse :

- ◆ de nuisances en termes de bruit et de perturbation du trafic local;
- ◆ de risques d'accident de la circulation;
- ◆ de risques de dégradation des voiries locales;
- ◆ d'aléas en termes de régularité des cycles de rotation des camions, donc de productivité et de respect des délais.

Par conséquent la période de préparation du chantier (prévue de janvier à mars 1997) a comporté dès le départ l'étude de deux stratégies parallèles :

- ◆ une stratégie "sécuritaire" basée sur les conclu-

sions issues des investigations (sondages, études géotechniques, etc.) préliminaires comprises dans le dossier marché (dossier consultatif). Elle présentait les inconvénients cités ci-avant ;

- ◆ une stratégie d'optimisation du mouvement des terres et des transports hors site qui visait, idéalement, à créer des zones au mouvement des terres partiel quasi autonome.

Dans le cadre de cette stratégie, le projet de mise en place d'un pont métallique provisoire pour le franchissement de la RD 541 entre le déblai des Echirouzes et les remblais de la Garde Adhémar, dont le principe a été accepté par la SNCF dès le mois de février 1997, a permis la suppression de la première discontinuité géographique majeure (photo 1).

Un franchissement provisoire de l'autoroute A7 et du canal de dérivation du Rhône étant impossible dans le cadre du lot 13 l'entreprise dès janvier 1997 a cherché à faire "d'une pierre deux coups".

- ◆ optimiser la réutilisation des matériaux du site;
- ◆ les réaffecter (en termes d'utilisation et destination finale).

Pour ce faire les informations disponibles dans le dossier géotechnique consultatif étaient précieuses mais à l'évidence insuffisantes. Néanmoins nous avons persévéré dans cette voie et ce, sur deux fronts. En effet pendant que la cellule Méthodes poursuivait des simulations des différents cas de figures possibles à la lumière des hypothèses plausibles issues du dossier consultatif, une campagne de reconnaissance géotechnique complémentaire était confiée sur le terrain au laboratoire Géotechnique central de GTMC pour valider ces hypothèses et permettre d'affiner notre stratégie. Ainsi, plus d'une dizaine de variantes du mouvement des terres de base ont été simulées et leurs coûts respectifs estimés entre janvier et mai 1997.

A la lumière des premiers rapports de sondage et après avoir éliminé les solutions présentant peu d'intérêt au regard de l'analyse multicritère (technique - économique - environnemental) menée, une stratégie alternative fut présentée à la SNCF en mai 1997.

Etant entendu qu'entre les mois de mars et de mai seuls des travaux préparatoires (déviation provisoires de routes, dérivation de ruisseau, pistes et accès pour ouvrages d'art, etc.) communs aux deux stratégies étaient exécutés.

LA STRATÉGIE ALTERNATIVE : DES IDÉES SIMPLES

Les figures 2 et 3 illustrent les principes respectifs de la stratégie initiale dite sécuritaire et de celle optimisée issue de la période de préparation. Les idées maîtresses qui ont présidé à l'élaboration de cette stratégie sont finalement simples :

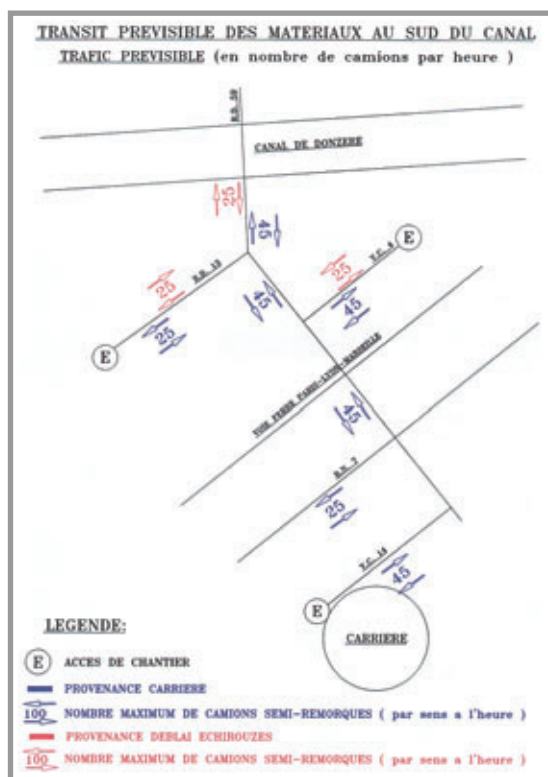


Figure 1
Schématisation des transits prévisibles des matériaux sur la voie publique
Schematic diagram of predictable material transport on public roads

◆ optimiser le réemploi des ressources. Les matériaux de couverture des déblais sont identifiés de façon précise et détaillée lors de la campagne géotechnique complémentaire. Leur taux de réemploi, moyennant des conditions d'extraction et de mise en œuvre adéquates, est sensiblement augmenté. Ils sont affectés à la mise en remblai au lieu de la mise en dépôt;

◆ réaffecter les ressources. Les besoins en remblai étant mieux pourvus, les matériaux de déblais aptes à un usage noble (Z.I., B.T., CdF, S-C) sont par la suite réaffectés à ces utilisations. Ainsi les besoins en matériaux nobles de la zone nord sont réservés dans les déblais nord. Le complément de remblai au sud, qui ne provient plus des déblais nord ainsi réaffectés, est pourvu par l'emprunt. Il en résulte :

- deux sections de chantier aux mouvements des terres quasi autonomes,
- une baisse significative de l'extraction des matériaux dans l'emprunt. Extraction sous l'eau à la dragline (*) intrinsèquement plus coûteuse que dans les déblais dont l'excavation est obligatoire pour réaliser la géométrie définitive du projet,
- une réduction significative des besoins en dépôts définitifs,
- la réduction à néant des besoins en matériaux de fournitures extérieures (hormis les enrochements);

◆ simplifier, en évitant le croisement des mouvements de terre nord-sud et sud-nord;

◆ cantonner le trafic de chantier en site propre en réduisant au minimum indispensable le trafic sur la voie publique.

Cette nouvelle stratégie comporte l'élaboration des besoins en sous-couche ferroviaire (installation de criblage - concassage) de la zone nord en dehors de l'emprunt de Pierrelatte (seul périmètre ICPE autorisé dans le cadre du lot 13 pour cette activité à l'origine). Ceci a conduit à instruire une demande d'autorisation d'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE).

Afin d'optimiser les chances de réussite le choix du site était prépondérant. Nous avons alors opté pour une plate-forme de dépôt définitif incluse dans les emprises du projet et coïncée entre la section courante TGV et l'autoroute A7. De la sorte les nuisances induites par le fonctionnement de l'Installation classée étaient largement noyées dans celles inévitables du chantier et de l'autoroute.

L'arrêté préfectoral d'autorisation a d'ailleurs été, avec le soutien de la SNCF, obtenu dans un délai compatible avec le calendrier des travaux. Un des effets induits de la mise en place de la demande ICPE était de réduire la durée de fonctionnement de l'installation de concassage de l'emprunt de Pierrelatte initialement prévue pour produire la

(*) : Pelle à câbles

(**) : Roche sédimentaire détritique, conglomérat formé de cailloux arrondis

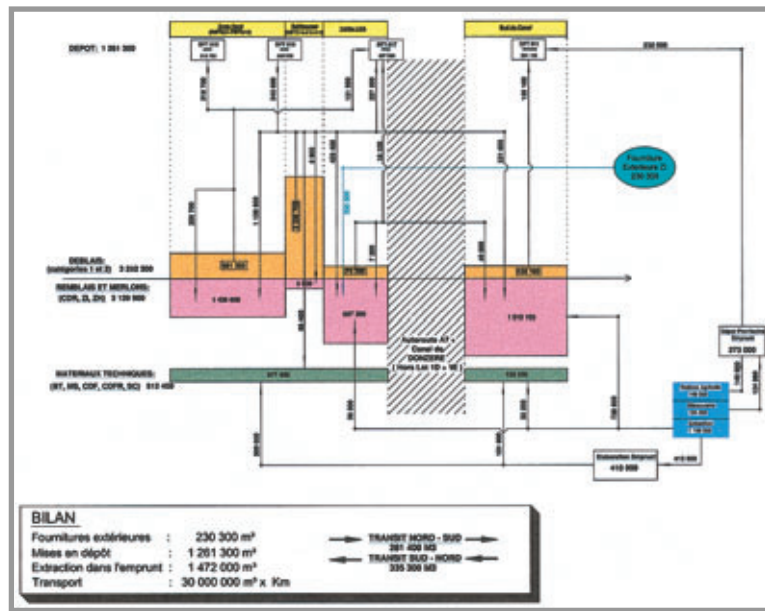


Figure 2
Schéma de principe du mouvement des terres selon la stratégie sécuritaire
Principle of earthmoving based on the safety strategy

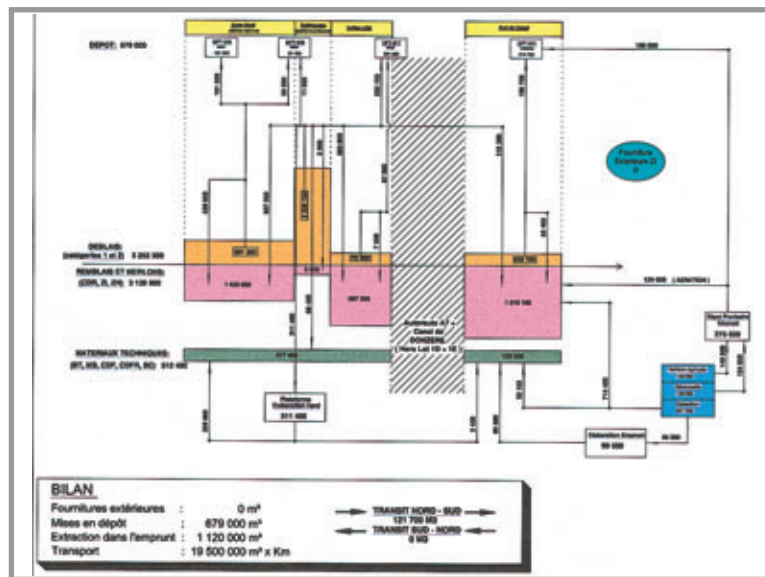
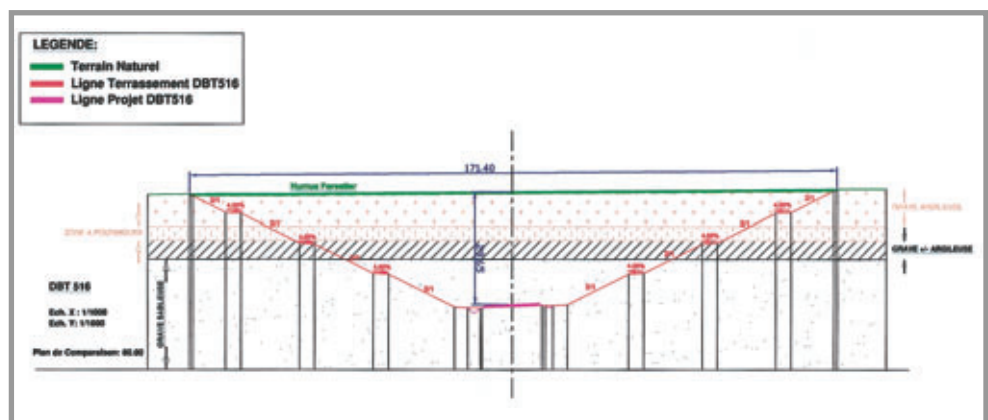


Figure 3
Schéma de principe du mouvement des terres selon la stratégie alternative
Principle of earthmoving based on the alternative strategy



totalité des matériaux élaborés du lot 13 et potentiellement porteuse de plus de nuisances en raison de son contexte environnemental.

Figure 4
Profil en travers géotechnique type du plateau des Echirouzes
Cross section geotechnical of Echirouzes plateau

■ LA MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de cette stratégie alternative était loin de s'apparenter à un long fleuve tranquille. En effet, le principal gisement de matériaux nobles alternatif à l'emprunt de Pierrelatte, était enfoui dans le plateau des Echirouzes sous une carapace en poudingue (**) surmontée de la couverture en grès argileuses de 8 mètres d'épaisseur moyenne (figure 4).



Photo 2
Exploitation du déblai en carrière
Processing of cuttings in the quarry

Par conséquent le potentiel réel de ce gisement n'a pu être vérifié que très ponctuellement lors des sondages complémentaires, et une grande part de "pari" demeurait. Néanmoins, loin de laisser les choses au hasard, l'entreprise a tenu compte de cette contrainte à travers une organisation de chantier un peu inhabituelle qui consistait à :

- ◆ exploiter le déblai "en carrière" en vue de percer au plus vite la carapace de poudingue et accéder aux graves propres devant servir de base drainante de remblai (Z.I.) (photo 2) ;

- ◆ compartimenter le remblai en zones caractérisées par le rapport entre les besoins en matériaux drainant et le volume global. Ce afin de pouvoir disposer d'un exutoire aux matériaux excavés en fonction de leur nature et "écouler" utilement (en remblai) un maximum de volume de découverte argileuse par mètre cube de Z.I. mis à jour.

De plus, il fallait disposer à chaque étape de la mise en œuvre de cette stratégie d'une solution de repli, dans le cas où les potentiels de matériaux graveleux propres (matériaux nobles) dans les déblais ne se révélaient pas conformes aux espérances, sans qu'à aucun moment les dispositions mises en œuvre ne puissent se traduire par des entraves à un avancement linéaire et serein des ouvrages d'art indispensable à la réussite de toute stratégie dans un TOARC.

■ UN PAS DE PLUS : L'OPTIMISATION DU PROCESSUS D'ÉLABORATION

Au fur et à mesure de l'avancement des terrassements, la probabilité d'isoler des "réserves" dans les gisements du lot 13 où le matériau serait naturellement apte – moyennant des dispositions particulières à l'extraction et à la mise en œuvre –, à constituer la couche de forme ferroviaire et routière, devenait de plus en plus forte.

Ce qui aurait rendu inutile l'élaboration de la couche de forme d'un côté mais créé un déficit de la fraction granulométrique d/D pour la fabrication de la S-C (selon le processus décrit ci-après).

Contraintes techniques

La spécification technique (ST n° 590 B) fixe les caractéristiques des matériaux utilisables dans les structures d'assise ferroviaire et plus particulièrement les critères granulométriques ci-dessous :

Matériaux pour blocs techniques (B.T.) : granulométrie d/D

- d : d = 0
- D : 20 mm ≤ D ≤ 63 mm

Matériaux pour couche de forme (CdF) : granulométrie d/D

- d : d = 0
- D : 20 mm ≤ D ≤ 125 mm

Matériaux pour couche sous ballast (S-C) : granulométrie d/D

- d : d = 0
- D : D = 31,5 mm
- IC : IC = 100 (Granulat entièrement concassés - Indice de concassage de 100).

Dans le cas particulier du TOARC lot 13, les matériaux ci-dessus étaient à élaborer à partir des gisements alluvionnaires du site : emprunt de Pierrelatte à l'origine puis déblais des Echirouzes suite à l'optimisation du mouvement des terres.

1 - L'élaboration des matériaux pour B.T. et couche de forme peut s'opérer par simple criblage (élimination de la fraction supérieure à 63 et/ou 125 mm) ce qui conduit à fabriquer, à partir d'un matériau brut O/D, deux fractions granulométriques :

- ◆ O/d :
- réutilisable en bloc technique dans la mesure ou $d \leq 63$ mm ;
- réutilisable en couche de forme dans la mesure ou $d \leq 125$ mm ;

- ◆ d/D : boules ou galets.

2 - L'élaboration des matériaux pour S-C nécessite de concasser intégralement les matériaux en une granulométrie O/31⁵.

Les seuls matériaux aptes à être concassés sur le lot 13 sont les boules d/D ci-dessus évoquées ; l'obligation d'obtenir un IC = 100 conduit naturellement à choisir un diamètre de coupure "d" avec $d \geq 40$ mm.

Par ailleurs, l'optimisation de ces opérations conduit à les regrouper dans une installation en chaîne de criblage-concassage – selon le schéma type (figure 5) – ce qui assurerait une production au "fil de l'eau". Le choix du diamètre de coupure "d" tel que $40 \text{ mm} \leq d \leq 63 \text{ mm}$ se fait de manière à assurer l'équilibre en besoins de BT et CdF d'une part et de S-C d'autre part. Ainsi, dans la configuration du lot 13, un tel choix aurait conduit à un rapport moyen théorique de :

- ◆ O/d = 80 % (tel que $40 \text{ mm} \leq d \leq 60 \text{ mm}$) ;
- ◆ d/D = 20 %, à partir d'un matériau naturel brut O/D.

Il s'agit d'une moyenne théorique et globale dans la mesure où l'on observe une fluctuation très importante de ce pourcentage.

Ainsi pour obtenir les 85 000 m³ de S-C O/31⁵ nécessaires au lot 13 on aurait eu :

- ◆ 425 000 m³ de brut O/D à traiter ;
- ◆ 340 000 m³ de matériau élaboré O/d (BT et CdF), ce qui couvrirait approximativement les besoins du lot 13.

La reconstitution des matériaux de sous-couche

Toutefois, l'observation attentive des informations recueillies par le suivi granulométrique des gisements amène à constater que la baisse du diamètre de coupure "d" conduit :

◆ à la baisse de la fluctuation de pourcentage de refus (rapport entre l'écart type et la moyenne) comme le montre la figure 6 (pour une coupure à 20 mm par exemple);

◆ à l'augmentation du pourcentage de refus d/D normalement destiné à la sous-couche après concassage.

Ce qui précède va potentiellement permettre :

◆ de se passer en tout ou partie des matériaux de refus provenant de l'élaboration de la couche de forme;

◆ de rendre possible l'élaboration de la S-C au "fil de l'eau", le produit du criblage étant apte à être utilisé en BT dans la mesure où on limite d à 20 mm (soit $d \geq 20$ mm).

Il restait donc à assurer l'obtention d'un IC = 100 pour la sous-couche malgré un diamètre de coupure $D < 40$ mm.

Pour ce faire, il a fallu envisager une "recomposition" de matériaux selon le processus suivant :

A l'entrée : O/D brut naturel

En sortie :

◆ O/d naturel criblé avec $20 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$ (en cherchant à se rapprocher de la limite inférieure soit 20 mm);

◆ d/D qui suit le cheminement suivant :

1 - d/40 concassé en $O/d'd' < 20 \text{ mm}$ (en général d'est compris entre 8 et 16 mm avec IC = 100) en circuit fermé;

2 - 40/D concassé en $O/31^5$ (IC = 100) en circuit fermé.

Les produits obtenus en 1 et 2 étant recomposé pour donner un $O/31^5$ conforme à la ST 590b (figure 5).

L'option ci-dessus retenue pour l'élaboration des matériaux sur les deux stations de concassage sud et nord présentait l'avantage de réduire significativement les besoins en matériaux bruts aptes à être élaborés, ce qui rendait accessoirement possible l'hypothèse d'isoler les gisements correspondants dans les déblais.

En effet, pour un diamètre de coupure "d" pris égal à 40 mm la fraction d/D représente 20 % en moyenne soit pour obtenir 1 m³ de S-C il faut en théorie disposer de 5 m³ de brut O/D. La même opération avec "d" pris égal à 20 mm conduit à l'équivalence suivante 2 m³ brut pour un mètre cube de S-C car la fraction 20/D représente en moyenne 50 %. Ce qui précède avait également un effet induit sur l'économie de processus du fait de la réduction du volume des reprises-transports associées.

■ BILAN DE LA STRATÉGIE ALTERNATIVE

Les effets de l'effort d'optimisation de l'emploi et de l'affectation des ressources peuvent être vus sous quatre aspects : environnemental, technique, économique et humain.

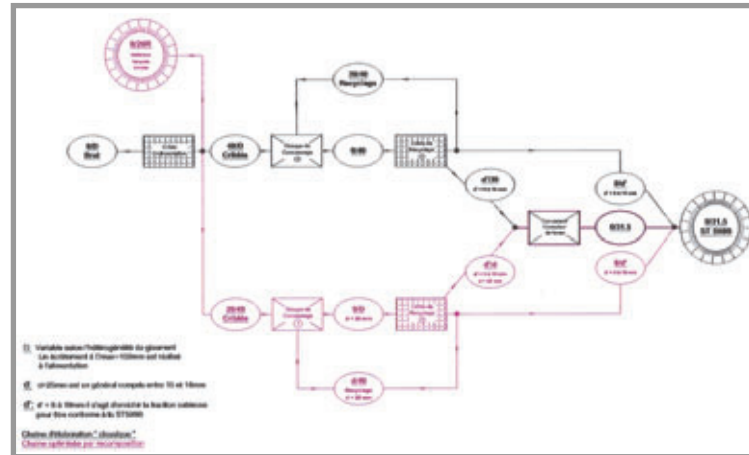


Figure 5
Schéma type de l'installation d'élaboration des matériaux.
Recomposition de la sous-couche ferroviaire
Typical diagram of material processing installation.
Re-forming of railway subgrade

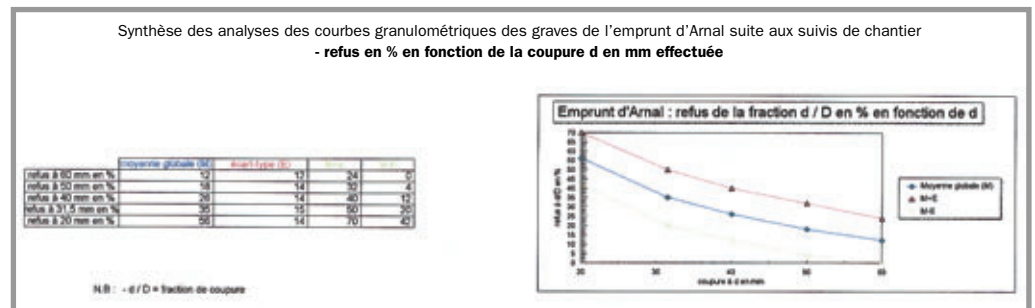


Figure 6
Fluctuation des pourcentages de refus en fonction du diamètre de coupure
Fluctuation of retained material percentage according to cut-point diameter

Aspect environnemental

La réduction des nuisances à l'environnement du chantier au sens large est incontestable :

- ◆ diminution des transits de matériaux hors site propre et baisse consécutive des risques d'accident associés;
- ◆ baisse des besoins en site de dépôts définitifs;
- ◆ limitation de la durée de fonctionnement des installations d'élaboration (criblage - concassage);
- ◆ faible perturbation du trafic local sur les itinéraires empruntés par le chantier.

Aspect technique

La démarche de rationalisation décrite ci-avant au-delà d'être intellectuellement satisfaisante pour "l'ingénieur" sous-tend une nécessaire meilleure maîtrise de l'identification des matériaux, de leur comportement et des conditions de leur réemploi. Elle a imposé des réflexions importantes en matière d'organisation de chantier de terrassement qui pourrait être reconduit dans d'autres contextes.

Aspect économique

La mise en œuvre des dispositions issues de la stratégie alternative ont conduit à une économie directe (par rapport à la stratégie initiale) supérieure à 20 millions de francs. Ce chiffre ne tient pas compte des coûts indirects évités :

- ◆ redevance et terrains pour dépôt;
- ◆ remise en état des voiries publiques;
- ◆ gêne au trafic habituel;
- ◆ accidents évités, etc.

Aspect humain

La mise en œuvre concrète des dispositions décrites conceptuellement ci-avant, s'apparentait certains jours à un casse-tête chinois. En effet l'ordre des choses dans la nature ne s'accommode pas toujours des contraintes du terrassier. Ainsi l'ordre de disponibilité des matériaux, par nature, dans les déblais était souvent à l'inverse de l'ordre de leur réutilisation en remblai. Et il n'était pas rare, après avoir percé la carapace de poudingue et localisé des gisements de grave propres, de "retomber" à nouveaux sur des blocs de poudingues noyés aléatoirement dans la masse et obligeant à changer l'affectation et la destination des matériaux excavés plusieurs fois par jour.

Cette entreprise n'aurait certainement pas pu se suffire de l'imagination de l'ingénieur. Pour réussir il lui a bien fallu toute la persévérance, la patience, et la passion de l'encadrement de terrain qui, habituellement champion de la productivité et du "rendement" a su – parfois au prix de contorsions certaines –, se mettre au diapason de la nature et "faire dans la dentelle" pour la bonne cause, là où il était venu pour bouger les montagnes.

Alors en conclusion, un grand coup de chapeau à eux tous!

ABSTRACT

TGV Mediterranean - Lot 13. A self-sufficient project Optimised re-use of site materials for better environmental compliance

R. Chamoun

Lot 13, the earthworks and current structures work lot for the TGV Mediterranean high speed train line, runs along a distance of 26 km in the Drôme region. It is characterised by its sensitive human and natural environment, a dense secondary road network, the proximity of the A7 motorway, the Donzère canal and the Tricastin nuclear power station, farmland flood zones and regulated accesses. After a supplementary geotechnical boring campaign, an alternative strategy for optimised use and allocation of site resources was implemented :

- reduction of transport quantities from 30 to 19,5 million m³ x km essentially to the detriment of transport outside the right-of-way zone, on the network of local roads;
- cancelling the external supply of materials reducing significantly the need for final stocking.

A specific procedure was also implemented for the optimised preparation of noble materials entirely on site.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Hochgeschwindigkeitsstrecke TGV Mittelmeer. Eine autark betriebene Baustelle Optimierung der Wiederverwendung der vor Ort vorhandenen Baustoffe durch und für eine größere Umweltschonung

R. Chamoun

Das Baulos TOARC 13 (Erdarbeiten, Ingenieurbauten und Wiederherstellung der Verbindungen) der Hochgeschwindigkeitsstrecke für den TGV Mittelmeer ist eine 26 km lange geradlinige Baustelle im Département Drôme. Es ist durch ein sensibles humanes und natürliches Umfeld, ein dichtes Sekundärstraßennetz, die Nähe der Autobahn A7, des Donzère-Kanals und des Kernkraftwerks Tricastin, landwirtschaftlich genutzte Überschwemmungsgebiete und behördlich geregelte Zufahrten gekennzeichnet. Im Anschluß an eine Kampagne ergänzender geotechnischer

Erkundungen ist eine Alternativstrategie der Optimierung des Einsatzes und der Zuteilung der vor Ort vorhandenen Ressourcen ausgearbeitet und umgesetzt worden :

- mit einer Reduzierung der transportierten Stoffmengen von 30 Mio. m³ pro km auf 19,5 Mio. m³ pro km, vor allem durch Minimierung der Transporte außerhalb der Baustelle auf dem lokalen Straßennetz;
- durch Verzicht auf externe Baustofflieferungen und beträchtliche Verminderung des Bedarfs an endgültige Deponielagerungen.

Ein spezifisches Konzept ist auch für die integrierte optimierte Verarbeitung hochwertiger Baustoffe vor Ort entwickelt worden.

RESUMEN ESPAÑOL

TGV Mediterráneo - Lote 13. Obras ejecutadas en autarquía Optimización de la reutilización de los materiales del emplazamiento de las obras por y para un mayor respeto del medio ambiente.

R. Chamoun

El lote TOARC 13 del TGV Mediterráneo constituye una obra lineal de 26 kilómetros que se sitúa en el departamento del Drôme. Este lote se destaca por un medio ambiente humano y natural sensible, una red viaria secundaria densa, la proximidad de la autopista A7, del canal de Donzère así como de la central nuclear de Tricastin, de zonas agrícolas inundables y de accesos reglamentarios. Tras una campaña de sondeos geotécnicos complementarios, se ha puesto en aplicación una estrategia alternativa de gran pujanza relativa a la optimización de la utilización y la asignación de los recursos del emplazamiento :

- para reducir las cantidades de materiales transportados de 30 millones de m³ por km a 19,5 millones de m³ por km, principalmente en detrimento del transporte fuera del emplazamiento propio, en la red de vías locales;
- por la anulación de los suministros exteriores de materiales y disminuyendo en gran proporción las necesidades en cuanto a depósitos de materiales definitivos.

También se ha puesto en aplicación un enfoque específico para optimizar la elaboración de materiales nobles íntegramente in situ.

La route du littoral à la Réunion Confortement du mur en terre armée

La route du littoral de l'île de la Réunion, est à n'en pas douter, un ouvrage singulier. Construite en 1976 dans un environnement particulièrement hostile, cette route en corniche s'accroche au pied d'une falaise volcanique suspendue au-dessus de l'océan. L'ouvrage est doublement vulnérable : d'un côté sujet aux fréquents décrochements en blocs ou en masse de la falaise et, de l'autre, aux embruns et aux fortes houles des cyclones du couloir subtropical de l'ouest de l'Océan Indien.

La route est portée, sur toute sa longueur de 12 kilomètres, par un mur en terre armée posé sur le fond marin à courte distance de la paroi rocheuse et auquel s'adosse une lourde carapace de 60 000 tétrapodes en béton qui le protège des flots.

Après vingt années de service, cet ouvrage présentait des signes évidents de fatigue et de corrosion généralisée. Dans le cadre de l'opération de la nouvelle mise en exploitation à "2+1 voies" de la chaussée, un chantier de réparation de grande ampleur a été entrepris par clouage et butonnage des quelques 24 000 écailles supérieures sur les 32 000 qui composent le mur. Le clouage, particulièrement délicat à réaliser dans une grave à gros galets basaltiques, s'est effectué au moyen de clous auto-forés dans d'excellentes conditions, démontrant l'intérêt incontestable de cette technique.

■ LE MUR EN TERRE ARMÉE DE LA ROUTE DU LITTORAL

La construction du mur

Les travaux de construction du mur en terre armée de la route du littoral se sont déroulés de 1973 à 1976.

L'ouvrage est assez homogène sur l'ensemble de son linéaire de 12 km et comporte quatre niveaux d'écailles non armées de 1,50 m par 1,50 m. Chaque écaille, de 22 cm d'épaisseur, s'ancre à quatre armatures en alliage d'aluminium passivé (AG4 MC), métal recommandé à l'époque pour un ouvrage en site maritime. La fondation consiste en une longrine en béton de 2,50 m de large sur 0,40 m de haut, posée sur un empilement d'enrochement de 100 à 500 kg. Le remblai de remplissage est en grave assez grossière pour un tel ouvrage puisque des blocs atteignant 800 mm ont été repérés.

Par endroit le mur comporte six hauteurs d'écailles, et, il peut aussi s'interrompre pour laisser place aux ouvrages d'art de transparence où s'écoulent les "ravines", très nombreuses dans cette île tropicale.

Les désordres

Dès 1977, après le passage du cyclone Fifi, l'ouvrage subit quelques dégradations. Des premières campagnes d'investigations et d'expertise en 1979

et 1986 confirment néanmoins son bon état général.

Fin 1992, l'apparition de fissures longitudinales sur la bande d'arrêt d'urgence côté mer et leur évolution rapide ont conduit à une inspection détaillée de l'ouvrage (12 puits d'inspection seront réalisés de mai à octobre 1993), puis à une mission d'expertise Setra - Terre Armée Internationale en novembre 1993. Les investigations conduites révèlent un état de corrosion avancée des armatures internes du mur, corrosion de progression semble-t-il rapide et pouvant à court terme compromettre la stabilité générale.

En 1996 est lancée une campagne de grande envergure pour quantifier le niveau de dégradation du mur au moyen de 57 nouveaux puits d'inspection répartis sur l'ensemble du linéaire. Chaque puits, d'une profondeur atteignant 4 m permet de dégager une dizaine d'armatures et de vérifier leur état. Les puits sont réalisés de nuit sous coupure de la circulation et refermés avant le matin.

L'état de dégradation observé est très aléatoire mais néanmoins préoccupant. Certains puits révèlent des armatures ayant perdu jusqu'à 89 % de leur section en moyenne sur l'ensemble du puits. Une analyse statistique complète des sondages, conduite avec le concours de Gilbert Haiun du Setra, permet de caractériser les différents niveaux de dégradation du mur. Trois zones peuvent être identifiées :

◆ les zones à sécurité critique, où la perte moyen-

Eric Conti



CHEF DU SERVICE
GRANDS TRAVAUX
DDE Réunion

Daniel Tournette

CHEF DE LA SUBDIVISION ÉTUDES
ET TRAVAUX MARITIMES
DDE Réunion

LA « 2+1 » VOIES

Tout au long de ses 12 kilomètres, la route du littoral est surplombée par une falaise friable dont les blocs rocheux se détachent après chaque pluie. Les 45 000 véhicules qui l'empruntent quotidiennement connaissent alors un "basculément" : pour éloigner le trafic des chutes de pierre, la circulation est limitée aux voies côté mer. Pour pallier les embouteillages, il a été créé une troisième voie sur les chaussées côté mer gagnée sur la bande d'arrêt d'urgence qui permet d'affecter deux voies au sens le plus circulé et une voie à l'autre sens. C'est la "2+1" voies. Un séparateur en béton amovible permet d'inverser le sens préférentiel en cours de journée.

Références : *Revue générale des routes* : n° 769, janvier 1999 page 33 et n° 775, juillet-août 1999 page 74.

Figure 1
Principe de réparation
du mur
Principle of wall repairs

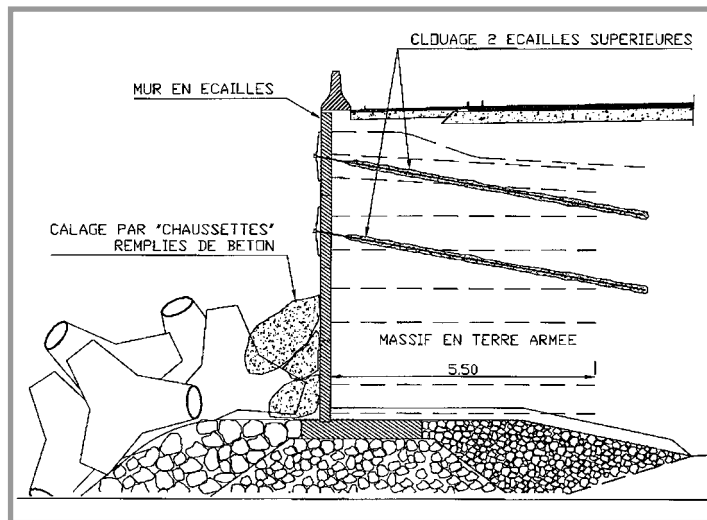


Photo 1
Armature du clou
auto-foré munie
du taillant perdu
*Self-boring nail assembly
with disposable
cutting edge*



- ▶ ne de section d'armatures est supérieure à 40 % et où le risque d'instabilité est imminent; elles représentent 50 % du linéaire;
- ◆ les zones à sécurité réduite, où la perte de section reste supérieure à 20 % et où le risque d'instabilité existe; elles représentent 20 % du linéaire;
- ◆ et les zones à sécurité normale où la perte de section est inférieure à 20 % et donc sans danger; elles représentent 30 % du linéaire.

Parallèlement, la comparaison des résultats des campagnes d'inspection réalisées à quelques années d'intervalle permet de mettre en évidence que la corrosion progresse assez rapidement.

Le risque encouru n'est pas anodin. Le mode de rupture du mur en cas de corrosion critique des armatures est en effet bien connu. Il s'agit d'une rupture "fragile", sans aucun signe avant-coureur, qui se produit selon un cercle de glissement concernant la quasi totalité du mur en hauteur pour une largeur d'environ 1/3 de la hauteur, soit 6 m par 2 m dans notre cas. Une surveillance renforcée de l'ouvrage ne permet pas de prévenir de l'effondrement. Une telle rupture n'aurait néanmoins concernée que la bande d'arrêt d'urgence ce qui pouvait avoir un caractère rassurant.

Toutefois, dans le cadre de l'opération d'exploitation à "2+1" voies, la bande d'arrêt d'urgence devenait une voie de circulation normale et le risque de rupture était alors inacceptable. Une réparation globale et urgente du mur s'imposait.

■ LA TECHNIQUE DE RÉPARATION

Les études de projet

Parallèlement aux investigations, les premières études de projet étaient conduites par la direction départementale de l'Équipement de la Réunion avec l'assistance de la division Ouvrages d'art du BCEOM et les conseils de Gilbert Haiun.

Plusieurs solutions de confortement sont envisagées dont les principales sont :

- ◆ clouage du maximum d'écailles supérieures accessibles au moyen de clous ancrés en profondeur dans la terre armée et butonnage des écailles inférieures inaccessibles contre la carapace de tétrapodes par colmatage des interstices au moyen d'un gros béton (figure 1);
- ◆ injection de traitement du mur pour reconstituer un mur-poids autostable par injection classique ou jet grouting;
- ◆ clouage de l'ensemble des écailles avec dépose puis repose de la carapace de tétrapodes;
- ◆ mise en œuvre d'un remblai d'épaulement avec dépose et repose des tétrapodes.

C'est la première solution de clouage et butonnage qui est apparue la plus économique et la plus compatible avec les très fortes contraintes du chantier à réaliser sous circulation permanente, – la route ne pouvant être interrompue du fait de son fort trafic et de l'absence d'itinéraire alternatif. Le clouage porte sur les deux ou trois rangées d'écailles supérieures selon les endroits. Une technique de clous forés tubés est alors privilégiée, le tubage pendant le forage et avant enfilage de l'armature apparaissant comme la meilleure garantie vis-à-vis de la tenue des parois lors du forage et d'un bon enrobage du clou ensuite (méthode Odex).

Un premier appel d'offres est lancé en 1996 et donne lieu à une première tranche expérimentale de travaux de réparation des premiers 300 m de mur en situation critique, soit environ 600 clous forés tubés réalisés.

La décision prise alors de livrer le dispositif "2+1" dès 1998 va précipiter le lancement des travaux de grande envergure. Le dispositif "2+1" nécessite en effet, comme nous l'avons dit, une réparation immédiate de l'ensemble des zones à sécurité préoccupante et réduite, soit 6 000 ml, puis à brève échéance des autres zones. Compte tenu de l'énorme enjeu financier de cette réparation évaluée à près de 140 millions de francs, le directeur des Routes, Christian Leyrit commande une nouvelle expertise – conduite par MM. Bastick et Guilloux de Terre Armée Internationale et de Terrasol – qui validera les conclusions antérieures.

L'opération est lancée en 1997 sous maîtrise d'ouvrage de l'État avec un financement assuré par le Conseil régional de la Réunion. La maîtrise d'œuvre est confiée à la DDE de la Réunion.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

État

Financement

Conseil régional de la Réunion

Maître d'œuvre

DDE Réunion

Contrôles extérieurs

- LCPC, Terrasol
- LRPC de Blois
- Laboratoire Régional de la Réunion

Entreprise

Spie Fondation

Montant des travaux : 60 millions de francs

La consultation des entreprises

Le nouvel appel d'offres lancé en 1997 porte désormais sur le clouage de 9000 écailles et autant en butonnage. Afin de faire appel à l'initiative des entreprises, une large place est accordée aux variantes notamment sur la technologie des clous, les conditions d'organisation du chantier sous circulation et les délais de réalisation.

L'offre la plus intéressante est proposée par l'entreprise Spie Fondations, avec une variante de clous auto-forés distincte de la solution de base de forage tubé (photo 1).

L'armature creuse, munie d'un taillant perdu, exécute elle-même le forage sous injection permanente de coulis pour éviter l'effondrement des parois et assurer l'enrobage convenable. Le forage s'effectue à l'aide d'un marteau hors trou qui agit en même temps en rotation (rotopercution). L'armature est guidée en pied et en tête de la glissière de forage suivant l'inclinaison fixée de 10°. Le coulis de ciment est injecté au travers de l'armature par l'extrémité extérieure et pénètre dans le terrain par le taillant à l'autre extrémité. Le forage achevé, le clou est en place. Les cadences escomptées et atteintes, étaient de trois fois supérieures à celles de la solution de base.

Cette technique, validée à ce stade de la procédure sur les précieux conseils de M. Bustamante, du LCPC, met en œuvre une armature Ischebeck \varnothing 18/40,5 mm en éléments manchonnés de 2 à 3 m manœuvrés par un marteau Klemm (photo 2).

LE DÉROULEMENT DU CHANTIER

Les essais de forage et de scellement

Le but des essais préalables prévus au marché était de pouvoir apprécier en vraie grandeur et dans les conditions du chantier, si la technique d'installation de clou retenue et les matériels de réalisation choisis étaient bien satisfaisants sur le plan de la faisabilité, des cadences escomptées et de la qualité finale du clou. Ils permettaient en outre de déterminer les caractéristiques de scellement nécessaires au dimensionnement des longueurs d'ancrage des clous. Trois premiers clous de six mètres ont été forés dans une butte de matériau équivalent, hors du site. Ces clous, mis à nu, établirent les constats suivants (photos 3 et 4) :

- ◆ les taillants utilisés permettent de traverser sans encombre des blocs de basalte très durs au-delà de 600 mm de diamètre ; c'était une condition essentielle pour le succès de chantier, les blocs étant fréquents ;
- ◆ les clous sont déviés lorsque les blocs sont pris tangentiellement ;



Photo 2
Mise en œuvre de l'armature au marteau Klemm

Placement with the Klemm hammer



Photo 3
Les clous mis à nu
The bared nails



Photo 4
Les clous mis à nu
The bared nails

- ◆ l'enrobage du clou de 15 mm est garanti sur toute sa longueur ;
- ◆ un bulbe de tête se forme ; il augmente la qualité de scellement ;
- ◆ le coulis remplit les vides du matériau augmentant ainsi le frottement clou-matériau.

Dix-sept autres essais ont alors été réalisés *in situ* avec mesure du frottement en déplacement ou effort contrôlé. Puis, au cours du chantier qui a suivi, 70 essais de contrôle ont permis de confirmer la pertinence de ces résultats. Soixante-quatre témoins de durabilité ont aussi été posés et permettront à l'avenir de vérifier l'état de corrosion de l'acier utilisé.

L'organisation du chantier

Le marché portait sur la réalisation de 9000 clous et de 18000 chaussettes de béton dans un délai de 8 mois. Les cadences journalières pour tenir ce délai sont primordiales et nécessitent de doubler

Photo 5
Démolition
des tétrapodes
*Demolition
of tetrapods*



Tableau I
Cadences mises
en œuvre
Outputs

Atelier	Quantité	Cadence journalière
Déplacement de tétrapodes	1170 unités	moyenne 35 (maximum 45)
Démolition	1540 m ³	
Chaussettes	13600 unités de 0,5 m ³	moyenne 140
Carottage	9680 unités	moyenne 90
Forage - Injection	9680 clous 64 300 m de clou	moyenne 20 par atelier et 80 par poste (maximum 120)
Pose de Plaques	9680 unités	moyenne 200
Injection de Plaques	9680 unités	moyenne 140
Repose des tétrapodes	970 unités (200 non récupérés)	moyenne 35 (maximum 45)

Photo 7
Carottage
des écailles en béton
*Core drilling
of concrete scales*



Photo 6
Mise en place des chaussettes
Placing of stockings

certain ateliers et de prévoir deux postes de travail par jour. Ceci inscrit le chantier dans une logique de production industrielle.

L'exploitation de la route

Les travaux sont réalisés depuis la bande d'arrêt d'urgence, seule plate-forme de travail accessible. Avec plus de 40 000 véhicules circulant par jour, le chantier se déroule dans une bande de 3,25 m de large, calée contre le bord du mur et laissant place à deux voies de circulation de 3,25 m. Une exception est tolérée pour la manœuvre des tétrapodes encombrants, avec une réduction de la circulation à une voie uniquement sur des plages horaires non contraignantes.

L'entreprise et ses sous-traitants ont dû faire preuve d'imagination et d'ingéniosité pour adapter et créer des engins n'encombrant que 3,25 m, rapidement repliables, et fournissant une ergonomie de travail importante pour obtenir les cadences nécessaires au respect des délais.

Les ateliers

Le chantier s'est déroulé selon huit ateliers successifs.

Déplacement des tétrapodes

Le déplacement des tétrapodes les plus gênants s'effectue avec une grue de 40 tonnes et deux ou-

vriers qui vont élinguer les tétrapodes ; le tétrapode est déposé au delà de l'encombrement du gabarit des ateliers de forage.

Démolitions des tétrapodes

Les tétrapodes ne pouvant pas être déplacés sont étêtés sur place à l'aide d'une pelle équipée d'un brise-roche (photo 5).

Mise en place des chaussettes

Pour les écaïlles inférieures non accessibles pour la réalisation du forage, des "chaussettes" remplies de béton sont mises en place dans les vides entre les tétrapodes. Pour cette phase du chantier, un dispositif original est imaginé : un châssis roule sur la GBA latérale portant une goulotte terminée par un tuyau rigide de remplissage des chaussettes qui sont des "big-bag" (sacs servant au transport maritime du riz). Le dispositif est tracté par le camion-toupie approvisionnant le béton (photo 6).

Carottage des écaïlles en béton

Avant le forage des clous, il est procédé au pré-carottage des écaïlles en béton afin de faciliter le positionnement et l'inclinaison du clou. Une nacelle roulant aussi sur la GBA est équipée de deux carottiers hydrauliques guidés par des crémaillères qui permettent de se positionner en face des écaïlles supérieures (photo 7).

Forage et injection des clous

La position de travail conduit à fixer le mât de forage sur une pelle en rétro travaillant sous ses chenilles. Pour tenir compte de la largeur de travail (3,25 m), la pelle a été modifiée : repositionnement du contrepoids sous le moteur, création d'un franchissement piéton derrière la cabine pour ne pas avoir à passer derrière sur les voies circulées. Le travail en rétro a conduit à réaliser une plate-forme pour l'ouvrier foreur en surplomb de la GBA, afin de lui permettre de voir la position du clou. Une nacelle est jointe à la pelle pour permettre à l'aide foreur de positionner l'armature. L'atelier de fabrication du coulis est installé de façon très ergonomique sur une remorque de camion comprenant l'ensemble groupe électrogène/réservoir d'eau/stock de ciment/malaxeur et pompe d'injection. Deux ateliers identiques travaillent indépendamment l'un de l'autre. Un dispositif d'enregistrement automatique assure un contrôle permanent des paramètres de forage (Apageo) et permet de suivre sur la longueur de chaque clou la vitesse d'avancement, la pression hydraulique du mât et la pression du coulis (photo 8).

Mise en place des plaques de répartition

Là encore, une nacelle réglable en hauteur, fixée sur la GBA et tractée par le chariot d'approvisionnement assure la pose des plaques, le serrage des



Photo 8
Forage et injection des clous

Drilling and grouting of nails

écrous et le montage du capot de protection (photo 9).

Injection de la partie libre des clous

Les clous n'étant incliné qu'à 10°, une partie du clou ainsi que l'extrémité après la plaque ne sont pas protégés contre la corrosion. Une intervention finale permet l'injection de coulis de cette partie restée vide ainsi que du capot de protection. Un atelier similaire au précédent est utilisé.

Remise en place de tétrapodes

Le dispositif de repose des tétrapodes est le même que celui du déplacement. Du fait de la dépose aléatoire, seulement 80 % sont remis en place.

Les cadences

Elles sont reportées sur le tableau I.

Les incidents marquants du chantier

Divers incidents ont marqué le chantier :

- ◆ en raison d'une maladresse humaine, la grue chargée de déplacer les tétrapodes s'est renversée ; le chauffeur s'est "seulement" fracturé la cheville et les deux accrocheurs en furent quittes pour une peur bleue ; il a fallu deux nuits de travail pour évacuer la grue ;
- ◆ deux clous eurent une destination imprévue : l'un est ressorti dans la chaussée, l'autre dans une canalisation d'eaux pluviales ; une simple reprise du forage avec une correction de l'inclinaison a solutionné le problème ;
- ◆ enfin, un incident de conditionnement des plaques pendant le transport est venu perturber l'approvi-



Photo 9
Mise en place des plaques de répartition

Placing of distribution plates

sionnement du chantier. Le marché prévoyait en effet un dispositif agréé de protection des plaques (une couche de galvanisation de 70 µ et une couche de peinture en poudre mise en œuvre à chaud de 100 µ). Ce procédé, réalisé en atelier en métropole, a fait l'objet d'une mise au point délicate, mais avec succès. Or le conditionnement pour le transport maritime avait été négligé. Ce qui a conduit à de nombreuses épaufrures sur la peinture à la livraison. Deux mille cinq cents plaques ont dû être ainsi réparées selon un procédé complexe réalisé sur place et qui assure les mêmes garanties de protection.

CONCLUSION

Le chantier s'est déroulé dans d'excellentes conditions malgré les fortes contraintes sur les délais et sur les conditions de mise en œuvre. La pertinence des choix technologiques de l'entreprise Spie Fondation et de ses choix d'organisation en sont indiscutablement à l'origine.

Parallèlement, les travaux de pose des équipements routiers nécessaires à la mise en place de la "2+1" se sont aussi déroulés dans de bonnes conditions, ce qui a permis, une fois la réparation de la terre armée réceptionnée, de livrer l'ensemble du dispositif en janvier 1999.

Une dernière tranche de réparation des zones restant à sécuriser (4 000 ml) est désormais programmée pour 1999 et a été attribuée à l'entreprise Intrafor.



Vue générale du mur réparé
General view of repaired wall

ABSTRACT

The coastal road on Réunion island. Strengthening of reinforced earth wall

E. Conti, D. Tourette

The coastal road on Réunion island is a singular structure. Built in 1976 in a hostile environment, this cornice road clings to the base of suspended over the ocean. The structure is vulnerable from two stand-points : one side it is exposed to frequent massive rock-falls from the cliff and, on the other, it receives the salt spray and huge waves generated by cyclones from the subtropical corridor in the western part of the Indian Ocean. The road is supported over its entire length of 12 km by a reinforced earth wall founded on the ocean floor a short distance from the rock wall and against which is placed a heavy shell of 60 000 tetrapods providing protection against waves. After 20 years of service, this structure exhibited clear signs of fatigue and general corrosion. In connection with recent operations for road upgrading to dual single-lane carriageway status, extensive repair works were undertaken that involved the nailing and bracing of some 24,000 upper scale elements of the 32,000 making up the wall. Nailing, particularly difficult to carry out in materials consisting of large basaltic stones, makes very effective use of self-boring nails, demonstrating the unquestionable value of this technique.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Die Küstenstraße der Réunion. Verstärkung der Mauer aus armerter Erde

E. Conti, D. Tourette

Die Küstenstraße der Insel Réunion ist ein ganz besonderes Bauwerk. Die 1976 in einem sehr schwierigen Umfeld gebaute Klippenstraße ist am Fuße einer über dem Ozean hängenden Vulkansteilküste befestigt. Sie wird in zweifacher Hinsicht angegriffen : durch die block- oder massenweise erfolgenden häufigen Felsabgänge aus der Steilküste und durch die Gischt und den hohen Wellengang des Meeres bei den Zyklonenstürmen in dieser subtropischen Durchgangszone des westlichen Indischen Ozeans. Über die Gesamtlänge von 12 km wird die Straße durch eine Mauer aus armerter Erde gestützt, die in kurzer Entfernung von der Felswand auf dem Meeresboden

errichtet ist. Vor der Flut wird sie von einem schweren, anliegenden Panzer aus 60.000 Betontetrapoden geschützt.

Zwanzig Jahre nach der Einweihung waren eindeutige Zeichen der Ermüdung und der weitgehenden Korrosion an dem Bauwerk festzustellen. Im Rahmen der geplanten Verkehrsübergabe von "2+1 Fahrspuren" ist eine umfassende Reparatur in die Wege geleitet worden, und zwar durch Vernagelung und Verstrebung der ungefähr 24.000 Steine der Deckschicht über den 32.000, die die eigentliche Mauer ausmachen. Das in einem Grobkies mit großen Basaltsteinen besonders komplizierte Vernageln ist mit selbstbohrenden Nägeln unter ausgezeichneten Bedingungen durchgeführt worden, was den unbestreitbaren Nutzen dieser Technik belegt.

RESUMEN ESPAÑOL

La carretera del litoral en La Reunión. Consolidación del muro de tierra armada

E. Conti y D. Tourette

La carretera del litoral en la isla de La Reunión constituye una obra singular. Construida en 1976 en un entorno hostil, esta carretera, que se desarrolla en cornisa, va fijada al pie de un acantilado volcánico suspendido por encima del océano. Esta estructura es doblemente vulnerable : sometida, por un lado a los frecuentes descolgamientos de bloques o caídas en masa del acantilado, y por otro lado a las salpicaduras de las olas y a las intensas marejadas de los ciclones procedentes del pasadizo subtropical del oeste del Océano Índico.

La carretera está sustentada, en toda su longitud de 12 km, por un muro de tierra armada aplicado sobre el fondo marino a reducida distancia de la pared rocosa y al cual se adosa un pesado caparazón de 60 000 tetrapodos de hormigón que le protege contra el oleaje.

Tras veinte años de servicio, esta estructura presentaba signos de fatiga evidentes, así como de corrosión generalizada. En el marco de la operación de la nueva puesta en explotación con "2+1 canales" del pavimento, se han emprendido obras de gran amplitud por enclavamiento y apuntalado de unas 24000 escamas superiores de las 32000 que componen el muro. El enclavado, particularmente difícil de conseguir en una grava de gruesos cantos rodados basálticos, se ha efectuado en excelentes condiciones por medio de pasadores autoperforados demostrando así el interés indiscutible de esta técnica.

La plate-forme de l'usine Toyota à Onnaing

Patrice Chardard



RESPONSABLE
TECHNIQUE
DU DÉPARTEMENT
TERRASSEMENTS
Fougerolle Ballot

Les terrassements de la plate-forme de la future usine Toyota près de Valenciennes ont été réalisés par Fougerolle Ballot à la tête d'un groupement des entreprises de terrassements du groupe Eiffage.

Ce marché, traité au forfait, a nécessité des moyens et des méthodes adaptés aux terrains rencontrés, aux très grandes surfaces concernées et aux délais très courts de réalisation.

D'importants moyens matériels ont été mobilisés lors de la première phase de travaux du 1^{er} septembre au 30 novembre 1998 : 90 machines, représentant une puissance de 30 000 CV, ont permis de terrasser 1 500 000 m³ en 2 mois et de réaliser le traitement de la plate-forme sur 320 000 m² dans les délais fixés par le client.

La deuxième phase de travaux a pu être réalisée à une période plus favorable du 1^{er} avril au 31 juillet 1999 pour 1 100 000 m³ de déblais et 390 000 m² de traitement de plate-forme.

C'est sur un site de 237 hectares sur la commune d'Onnaing près de Valenciennes que Toyota a décidé de construire l'usine qui fabriquera la Yaris à partir du printemps 2001. Cette "petite valenciennoise" devrait être fabriquée à 150 000 unités la première année avec une montée en cadence régulière permettant d'atteindre 200 000 véhicules par an.

Ce modèle compact, moderne, constitue le vecteur phare de Toyota pour sa stratégie de croissance en Europe sur le créneau des petites voitures.

■ LA NÉGOCIATION DU MARCHÉ

Dans son dossier d'offres, le groupement a pris en compte dès le départ, les objectifs majeurs du maître d'ouvrage. Celui-ci a exprimé clairement ses besoins incontournables, laissant par ailleurs toute liberté à l'entreprise pour adapter sa proposition en vue d'un coût minimal tout en garantissant le délai, et la qualité.

Dans ce contexte, le groupement a proposé :

- ◆ un mouvement des terres répondant à ces objectifs en évitant tout apport extérieur et en limitant les mises en dépôt définitif;

- ◆ une programmation réalisant au plus vite les plates-formes indispensables à la continuité du projet de construction de l'usine et décalant dans le temps les zones qui pouvaient l'être.

Ces deux propositions ont permis une économie importante sur le mouvement des terres tout en limitant les risques de dérapage dus au démarrage tardif des travaux de terrassements.

Pendant la négociation du marché, le client a montré une ouverture franche pour toute solution technique économique que pourrait trouver l'entreprise.



Terrassements en zone B et échelons de pelle-dumpers

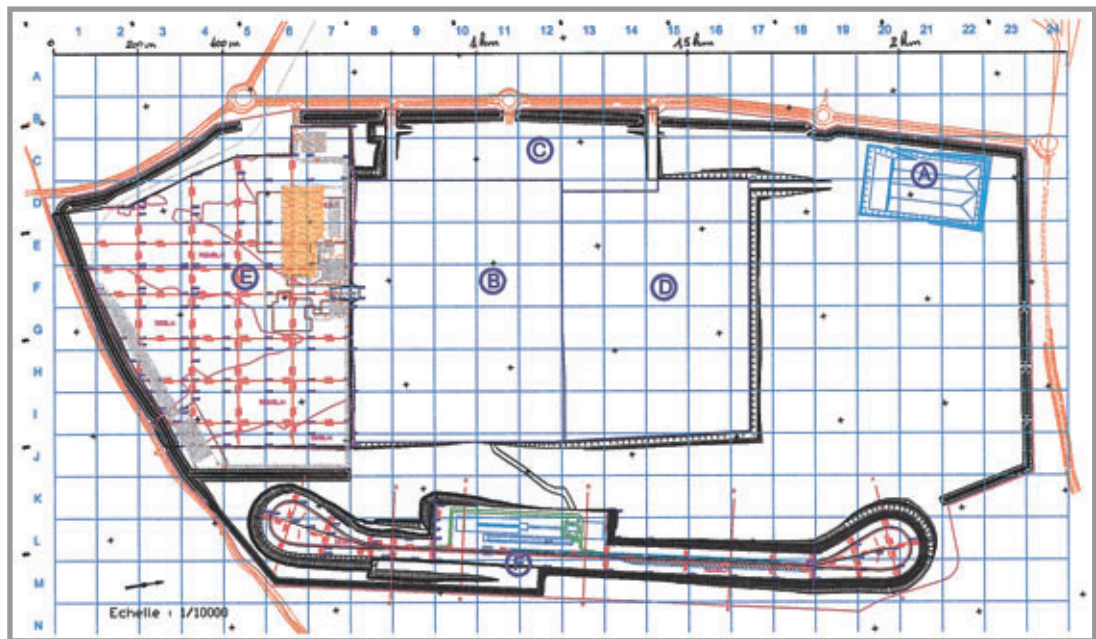
Earthworks in zone B and shovel dumpers steps

Afin de rechercher une diminution du montant global des travaux, Toyota a proposé un partage à 50/50 de l'économie apportée par les variantes de l'entreprise.

Au mois d'août 1998, après des négociations menées au pas de charge, Toyota a choisi le groupement piloté par Fougerolle Ballot pour la réalisation des plates-formes de l'usine. Ce marché en langue anglaise, forfaitisé selon le modèle anglo-saxon, constituait un véritable défi, une course contre la montre aggravée par les risques d'intempéries.

Sur un total de 2 600 000 m³ de terrassements répartis sur 1,4 millions de m², 1 300 000 m³ de déblais-remblais et 320 000 m² de traitement de plate-forme devaient être réalisés entre le 1^{er} sep-

Figure 1
Plan d'ensemble.
Un carré est égal
à 10 000 m²
Layout. A square is equal
to 10,000 sq. m



Traitement des sols
Soil treatment



► tembre et le 30 novembre 1998, période peu favorable aux terrassements dans les sols limoneux du Nord de la France.

■ DESCRIPTION DES TRAVAUX

Les terrassements de la plate-forme de la future usine Toyota sont répartis en six zones (figure 1) :

- ◆ zone A : bassin d'orage de 90 000 m³ de capacité et réserve incendie ;
- ◆ zone B : plate-forme de l'usine 1^{re} phase ;
- ◆ zone C : bureaux et parkings personnel ;
- ◆ zone D : plate-forme de l'usine 2^e phase (extension dans les années à venir) ;
- ◆ zone E : parking des voitures neuves - Plate-forme logistique ;
- ◆ zone F : piste d'essai de plus de 1 500 m de long.

Le site de l'usine se trouve dans des terrains peu vallonnés, en pente faible vers le nord, sur 2 500 m de long et 1 200 m de large.

Sous la terre végétale, les matériaux sont d'abord

des limons bruns argileux très humides sur environ 2 m d'épaisseur puis on trouve des limons jaunes sableux sur 5 à 10 m d'épaisseur au-dessus de sables gréseux verdâtres, les "tuffeaux de Valenciennes".

Tous les matériaux de déblais, en dehors d'une partie des tuffeaux de Valenciennes (très humides), sont réutilisés en remblai après traitement à la chaux à des dosages variant de 1 à 3 % suivant leur teneur en eau, et conformément aux études réalisées en début de chantier.

Après une série d'études, sur les résistances en compression et en traction, réalisées par le laboratoire des Ciments d'Origny, le ROC AS est retenu pour le traitement des plates-formes.

Celui-ci est effectué sur 0,45 m à 0,60 m d'épaisseur à des dosages déterminés en fonction des caractéristiques demandées par le client :

- ◆ la zone B, plate-forme de l'usine 1^{re} phase, à 2 % de chaux plus 4 % de liant routier pour l'obtention d'une portance mesurée à la plaque de 100 MPa et d'un module Westergaard supérieur à 8 ;
- ◆ les zones C et E à 2 % de chaux plus 2 % de liant routier pour l'obtention d'une portance de 60 MPa et d'un module Westergaard supérieur à 5.

■ LE PLANNING

Les impératifs de délais, fixés par la planification des travaux de l'usine, ont imposé un calendrier très serré. Le démarrage des travaux a été fixé au 1^{er} septembre 1998.

Le bassin devait être terrassé en priorité pour le 30 septembre 1998. Les zones B, C et D étaient à terrasser et à traiter pour le 30 novembre 1998, Toyota envisageant les premiers travaux de fondation de l'usine dès le début du mois de décembre. Les travaux en zones E et F étaient programmés à

partir du printemps 1999, jusqu'à fin août 1999 de façon à limiter les terrassements en période hivernale et ainsi réduire les traitements à la chaux. Ce report au printemps 1999 permettait également de concentrer les moyens matériels sur la zone usine de façon à garantir son achèvement dans les délais.

■ LE CHANTIER

Les moyens

Les moyens mis en œuvre pour terrasser la plate-forme de l'usine dans les délais impartis ont été dimensionnés en fonction du nombre de jours d'intempéries prévisibles.

A la période de réalisation des travaux de terrassements en grande masse (septembre et octobre, le mois de novembre étant réservé au traitement des arases de plate-forme), cela représentait environ un jour sur deux.

Les ateliers nécessaires ont été mobilisés dès la première semaine de septembre :

- ◆ trois échelons de motoscrapers Cat. 631 E associés à trois bouteurs Cat. D10 ;
- ◆ quatre échelons de pelles de grosse capacité :
 - une Cat. 375 avec quatre dumpers 773 B,
 - deux Liebherr 974 avec dix dumpers 769 C,
 - une Liebherr 964 avec cinq dumpers articulés A 35.

L'ensemble des matériaux étant réutilisés en remblais, les moyens de mise en œuvre, régalaie et compactage, ont été adaptés à la production journalière maximale :

- ◆ deux compacteurs à pieds dameurs PD2 ;
- ◆ jusqu'à 20 compacteurs vibrants V5.

Après un démarrage difficile, du à une première quinzaine de septembre très pluvieuse, ces moyens importants, répartis sur deux postes du 13 septembre au 23 octobre, ont permis de terrasser 1 500 000 m³ à la fin du mois d'octobre, avec des pointes à 93 000 m³/jour.

Pour le traitement des sols :

- ◆ trois bull charrue ;
- ◆ un pulvimixeur Raco 250 ;
- ◆ deux pulvimixeurs Raco 550 ;
- ◆ trois pulvimixeurs Cat. 350 ;
- ◆ huit épandeurs ;
- ◆ deux arroseuses,

ont permis de faire face aux besoins de traitement des remblais à la chaux et de traitement des plates-formes au liant routier. Le traitement des arases de plates-formes a été réalisé essentiellement au mois de novembre puis au mois de décembre avec des productions journalières allant jusqu'à 23 000 m² soit plus de 10 000 m³/jour.

L'ensemble du matériel, terrassements en grande masse, traitement des sols, réglages, matériel d'accompagnement, représentait une puissance tota-



Terrassements aux motoscrapers en zone E. En arrière plan, travaux de fondation de la zone usine

Motoscrapers at work in zone E. In background, foundation works for the factory zone

Plate-forme	Décapage	Déblai	Remblai	Surface traitée
Zones ABCD Travaux 98	160.000 m ²	1.300.000 m ³	1.300.000 m ³	320.000 m ²
Zone EF Travaux 99	140.000 m ²	1.000.000 m ³	1.000.000 m ³	390.000 m ²
Total 98+99	300.000 m²	2.300.000 m³	2.300.000 m³	710.000 m²

Les principales quantités

The main quantities



Végétalisation des talus du bassin. Géogrille sur un complexe d'étanchéité

Plantings on the basin slopes. Geogrid on a waterproofing system

le de 30 000 CV pour 90 machines. La main d'œuvre, personnel de conduite et encadrement, a atteint 170 personnes sur le chantier.

Les méthodes

Les méthodes de chantier ont été primordiales pour un bon suivi des volumes déplacés et une gestion optimale du matériel. Le mouvement des terres, simple en apparence, avec des distances de transport de 200 à 2 200 m, était beaucoup plus compliqué dans les faits.

Se repérer sur des surfaces aussi importantes pour éviter de croiser les flux, gérer les différents types de limon et optimiser les distances de transport avec un chantier qui évoluait de façon marquante chaque jour, a été au centre des préoccupations des responsables du chantier.

L'ensemble de la surface des travaux a fait l'objet d'un quadrillage selon une maille de 100 m par 100 m avec un repérage type "bataille navale" (figure 1).

L'ingénieur Méthodes du chantier a donc bâti le mouvement des terres à partir d'un ensemble de

Vue aérienne
en janvier 1999

Aerial view
in January 1999



plus de 140 carrés élémentaires d'une surface de un hectare. Ils représentent autant de zones de travail à organiser grâce à une gestion informatisée des volumes et des surfaces effectuée en temps réel avec un logiciel de CAO.

La mise en place de ce système a permis un suivi rigoureux des quantités et du matériel en privilégiant les transports sur des distances inférieures à 400 m pour les échelons de motorscrapers. Les zones de déblais de 3 m de hauteur minimale qui devaient être transportés à des distances plus grandes ont été réalisées par les échelons de pelles.

Le traitement des arases de plate-forme

Le traitement au liant des arases de plate-forme sur les zones B et C représentait 290 000 m². Il était prévu à partir du 15 octobre pour une livraison des plates-formes au 1^{er} décembre. 190 000 m² étaient déjà réalisés au 20 novembre. A partir de cette date et jusqu'à fin novembre, une période de gel a imposé l'arrêt du traitement au liant.

Le report du traitement au liant pour 100 000 m² de plate-forme pose alors le problème des conditions de réalisation mais aussi de la résistance au gel des surfaces traitées pendant l'hiver.

Il était alors indispensable pour la pérennité de l'ouvrage de définir et mettre en œuvre une solution technique adaptée. Afin de garantir la livraison de

la plate-forme de l'usine dans les délais nécessaires pour Toyota, l'entreprise a alors proposé, avec les conseils du Cete de Lille, une solution alternative économique qui évitait de faire appel à des matériaux graveleux d'apport extérieur :

- ◆ traitement au liant conformément aux procédures du chantier, dès que les conditions météorologiques le permettaient (le traitement a été réalisé du 10 au 18 décembre 1998) ;

- ◆ mise en place d'un géotextile léger de séparation ;

- ◆ protection contre le gel de la plate-forme traitée par une "couverture" de 0,40 m de limon.

Cette couverture a pu être retirée progressivement à la reprise des travaux. Son efficacité a été vérifiée lors de la réalisation des essais de conformité pour la réception de cette partie de plate-forme dans les nouveaux délais demandés par le client.

Les sondages archéologiques

Entre février et août 1998, les reconnaissances archéologiques menées par 60 à 70 archéologues sur l'ensemble du site, ont représenté 3000 points de sondages superficiels, allant d'un simple décapage de la terre végétale jusqu'à des fouilles de 1 à 2 m de profondeur, et 365 sondages profonds (jusqu'à 8 m et localement 12 m de profondeur). Vingt-deux sites récents, de l'âge du bronze à l'époque gallo-romaine, et deux gisements paléo-

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Toyota Motor Corporation (TMC)

Ingénierie

Serete

Assistance technique au maître d'ouvrage

Apave Lille

Groupement d'entreprises

- Fougerolle Ballot (mandataire)
- SGTN (Société des Grands Travaux du Nord)
- TP Tinel
- SCR - Beugnet

Laboratoire extérieur

CETE Lille

lithiques (100 000 à 30 000 ans avant notre ère) ont été identifiés et fouillés.

Un grand nombre de sondages archéologiques profonds, situés sous la future usine ont dû faire l'objet de purges systématiques. Plus de 40 000 m³ de matériaux de remblais de fouilles ont dû être extraits puis remplacés par du limon traité à la chaux. Ces purges se sont intercalées entre les terrassements déblai-remblai et les traitements des arases de plate-forme.

La difficulté de réalisation de telles purges se situait dans l'incertitude de localisation précise des charges futures des fondations de l'usine, de l'ordre de une tonne par mètre carré au niveau du dallage, jusqu'à dix tonnes par mètre carré au niveau des piliers de reprise des structures ainsi que pour les ateliers de presses avec terrassement de fouilles pour ces derniers.

Les objectifs du client

Les objectifs du client se sont traduits en spécifications, en délais et en coûts de la manière suivante :

- ◆ les spécifications sont essentiellement la géométrie des différentes zones de la plate-forme et les caractéristiques mécaniques à atteindre ;
- ◆ les délais ont été fixés à la signature du marché, avec des contraintes fortes pour la réalisation du bassin (zone A) qui permettait la récupération de toutes les eaux de surface et de la zone usine première phase (zone B) sur laquelle le génie civil devait intervenir dès la fin des terrassements ;
- ◆ le coût, également fixé à la signature du marché a été difficile à tenir. Les évolutions du projet, fréquentes, ont systématiquement fait l'objet d'une analyse économique de façon à équilibrer les éventuelles augmentations du montant global par des diminutions de quantités ou par des variantes économiques.

Le client, exigeant, comme on peut l'imaginer pour un marché traité au forfait, est resté ouvert aux solutions techniques de l'entreprise. Cela a conduit Fougerolle Ballot à mettre en place sur le chantier une cellule renforcée pour les méthodes, la topographie et la géotechnique.

En conclusion, le terrassement de la plate-forme de l'usine Toyota a été un chantier difficile. Il a été réalisé dans des sols sensibles à l'eau, en grande partie durant une période peu favorable aux terrassements du fait de la pluviométrie et des températures basses.

La capacité de production, la rapidité d'exécution, la souplesse et les facultés d'adaptation aux conditions du chantier étaient un impératif pour l'entreprise. Sa performance a été d'y apporter une réponse satisfaisante s'inscrivant dans le programme d'ensemble que s'était fixé Toyota.

ABSTRACT

Platform of Toyota plant in Onnaing

P. Chardard

The earthworks for the Toyota plant near Valenciennes were completed by Fougerolle Ballot at the head of an earthworks consortium of the Eiffage group. The lump-sum contract called for resources and methods suited to the soils, to the very large surface areas involved, and to the very short completion deadlines.

Significant material resources were mobilised during the first phase of the works from 1 September to 30 November 1998 : 90 machines, representing a power of 30 000 HP, allowed the handling of 1.5 million cu. m in 2 months, and the treatment of the platform of 320,000 sq. m within the deadlines set by the client.

The second phase of the works was completed during a less favourable time of the year, from 1 April to 31 July for 1.1 million cu. m of cuttings and 390,000 sq. m of platform treatment.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Unterbau des Toyota-Werks in Onnaing

P. Chardard

Die Erdarbeiten für den Unterbau des künftigen Toyota-Werks in der Nähe von Valenciennes sind von Fougerolle Ballot als Federführer einer Arbeitsgemeinschaft aus Erdarbeitsunternehmen der Eiffage-Gruppe durchgeführt worden.

Dieser pauschal abgegoltene Vertrag hat den Einsatz von speziell an den vorliegenden Baugrund, an die sehr großen Flächen und an die extrem engen Bau-terminen angepaßten Mitteln und Methoden erforderlich gemacht.

In der ersten Bauphase vom 1. September bis 30. November 1998 ist immens viel Material eingesetzt worden : 90 Maschinen mit einer Gesamtleistung von 30.000 PS haben innerhalb von zwei Monaten 1,5 Mio. m³ bewegt, so daß der 320.000 m² große Unterbau zu dem vom Kunden geforderten Termin fertiggestellt werden konnte.

Die zweite Bauphase ist in einer günstigeren Jahreszeit vom 1. April bis 31. Juli 1999 abgelaufen : Hierbei ging

es um 1,1 Mio m³ Aushub und 390.000 m² ersteller Unterbau.

RESUMEN ESPAÑOL

La plataforma de la planta Toyota, en Onnaing

P. Chardard

Los movimientos de tierras de la plataforma de la futura planta Toyota, cerca de Valenciennes, se ha llevado a cabo por Fougerolle Ballot, que ha encabezado una agrupación de empresas especializadas en movimientos de tierras, pertenecientes al grupo Eiffage. Este contrato, tratado por el método de contratación directa, ha precisado el empleo de medios y métodos adaptados a los terrenos con que se ha tropezado, así como a las muy amplias superficies de las obras y a los plazos de ejecución sumamente cortos.

Se han utilizado importantes equipos mecánicos durante la primera etapa de las obras, desde el 1 de septiembre al 30 de noviembre de 1998 : 90 máquinas, de una potencia total de 30 000 CV, han permitido desplazar 1 500 000 m³ en dos meses y llevar a cabo el tratamiento de la plataforma de una superficie de 320 000 m², en los plazos impuestos por el cliente.

La segunda etapa de obras se ha podido efectuar durante un período más favorable, entre el 1 de abril y el 31 de julio de 1999, para proceder a un desplazamiento de 1 100 000 m³ de materiales y 390 000 m² de tratamiento de la plataforma.

Lot 22 - TGV Méditerranée

Un convoyeur à bandes 85 000 semi-remorques

L'article décrit une installation de grands transporteurs mise en place pour résoudre les problèmes d'environnement dans le cadre du chantier TGV Méditerranée.

Cette installation d'une longueur de 3500 m en six transporteurs assurait un débit de 550 t/h de 0/250, permettant de résoudre les problèmes suivants :

- descente d'une falaise d'un dénivelé de 65 m;
- passage d'une voie ferrée par fonçage;
- s'inscrire sur une courbe de 2250 m;
- franchir le Rhône.

Après avoir transporté les 2 000 000 tonnes de déblais rocheux prévues initialement l'installation s'arrêtait en septembre 1998.

En Avignon, la RN 100 en direction de Nîmes et le pont de l'Europe connaissent une circulation extrêmement chargée. De ce fait, la SNCF ne voulut pas rajouter, pour la durée du chantier TGV Méditerranée, une noria de camions provoquant une surcharge du trafic. Le convoyeur à bandes s'imposait donc pour transporter les deux millions de tonnes de déblais rocheux depuis la falaise des Angles rive droite du Rhône jusqu'au quartier de Courtine où se situe la gare du TGV.

Pour ceux qui aiment la Provence et son folklore, c'est sans doute le quartier de Pamperigouste évoqué par Daudet dans la *Mule du Pape*.

Le groupement d'entreprises Valerian et Guintoli fut chargé d'étudier et de réaliser cette installation. Le projet était ambitieux; rarement autant de difficultés se sont cumulées :

- ◆ installer un transporteur qui absorbe les 65 m de dénivelé de la falaise des Angles;
- ◆ franchir une ligne SNCF (rive droite Lyon-Nîmes);
- ◆ passer au-dessus d'une route départementale;
- ◆ construire un transporteur courbe de 2250 m;
- ◆ franchir le Rhône, large de 400 m;
- ◆ au total installer 3462 m de convoyeurs répartis en six ensembles.

Après une consultation des grands constructeurs de transporteurs, le groupement a choisi pour cette réalisation le bureau d'études A.M.I qui proposait des solutions innovantes et originales aux problèmes rencontrés.

Après trois mois d'études, les montages commencèrent en janvier 1997 pour se terminer en mai 1997 par une mise en exploitation en juin 1997.

■ LES SOLUTIONS TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE

Définition des performances de l'installation

Pour transporter les deux millions de tonnes, le groupement opta pour un débit moyen de 550 t/h compatible avec un travail à deux postes et – conseillé par le constructeur –, il choisit d'utiliser une bande de 800 mm de large avec une vitesse linéaire de 2,8 m/seconde. La largeur de la bande imposant une "blocométrie" égale ou inférieure à 250 mm, une station de concassage fut installée en amont de l'installation pour traiter le calcaire provenant des déblais rocheux.

La descente de la falaise des Angles (T1) (figure 1)

Elle est assurée par un transporteur suspendu à des câbles lancés entre deux pylônes respectivement situés en haut de la falaise et dans la plaine, 65 m plus bas.

Ainsi défini, ce transporteur présente une pente de 16°. La bande qui repose sur des rouleaux Valrol (figure 2) supporte ainsi très bien cette configuration nettement plus souple que l'installation d'un transporteur habituel reposant sur des palées et charpentes fixes.

Le groupe motoréducteur d'entraînement placé en pied au sommet de la falaise travaille en frein. Le moteur qui fonctionne en génératrice hypersynchrone produit de l'énergie (environ 50 kW/h) réutilisée sur le fonctionnement de l'installation de concassage.

Le franchissement de la voie ferrée rive droite (T2)

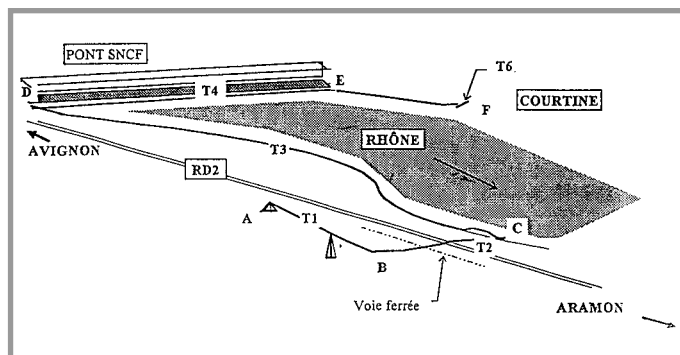
L'entreprise opta pour le fonçage avec des définitions techniques imposées par la SNCF très rigoureuses : la distance entre le talon du rail et le

Le transporteur en courbe sur la digue CNR et le pont métallique SNCF

Curve conveyor on the CNR embankment and the railway bridge



Figure 1
Plan de masse
Layout





remplace

sommet du fonçage devait être supérieure ou égale à 4 fois le diamètre de la buse de fonçage. Une buse de 1,40 m permettait de s'affranchir du problème; le type de transporteur choisi s'inscrivant parfaitement dans cette buse.

Installation d'un transporteur de 2250 m sur la rive droite du Rhône

Installé sur une digue CNR, ce transporteur s'inscrit sur une courbe d'un rayon de 1000 m. Il est posé au sol avec trois groupes motoréducteurs de 75 kW chacun en tête pour l'entraînement, et un groupe de 75 kW en pied pour la tension du brin de retour.

Les contraintes induites dans la bande imposent pour ce transporteur le choix d'une bande à trame métalliques (Metaltrans M800 D4 + 3).

L'utilisation des rouleaux suspendus Valrol amène une grande souplesse dans l'installation et le réglage d'un transporteur courbe.

La traversée du Rhône T4

Le fleuve large de 400 m représentait un obstacle important. La solution astucieuse a consisté à suspendre le transporteur en encorbellement au pont SNCF emprunté par la ligne Avignon-Nîmes.

Ce pont métallique qui date du siècle dernier est essentiellement constitué de fers plats et cornières rivés entre eux. Il est toutefois très robuste car les services d'exploitation de la SNCF ont donné leur accord pour l'utiliser comme support du transporteur avec une seule réserve : ne pas souder ou percer les charpentes du pont; toutes les fixations ont été faites par éclissages.

Acheminement rive gauche et stockage du matériau (T5 et T6)

Du pont SNCF, un convoyeur de 300 m achemine les matériaux jusqu'au transporteur de mise en stock T6. Le stockage est réalisé en "haricot" avec un volume disponible de 5000 m³.

Sécurité et contrôle du fonctionnement de l'installation

Dès la conception de l'ouvrage, le groupement d'entreprises et la SNCF ont fait appel à des bureaux de contrôle (Socotec et Veritas) pour s'assurer que



Figure 2
Détails d'utilisation
de la guirlande Valrol
Details of Valrol
festoon system used

toute l'installation était correctement calculée avec une réalisation conforme à la législation en cours. Un automate programmable placé en tête de l'installation pilote tout le fonctionnement. Un câble coaxial (bus) suit tous les transporteurs et collecte toutes les informations (arrêt d'urgence, bourrage de goulottes, survitesse et déport de bande). Toutes les pièces mécaniques en mouvement sont rendues inaccessibles et une cablette reliée à un arrêt d'urgence suit chaque transporteur. La puissance électrique globale de l'installation est de 580 kW. Pour la fourniture d'énergie électrique les cabines de transformation sont placées à proximité des têtes motrices.

LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

L'installation a rendu le service attendu et l'objectif initial fut atteint. Néanmoins, à la mise en ex-

**Le passage
sous la voie ferrée
*Crossing
under the railway***



**Falaise des Angles -
Le transporteur
suspendu
*Falaise des Angles cliff
- The suspended
conveyor***



**Falaise des Angles -
Le transporteur
suspendu
*Falaise des Angles cliff
- The suspended
conveyor***



**Descriptif
du transporteur
à bandes
*Belt conveyor
specifications***

Granulométrie	Matériau	Densité	Débit (t/h)
0/250	Calcaire	1,4	550
0/120	Calcaire	1,4	550
0/60	Calcaire	1,4	550

►
ploitation des problèmes imprévus à l'étude sont apparus, à savoir :

- ◆ la mise en service et les réglages longs et délicats. Ces opérations – toujours sous-estimées – demandent pourtant beaucoup d'observations et réglage de l'ensemble des paramètres de fonctionnement s'est déroulé sur plusieurs mois. Mettre au point 3500 m de transporteurs est certainement bien plus difficile que de maîtriser le fonctionnement d'échelons de pelles et de dumpers...

- ◆ le bruit et la poussière. Particulièrement la nuit, le bruit des jetées dans les goulottes de transfert apportait une nuisance aux habitations voisines et le groupement a dû habiller les goulottes de pavés caoutchouc.

Le mistral fréquent dans la région amenait beaucoup de poussière. L'arrosage des matériaux, particulièrement au stockage était indispensable.

- ◆ la puissance électrique appelée par l'installation. Le système de rouleaux Valrol – s'il résout bien des difficultés – engendre plus de résistance à la traction des bandes et l'augmentation des puissances initiales sur les T3 et T4 fut nécessaire.

D'autre part, les systèmes de démarrage électrique classiques se sont avérés insuffisants sur les grands convoyeurs T3 (2 250 m) et T4 (400 m). Le groupement a dû installer des démarreurs à variation de fréquence ou variateur de vitesse qui confèrent aux moteurs asynchrones des caractéristiques de couples, similaires aux moteurs à courant continu. Pendant les phases transitoires de démarrage (60 secondes) ils permettaient de disposer d'un couple égal à 2 fois le couple nominal du moteur en limitant l'appel d'intensité à 3 fois l'intensité nominale.

- ◆ la blocométrie. Sur ce type de matériel, il est important de maîtriser la blocométrie et d'éliminer tous les blocs de dimension supérieure à 250 mm. La présence de "poissons" constitués de plats échappant à la réduction d'un concasseur à mâchoires peut engendrer de grands désordres (déchirures de bande, arrachages de rouleaux, bourrages dans les goulottes...). Il est nécessaire de disposer d'un concasseur giratoire en secondaire.

LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU TRANSPORTEUR

- Longueur du transporteur : 3560 m
- Vitesse du tapis : 2,8 m/s
- Puissance absorbée : 495 kW
- Temps de passage du produit : 20 mn
- Stock tampon concasseur : 5 000 m³
- Stock tampon Courtine : 5 000 m³

CONCLUSION

A l'automne 98, l'installation s'arrêtait après avoir transporté deux millions de tonnes de déblais rocheux.

Il faut préciser que pour des chantiers de grands terrassements, ce type de matériel, lourd d'investissements, est peu utilisé sauf pour résoudre des problèmes d'environnement bien particuliers. L'amortissement correct de ce type d'installation ne peut se faire que sur de grandes quantités de matériaux à transporter.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

SNCF - Ligne Nouvelle 5

Maitre d'œuvre

SNCF

Groupement d'entreprises

Valérien (pilote) - Guintoli

Bureau d'études (transporteurs)

A.M.I (Meyse - Ardèche)

ABSTRACT

Lot 22 - TGV Mediterranean. A belt conveyor replaces 85,000 semi-trailers

J.-Cl. Redon

The article describes a large conveyor installation set up to solve environmental problems in connection with the TGV Mediterranean high-speed train project.

This installation, 3,500 m long with six conveyors, has a capacity of 550 t/h of 0/250 products allowing the solution of the following problems :

- descent of a cliff with a level difference of 65 m ;
- crossing of a railway line by boring ;
- comply with a curve of 2,250 m ;
- cross the Rhône river.

After having handled 2 million tonnes of rocky materials as called for initially, the installation will be shut down in September 1998.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Baulos 22 – Hochgeschwindigkeitsstrecke TGV Mittelmeer. Ein Gurtförderer ersetzt 85 000 Sattelzüge

J.-Cl. Redon

Im vorliegenden Artikel wird eine Großförderanlage beschrieben, die zur Lösung der Umweltprobleme im Rahmen des Baus der Hochgeschwindigkeitsstrecke TGV Mittelmeer eingerichtet worden ist.

Diese 3500 m lange, sechsteilige Anlage hat 550 t/h von 0/250-Gut befördert und folgendes bewerkstelligt :

- Herabfördern von einer Steilwand über einen Höhenunterschied von 65 m ;
- Unterquerung einer Eisenbahnstrecke
- Kurvenverlauf über 2250 m ;
- Überquerung der Rhône.

Nach dem erfolgreichen Transport der ursprünglich vorgesehenen 2 Mio. Tonnen felsiger Aushub wurde die Anlage im September 1998 außer Betrieb genommen.

RESUMEN ESPAÑOL

Lote 22 - TGV Mediterráneo. Un transportador de cinta sustituye a 85 000 semirremolques

J.-Cl. Redon

En este artículo se describe una instalación de grandes transportadores implantada para resolver los problemas medioambientales en el contexto de las obras del Tren de Alta Velocidad "TGV Mediterráneo".

Esta instalación, de una longitud de 3 500 m, compuesta por seis transportadores ha permitido obtener un rendimiento de 550 toneladas por hora de una granulometría de 0/250, que ha permitido resolver los problemas siguientes :

- descenso de un acantilado de 65 m de desnivel ;
- paso en túnel de una vía férrea ejecutado por perforación ;
- salvar una curva de 2250 m ;
- atravesar el río Ródano.

Tras haber transportado los 2 000 000 de toneladas de materiales rocosos extraídos, inicialmente previstos, esta instalación fue dada de baja en septiembre de 1998.

A 20 – Montauban - Brive

Section Cahors Nord - Souillac

Minage et respect du

Sept millions de mètres cubes de déblais, dont la majorité dans le rocher, sont à terrasser sur une longueur de 24 kilomètres pour réaliser le chantier du TOARC 3.3 (Terrassements, ouvrages d'art, et rétablissement de communications) de l'autoroute A20 entre la rive sud de la Dordogne à Souillac et la tranchée couverte de Sol de Roques à Labastide-Murat (figure 1).

Les travaux – pour lesquels le maître d'ouvrage Autoroutes du Sud de la France a confié la maîtrise d'œuvre à Scetauroute et l'exécution au groupement d'entreprises Razel Frères (mandataire) et GTM Construction –, ont démarré en septembre 1998 et doivent s'achever au mois de juin 2000. Ils mobilisent actuellement 350 personnes et un parc matériel de 100 machines composé principalement de cinq échelons de pelles de 75 t et deux de pelles de 50 t. Ces pelles sont accompagnées de tombereaux rigides type Cat 773 et 769 et de tombereaux articulés type Volvo A40 et A35.

La plupart de ces matériels travaillent en double poste, permettant d'atteindre la production journalière de 40000 m³ de déblais rocheux, qui nécessite une organisation sans faille des travaux de minage.

Les objectifs de rendement en minage sont cependant à concilier avec une parfaite maîtrise de la blocométrie et un respect constant du milieu naturel.

Photo 1
Le déblai de Villeneuve
The Villeneuve cutting



Figure 1
Plan de situation du chantier
Location

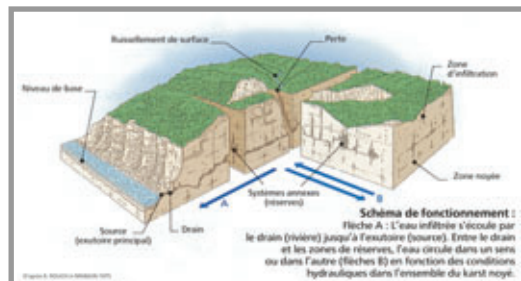


Figure 2
Principe du système karstique
Principle of karstic system

■ INTÉGRATION DANS LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

La section Cahors Nord - Souillac (45,9 km) de l'autoroute A20 Montauban - Brive, s'étend en totalité dans le département du Lot. En ce qui concerne le tronçon du TOARC 3.3, les formes du relief se distinguent par deux morphologies principales.

Le causse de Gramat constitue le premier tiers sud du chantier. Il s'agit d'un plateau (altitude moyenne de 350 m) au paysage karstique, que l'érosion a sculpté dans les terrains sédimentaires marno-calcaires du kimméridgien élevé (jurassique supérieur). Cet étage montre des alternances de bancs métriques de calcaires micritiques et de marnes grises décimétriques (photo 1).

La partie nord du tronçon s'inscrit dans une vallée sèche principale et se termine au bord de la Dordogne (photo 2). Cette vallée très sauvage appelée "Combe de la Dame" entaille profondément le plateau du causse (altitude moyenne du fond : 120 m). Les versants souvent recouverts de castines (grèzes) sont constitués par des formations calcaires oolithiques et micritiques (oxfordien à kimméridgien basal) formant quelques fois des falaises, et généralement karstifiées.

Dans un souci d'intégration au milieu naturel et de réduction de l'impact visuel, le maître d'ouvrage a choisi d'accrocher l'autoroute aux versants abrupts de la Combe de la Dame. Le tracé évite d'empiéter sur les terrains agricoles du fond de la vallée et de constituer un effet de barrière massive (photo 3). Cette démarche a été approfondie en intégrant à certains déblais, un talus subvertical (pente de 1H/5V) dans les calcaires massifs sur des hauteurs de 10 à 25 m, qui permet de réduire l'emprise de l'autoroute sur les terrains boisés.

■ ASPECTS ARCHÉOLOGIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Le paysage karstique de la vallée sèche de la Combe de la Dame, ainsi que la proximité de la Dordogne, furent en d'autres temps des lieux privilégiés pour le développement d'habitats, aussi bien cavernicoles, que plus traditionnels.

Les fouilles archéologiques entreprises systématiquement avant le démarrage des travaux ont, de par la richesse en indices de quelques sites, conduit à mener des fouilles de sauvegarde, dont certaines sont toujours en cours, nécessitant une adaptation

Tronçon Sol de Roques - Dordogne milieu naturel

Marc Petit



DIRECTEUR
DU CHANTIER A20
Razel Frères

François Hocquaux



INGÉNIEUR -
RESPONSABLE QUALITÉ
Razel Frères

du planning et du phasage du chantier. Le système karstique en vigueur sur toute la longueur du tracé nécessite une vigilance particulière pour prévenir les infiltrations de fluides, notamment d'hydrocarbures vers les écoulements souterrains (figure 2).

Certaines zones du tracé sont interdites à toute installation, et les entreprises ont mis en œuvre des procédures de prévention et d'intervention en cas de pollution accidentelle. Ainsi, les eaux provenant des ateliers mécaniques, des zones de stockage et des aires de lavage sont systématiquement collectées, décantées et déshuilées. Le personnel d'encadrement du chantier dispose dans les véhicules de kits antipollution, qui permettent une intervention rapide en cas de fuite accidentelle d'un engin. Les dispositions relatives à l'application de la loi sur l'eau ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral, dont la mise en œuvre est supervisée par la M.I.S.E. (Mission inter service de l'eau).

L'ensemble du dispositif de protection de l'environnement mis en œuvre pendant les travaux est consigné et détaillé dans le PRE (Plan de respect de l'environnement).

■ LES DÉBLAIS

Préparation

Situées dans certains cas à plus de 40 m de hauteur avec une pente du terrain naturel supérieure à 60 %, les entrées en terre des déblais nécessitent des préparations spécifiques. Une piste d'accès est créée, après minage, par terrassement en jet direct au bouteur et à la pelle hydraulique. Les premières passes de déblai d'une hauteur unitaire de trois mètres sont évacuées aux tombereaux articulés 6 x 6 offrant une bonne aptitude au franchissement de fortes déclivités.

Talus raidis (photo 4)

Le choix des déblais pouvant être raidis a été réalisé à partir des données du dossier géotechnique, en prenant en compte les valeurs des vitesses sismiques enregistrées lors des sondages diagrapiques (> à 3000 m/s). Cette première phase a permis de sélectionner les déblais présentant une hauteur de matériaux calcaires altérés la plus faible possible, et un massif calcaire important, homogène et peu fracturé.

La deuxième phase, la plus complexe, a été de ca-



Photo 2

L'extrémité nord du chantier.
Au premier plan la Dordogne

*The north end of the project.
In foreground, the Dordogne river*



Photo 3

Le tracé
dans la Combe de la Dame

*Route
in the Combe de la Dame*



Photo 4

Talus raidi
dans le déblai
de Pech Guidon

*Steep slope
in the Pech Guidon cutting*

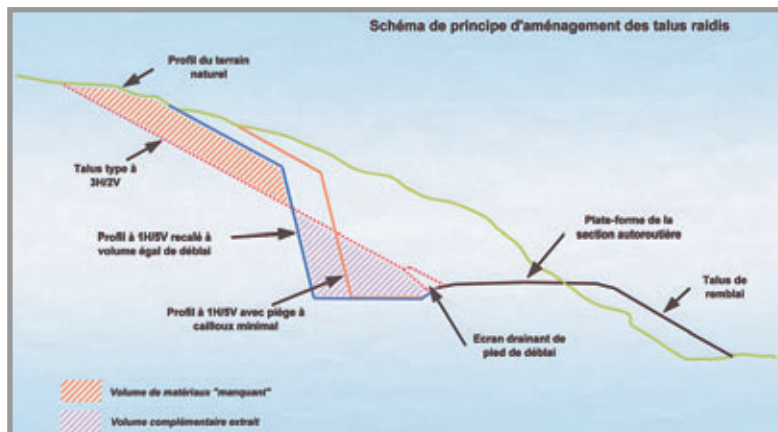


Figure 3
Principe
d'aménagement
des talus raidis
*Steep slope
preparation principle*



Photo 5
Foreuse dans le déblai de Combe Nègre
*Drilling machine
in the Combe Nègre cutting*



Photo 6
Déblai de Pene et remblai de Loupiac
(45 m de dénivellée du terrain naturel)
*Cut in Pene and fill in Loupiac
(45 m difference in level of natural ground
sand)*



ler la position du talus subvertical par rapport au bord de chaussée en conciliant les trois paramètres suivants (figure 3) :

- ◆ dimension minimum du piège à cailloux définie par étude de trajectographie, permettant d'assurer la sécurité de l'ouvrage en exploitation ;
- ◆ équilibre du mouvement des terres proche des calculs initiaux d'avant métrés réalisés en considérant des pentes de talus à 3H/2V ;
- ◆ optimisation de la position des entrées en terre pour réduire au maximum les emprises déboisées de l'autoroute.

Les travaux de minage peuvent alors être entrepris :

- ◆ minage des matériaux calcaires de couverture par une méthode traditionnelle avec une maille de 9 à 14 m² et extraction ;
- ◆ implantation et foration d'un prédécoupage à l'aide d'une foreuse type Ingersoll Rand LME 500 en 102 mm de diamètre, équipée de barres rigides (guide tube de 96 mm de diamètre), sur une hauteur maximale de 12 m au pas variable de 1 à 1,5 m. Ces dispositions permettent de minimiser les déviations de forage dues à la nature structurale du massif calcaire ;
- ◆ foration du tir en masse en utilisant une maille de 9 à 14 m² sur une hauteur maximale de 6 m ;
- ◆ tir séquentiel avec amorçage initial de la ligne de prédécoupage chargée au boudin de gel type Sygmalite (charges de 560 g/ml reliées par cordeau détonant de 10 g/ml).

Minage

Outre les spécificités décrites précédemment, le minage est l'activité prépondérante pour la réussite du chantier tant du point de vue des cadences à l'extraction, que de la blocométrie des matériaux. Les moyens mis en place par les entreprises reposent sur cinq ateliers en double poste et deux à la journée. Ces ateliers sont placés sous l'autorité de deux chefs mineur et quatre boutefeux, encadrés par un ingénieur en minage chargé de l'établissement des plans de tir, et de la coordination avec le service Méthodes du chantier. La foration s'effectue en diamètre 115 mm pour une maille variant de 9 à 14 m² sur une hauteur de

6 m. La charge spécifique moyenne est de 300 g/m³ avec le plan de chargement type suivant :

- ◆ une cartouche de gel type Nitram 9 pour la charge de pied ;
- ◆ la colonne est chargée en nitrate fuel vrac fabriqué *in situ* ou Nitram 5 pour les tirs en présence d'eau ;
- ◆ le bourrage est constitué de gravillon 5/15 sur une hauteur de 2,5 à 3 m, permettant de diminuer les projections, tout en améliorant le rendement de l'explosif.

Tous les tirs sont séquentiels avec amorçage en fond de trou par détonateurs électriques Daveydet à court retard (photo 5).

La production journalière de matériaux minés atteint 40000 m³ pour une consommation mensuelle d'explosifs d'environ 240 tonnes.

Les tirs en zones d'habitations, dont certaines datent du XV^e siècle, ou à proximité des ouvrages d'art en construction, font l'objet d'enregistrement de vibrations sur les structures par capteurs tridirectionnels mesurant les niveaux zéro – crêtes de la vitesse de vibration. Les plans de tirs sont adaptés aux seuils limites admissibles qui varient de 0,5 à 8 mm/s.

LES REMBLAIS PARTICULIERS

(photo 6)

Remblais de grande hauteur

Des méthodes spécifiques pour la construction des remblais et notamment ceux de grande hauteur ont été adoptées plus particulièrement dans la partie sud du chantier du fait de la nature marno-calcaire des matériaux à réutiliser. En effet cette hauteur dépasse fréquemment les vingt mètres et peut atteindre quarante-cinq mètres pour le remblai de Font Neuve à Labastide-Murat.

Les mesures prises permettent de réduire au maximum l'indice des vides au sein du remblai et donc d'augmenter les paramètres de stabilité. Les matériaux utilisés sont issus de déblais de la section courante classés selon le GTR (Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme – Setra 1992) en R2/R3, et donnant après mise en œuvre un matériau classé D3 à C2B5 dont les paramètres de mise en œuvre sont définis en fonction des niveaux :

- ◆ la partie du remblai, comprise entre la base et moins 20 m est constituée par des matériaux ayant un diamètre maximum de 300 mm, mis en œuvre en couche de 0,45 m maximum, compactée par un compacteur type VM5 avec une énergie intense ;
- ◆ le remblai compris entre moins 20 et moins 6 m admet des matériaux, dont le diamètre maximum est de 400 mm et mis en œuvre par couches de 0,60 m avec un compactage intense ;
- ◆ la partie haute de l'ouvrage (- 6 à - 1 m) est consti-

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Autoroutes du Sud de la France (ASF)

Maitre d'œuvre

Scetauroute Centre Sud-Ouest

Entreprises

- Razel Frères (mandataire)
- GTM Construction

tuée par des matériaux R2, R3 sans dispositions particulières autres que celles prescrites par le GTR;

◆ la partie supérieure des terrassements (P.S.T.) est construite avec des matériaux R21 ou R22 avant extraction, avec un diamètre maximum de 300 mm, et une valeur de bleu inférieure à 0,1.

Remblais dilatants

Une autre particularité concerne les remblais en zones karstiques, dits remblais dilatants, qui sont mis en œuvre sur assise karstique. Ils sont constitués par des matériaux R21 ou R22 (selon le GTR), dont le diamètre maximum est inférieur à 300 mm, avec une valeur de bleu inférieure à 0,1, une courbe granulométrique définie par son coefficient d'uniformité ($3 < Cu < 8$) et un pourcentage maximum de fines (fraction inférieure à 0,08 mm) de 8 %. Ces matériaux sont régalez par couches de 0,45 m. Ces dispositions permettent de créer un effet de voûte au-dessus des anomalies potentielles, qui est rendu possible par une forte cohésion des matériaux.

Remblais techniques

Citons également le remblai de la culée sud du viaduc de la Dordogne. Il s'agit d'un remblai d'une hauteur de 16 m par rapport au terrain naturel avec des pentes de 45°, constitué par une grave calcaire 0/150 R21 selon le GTR élaborée sur le site, formant un noyau homogène sous l'assise de la culée dans le remblai courant en 0/300. Des études spécifiques, menées sur des planches d'essais et par sondages pressiométriques ont permis de définir la méthodologie de mise en œuvre du remblai et le niveau de purge sur lequel il doit s'appuyer (6 m en dessous du terrain naturel). Les matériaux 0/150 du remblai technique et les matériaux 0/300 du remblai courant sont mis en œuvre en couche de 0,50 m d'épaisseur et compactés avec une énergie intense.

Des mesures de contrôle de portances sont réalisées tous les mètres afin de vérifier les prescriptions suivantes : $EV2 > 120$ MPa et $k < 2$. Après achèvement, un sondage pressiométrique est effectué dans le matériau 0/150, avec mesures du module pressiométrique tous les mètres et établissement d'une corrélation avec les valeurs des essais à la plaque.

ABSTRACT

A 20 motorway between Montauban and Brive Cahors North - Souillac section. Sol de Roques - Dordogne section. Mining and compliance with the natural environment

M. Petit, Fr. Hocquaux

Seven million cu. m of cuttings, mostly in rock, are to be handled along a length of 24 km to complete the earthworks and current structures part of the project (Lot 3.3, Earthworks, structures and re-establishment of communications) for the A 20 motorway between the south bank of the Dordogne in Souillac and the cut-and-cover section of Sol de Roques at Labastide-Murat. The works – for which the client (Autoroutes du Sud de la France) chose Scetauroute as the contracting agency, with execution going to the consortium of Razel Frères (contract holder) and GTM Construction – began in September 1998 and are slated for completion by June 2000. Major human and material resources (two-shift working) are being mobilised - 350 people and a base of 100 machines – to meet the daily production target of 40,000 cu. m of rock cuttings, calling for very reliable organisation of blasting operations. The blasting output targets call for perfect mastery of blasting calculations, and compliance with the natural environment.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Autobahn A 20 : Montauban – Brive Bereich Cahors Nord – Souillac. Abschnitt Sol de Roques – Dordogne Sprengtechnik und Umweltschutz

M. Petit, Fr. Hocquaux

7 Mio. m³ Aushub, zum größten Teil Fels, sind über eine Länge von 24 km zu bewegen, um das Bauwerk TOARC 3.3 (Erdarbeiten, Ingenieurbauten und Wiederherstellung der Verbindungen) der Autobahn A 20 zwischen dem Südufer der Dordogne in Souillac und dem abgedeckten Einschnitt von Sol de Roques in Labastide-Murat abzuwickeln. Die Arbeiten – für die der Bauherr Autoroutes du Sud de la France die Scetauroute mit der Generalunternehmer-

schaft und die Arbeitsgemeinschaft Razel Frères (Bevollmächtigter) und GTM Construction mit der Ausführung beauftragt hat – haben im September 1998 begonnen und sollen im Juni 2000 abgeschlossen sein. Es werden beträchtliche Mittel mobilisiert – 350 Personen arbeiten zweischichtig mit einem Park aus 100 Maschinen –, so daß eine Produktion von 40.000 m³ Felsenaushub pro Tag bewerkstelligt werden kann. Die Sprengarbeiten müssen dementsprechend einwandfrei organisiert und geplant sein, wobei ihre Leistungsdaten mit einer vollkommenen Beherrschung der sonstigen Aspekte und der ständigen Beachtung der Umweltvorgaben zu vereinbaren sind.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A 20 - Montauban - Brive (Francia) Sección Cahors Norte - Souillac. Tramo Sol de Roques - Dordogne Voladuras y respeto del medio natural

M. Petit y Fr. Hocquaux

Siete millones de metros cúbicos de materiales extraídos, en su mayor parte en terrenos rocosos, sobre una longitud de 24 km se han precisado para ejecutar las obras del TOARC 3.3 (Movimientos de tierras, puentes y estructuras y restablecimiento de las comunicaciones) de la Autopista A 20, entre la margen sur del río Dordogne, en Souillac, y la trinchera abierta de Sol de Roques, en Labastide-Murat. Las obras - para las cuales la entidad contratante Autoroutes du Sud de la France ha encargado la dirección técnica a Scetauroute y la ejecución material a la agrupación de empresas Razel Frères (mandatario) y GTM Construction - se han iniciado en septiembre de 1998 y se deberán terminar durante el mes de junio de 2000. Actualmente se han movilizado importantes medios humanos y de equipos mecánicos (trabajo en dos turnos) - 350 personas y un parque de 100 máquinas - para alcanzar una producción diaria de 40 000 m³ de materiales rocosos extraídos, todo lo cual precisa una organización perfecta de los trabajos de voladura. Los objetivos de rendimiento en cuanto a voladuras consisten, no obstante, en aunar con un perfecto dominio el aspecto de la granulometría de los bloques y un respeto constante del medio natural.

Vers l'optimisation du minage

Utilisation *in situ* d'outils

la mesure et l'optimisation

L'entreprise Jean Lefebvre exploite depuis le début des années soixante-dix une carrière de calcaire située sur le plateau de la Nerthe, à Châteauneuf-les-Martigues (Bouches-du-Rhône). Le volume extrait est de 700 000 m³/an environ. Soixante-dix pour cent de ce volume est destiné à alimenter l'usine sidérurgique de Sollac à Fos-sur-Mer.

L'entreprise TP Spada, sous-traitant minage sur le site, a mis en œuvre début avril 1998 pendant deux semaines une vaste campagne d'essais à l'aide de nombreux outils de mesure et d'optimisation des processus d'abattage. L'article suivant en décrit les principaux résultats.

■ OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'objectif de cette étude a été de tester et de mettre en œuvre sur site quelques outils permettant de mesurer et de quantifier la productivité globale d'abattage d'un tir, tant d'un point de vue économique que d'un point de vue environnemental. Pour que cette productivité soit considérée comme optimale, il faut :

- ◆ que les tirs soient réalisés en parfaite harmonie avec l'environnement ;
- ◆ que chaque charge d'explosifs soit initialisée à son optimum d'énergie ;
- ◆ que la chronométrie de la séquence d'amorçage soit parfaitement étudiée, et respectée ;
- ◆ que la granulométrie du tas abattu soit conforme à l'attente et aux souhaits de l'exploitant ;
- ◆ que les rendements des engins de chargement effectuant les opérations de minage soient optimum.

■ CADRE GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL

La carrière se situe sur le flanc nord de la chaîne de la Nerthe (photo 1).

Les matériaux exploités sont des calcaires beiges coquilliers (rudistes) d'âge barrémien à faciès dit urgonien. Ces matériaux sont très fracturés et karstifiés.

L'analyse structurale montre qu'il existe essentiellement deux grandes familles de fractures liées à la tectonique régionale :

- ◆ N. 130° à N. 65° E. : fractures en compression ;
- ◆ N. 50° à N. 78° E. : fractures en extension.

L'espacement moyen de ces familles de fractures est métrique.

La stratification S.-O. est orientée N. 100 à N. 110° avec un pendage de 40 à 50° vers le nord. Afin d'éviter le risque de glissement banc sur banc, les fronts d'abattage sont orientés perpendiculairement à ces structures (fronts N.-S.).

■ CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Le site se situe sur la commune de Châteauneuf-les-Martigues.

Les premières habitations se trouvent à des distances comprises entre 700 et 1 200 m des principaux fronts d'exploitation.

Afin de limiter les nuisances liées aux tirs sur ces structures, l'exploitant a, en partenariat avec ses différents interlocuteurs (mairie, DRIRE...) établi une concertation avec la population et fait réaliser de nombreuses études sur les vibrations par des laboratoires spécialisés (Antéa...).

Ces études ont conduit l'exploitant :

- ◆ à mettre en œuvre un plan de tir spécifique, que nous dénommerons "plan de tir standard" ;
- ◆ à mettre en place début 1997 sur la structure la plus sensible et la plus proche, un réservoir en béton de la Société des Eaux de Marseille (SEM), un sismographe numérique de type SCS 3 en veille permanente ;
- ◆ à avoir comme ambitieux objectif un niveau de vitesse particulière inférieur à 0,4 à 0,5 mm/s (seuil de perception humaine correspondant d'après les différentes études à une gêne ressentie par la population).

Cet objectif, sur les habitations, correspond sur l'ouvrage en béton de la SEM à un niveau de vitesse particulière inférieur à 0,81 mm/s.

Photo 1
Vue d'ensemble
du site
General view of site



Photo 2
Tas après abattage
Pile after blasting



en carrière permettant des processus d'abattage

Philippe Cappello



RESPONSABLE SECTION
MINAGE/CONCASSAGE
TP Spada

Yann Leboucher

ADJOINT AU RESPONSABLE
SECTION MINAGE/CONCASSAGE
TP Spada

■ MÉTHODE D'EXPLOITATION

L'exploitation est effectuée par abattage à l'explosif de gradins de 15 m et conduit à un tout venant de granulométrie 0 - 1 000 m (photo 2).

Le chargement est assuré par deux chargeurs sur pneu de type CAT 988 F.

Le plan de tir standard comprend un maximum de dix trous de mine en diamètre 115 mm inclinés de 15°. La maille de foration est de 22 m² (5,05 x 4,40). Afin de limiter la charge unitaire, chaque trou comprend deux détonateurs électriques identiques fond de trou. Un exploseur séquentiel génère le retard entre la charge de pied (charge 1) et la charge de colonne (charge 2). Ce retard est de 13 ms entre détonateurs d'un même numéro.

■ CAMPAGNE D'ESSAIS

Treize tirs de mine ont été instrumentés pendant cette campagne. Cinq perforatrices ont été mise au banc d'essais :

- ◆ deux perforatrices fond de trou;
 - ◆ une perforatrice hors du trou;
 - ◆ une perforatrice de type "intermédiaire".
- D'autres perforatrices seront testées dans le futur. Les appareils, logiciels, et produits suivants ont été utilisés sur le site (photo 3) :
- ◆ sondes de mesure de la vitesse de détonation (MRLE et Vodex 100);
 - ◆ sonde Diadème 2;
 - ◆ Boretrak permettant de mesurer la déviation dans les trous de mines;
 - ◆ logiciel WIPJOINT permettant l'analyse de la blocométrie du massif en place;
 - ◆ logiciel WIPFRAG permettant l'analyse de la granulométrie du tas abattu;
 - ◆ sismographe Nomis NCSC 5 300 et 7 000;
 - ◆ sismographe SCS3;
 - ◆ logiciel de calcul de plans de tir QUALITIR;
 - ◆ émulsion explosive type Irémite 8000;
 - ◆ multiamorçage fond de trous;
 - ◆ caméra vidéo et appareil photo numérique.

■ PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Rendements des perforatrices

Les résultats des avancements des différentes perforatrices sont reportés sur la figure 1. Il ressort

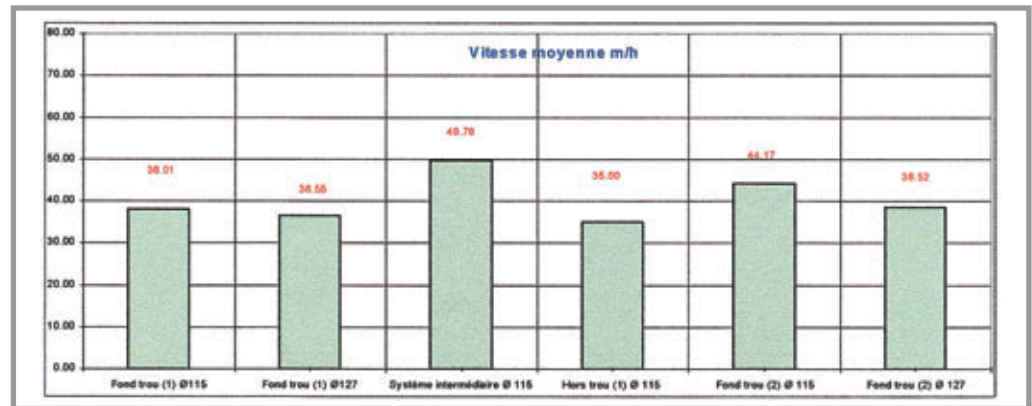


Figure 1
Résultats des avancements
des différentes perforatrices

Progress data for the different boring
machines

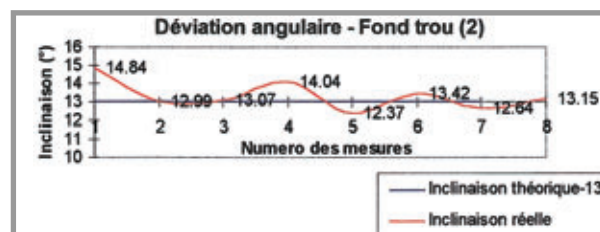


Figure 2
Résultats de mesures de déviation
perforatrice fond de trous

Downhole drill deviation measurement data



Photo 3
Une partie du matériel
utilisé sur le site

Part of the equipment used

principalement de ces essais comparatifs que les perforatrices fond de trou et systèmes intermédiaires sont les mieux adaptés à la foration sur ce site.

Il est toutefois intéressant de noter que sur ces terrains difficiles, les dernières générations de Crawl Hydrauliques, équipés de compresseurs puissants, réussissent des performances honorables.

A noter que ces essais ont été effectués dans un calcaire karstifié et fracturé.

Analyse de la précision de la foration

Un Boretrak a été utilisé pour contrôler la précision de chacune des perforatrices. Cet appareil permet de mesurer la déviation dans un trou de mine en azimut et en pendage (photo 4 et figure 2).



Photo 4
Utilisation du Boretrak
Use of the Boretrak

Date	Heure	Prof. début	Prof. fin	Trou Ø (mm)	Explosif Primaire	Ø (mm)	Q (kg)	Explosif Secondaire	Q (kg)	VOD (m/s)	VOD théorique
Mesure de la VOD de l'Irémite 8000											
17/04/98	11:15	16,5	13,8	127	Irémite 8000	90	25	N135	8	5358	5600
06/05/98	11:05	18	15	115	Irémite 8000	90	25	N135	8	5381	5600
Mesure de la VOD du NF D7 et du NF N135 en fonction de l'amorçage											
17/04/98	11:15	13	10	115	Irémite 8000	90	3	N135	29	désensibilisé	4000
17/04/98	11:15	7,9	5,4	115	Irémite 8000	90	3	D7	25	4174	3900
06/05/98	11:05	10	6	115	Dynamite F16	80	2	D7	33	4163	3900
06/05/98	11:05	18	15	115	Dynamite F16	80	2	N135	27	4906	4000
06/05/98	11:05	10	6	115	Irémite 2500	80	2	D7	33	3922	3900
06/05/98	16:10	18	14	115	Irémite 8000	90	3	D7	32	4200	3900
06/05/98	16:10	10	6	115	Irémite 2500	80	2	N135	27	3800	4000

Tableau I
Variations de la vitesse de détonation des explosifs nitrés en fonction des conditions d'amorçage et du diamètre du trou

Detonation speed variations of nitrate explosives according to priming conditions and hole diameter

Analyse des mesures de vitesses de détonation provenant du tir n° 17

Ce tir a présenté les déficiences suivantes :

- ◆ blocométrie peu satisfaisante;
 - ◆ présence de pied sur la quasi totalité du tir.
- En analysant les vitesses de détonation de ce tir, nous avons pu constater le fonctionnement altéré de la deuxième charge. Il s'agit probablement d'un phénomène de désensibilisation de la cartouche amorcée d'Irémite 8000 par la pression dynamique. Le bourrage intermédiaire étant trop peu important (0,8 m), la charge intermédiaire est désensibilisée par l'onde de choc de la charge de pied.

Concernant la séquence d'amorçage, le plan de tir instaurait un retard de 8 ms entre charges d'un même trou.

Le retard mesuré est 9 ms entre la charge de pied et la charge intermédiaire et de 13 ms entre la charge intermédiaire et la charge de tête (figure 3). Ces mesures confirment que les détonateurs électriques présentent bien une dispersion du retard autour de leur valeur nominale de détonation. Par contre, elle est relativement faible et conforme à l'écart type standard de 3 à 5 ms.

Rôle des différents paramètres du tir sur la granulométrie d'abattage

Mesures blocométriques par analyse d'image

Les mesures de la blocométrie en place du massif et du tas après abattage ont été réalisées à l'aide des logiciels WIPFRAG et WIPJOINT, à partir de photos numériques ou d'extraits de séquences vidéo numérisées.

Comparatif des tirs n°5 et n° 9 (3^e étage)

(figure 4)

Pour le tir n° 5 ($C_s = 191 \text{ g/m}^3$ - $Q_u = 47,5 \text{ kg}$). Le pourcentage de passants inférieurs à 500 mm est de 60 % alors qu'il atteint 78 % dans le cas n° 9 ($C_s = 221 \text{ g/m}^3$ - $Q_u = 59 \text{ kg}$).

La fragmentation augmente avec l'augmentation de la charge spécifique.

Des comparaisons entre différents autres tirs permettent de tirer les conclusions suivantes :

- ◆ le retard entre charge influe sur le rendement granulométrique d'un tir;
- ◆ à charge spécifique équivalente, la granulométrie moyenne d'un tir augmente en adéquation avec l'augmentation de la maille.

Analyse des niveaux de vitesses particulières

Les mesures réalisées en avril 98 sur les vitesses particulières au droit du réservoir SLM montrent que les fréquences prépondérantes sont comprises entre 5 et 30 Hz.

L'analyse des résultats a été réalisée selon la méthode de la charge unitaire qui permet d'établir une corrélation entre la charge maximum qui détone en un instant et la distance du point de tir au point de mesure.

Cette régression est de la forme : $V = K (D/\sqrt{Q})^{-\lambda}$ avec :

V = vitesse zéro crête en mm/s;

D = distance tir-captateur en mètre;

K et λ = paramètres liés au site.

On note cependant une grande dispersion des mesures, en particulier sur la voie V .

Elle indique que les transferts d'énergie sous forme de vibration sont très variables selon les tirs.



Photo 5
Le Minitrap prêt à enregistrer
The Minitrap ready to record

Sur ce site, à l'avenir, il devrait être intéressant de corréler les niveaux de vitesses particulières avec les niveaux d'énergie libérés par différents plans de chargement.

Estimation de la charge prévisionnelle admissible en fonction de la distance

Cette estimation est reportée sur le tableau II.

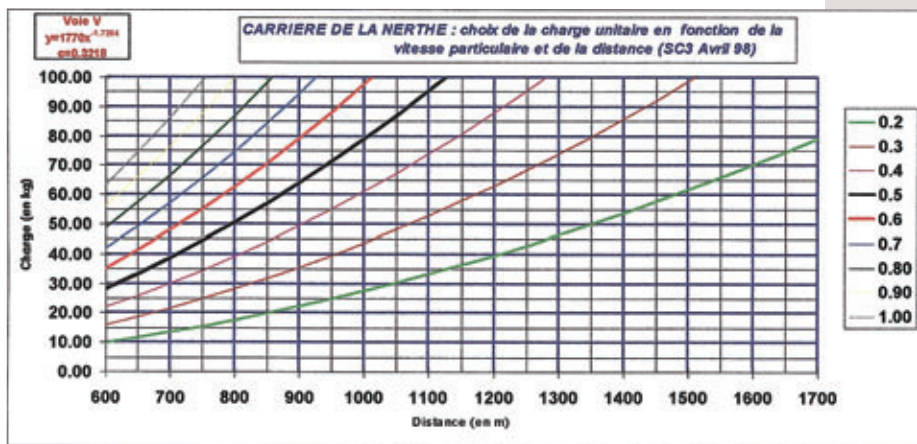


Tableau II
Estimation de la charge prévisionnelle admissible en fonction de la distance

Estimate of permissible provisional load according to distance

ABSTRACT

Towards optimised quarry blasting
In-situ use of tools allowing the measurement and optimisation of the working process

Ph. Cappello, Y. Leboucher

Entreprise Jean Lefebvre has been operating, since the beginning of the 1970s, a limestone quarry located on the plateau of the Nerthe in Châteauneuf-les-Martigues (Bouches-du-Rhône region). The extracted volume is about 700,000 cu. m/year. Fully 70 % of this volume is intended for the Sollac steel mill in Fos-sur-Mer.

Early in April 1998, the company TP Spada, blasting contractor in the field, undertook a broad series of test over a two-week period using many tools for measurements and for optimising the face working process. The article describes the main results.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Optimierung der Sprengtechnik im Steinbruch
in situ-Einsatz einer Instrumentierung zur Optimierung des Abbaus

Ph. Cappello, Y. Leboucher

Seit Anfang der 70-iger Jahre betreibt die Firma Entreprise Jean Lefebvre einen Kalksteinbruch auf dem Nerthe-Hochplateau bei Châteauneuf-les-Martigues (Departement Bouches-du-Rhône). Pro Jahr wird ein Volumen von ca. 700.000 m³ abgebaut, das zu 70 % für die Versorgung des Sollac-Stahlwerkes in Fos-sur-Mer verwendet wird.

Der Subunternehmer für Sprengtechnik dieser Anlage, das Unternehmen TP Spada, hat Anfang April 1998 zwei Wochen lang eine umfangreiche Versuchsreihe durchgeführt, bei der zahlreiche Meß- und Optimierungsinstrumente für die Abbauprozesse zum Einsatz kamen. Im vorliegenden Artikel werden die wesentlichen Ergebnisse erörtert.

RESUMEN ESPAÑOL

Hacia la optimización de las voladuras en cantera
Utilización in situ de herramientas que permiten la medición y la optimización de los procedimientos de arranque

Ph. Cappello e Y. Leboucher

La empresa Jean Lefebvre viene explotando desde principios de los años setenta, una cantera de caliza situada en la meseta del Nerthe, en Châteauneuf-les-Martigues (Bouches-du-Rhône - Francia). El volumen anual extraído se eleva a 700 000 m³, por año, aproximadamente. El sesenta por ciento de este volumen está destinado a alimentar la planta siderúrgica de Sollac, en Fos-sur-Mer.

La empresa TP Spada, subcontratista para las voladuras en la cantera, ha puesto en aplicación, durante dos semanas, a principios de abril de 1998, una amplia campaña de ensayos utilizando para ello numerosos equipos de medición y de optimización de los procedimientos de arranque. Se describen en el presente artículo los principales resultados conseguidos.

Changement des appareils de l'Hôpital à Valence

Un bossage métallique de vérinage

Le changement des appareils d'appui du viaduc de l'Hôpital à Valence constituait une opération délicate pour plusieurs raisons. La forme des piles, parfaitement cylindriques, les descentes de charge de plus de 700 t sur les appuis les plus chargés avaient conduit les études préalables à prévoir un système de vérinage par l'intermédiaire de palées métalliques provisoires. L'entreprise titulaire du marché de travaux a finalement mis en œuvre un bossage rapporté de vérinage constitué de deux mâchoires métalliques reliées par des barres de précontrainte développant une force de serrage de 1 300 t. L'opération s'est déroulée avec succès et la méthodologie employée a amené un gain de temps très appréciable compte tenu des conditions d'exploitation des voies routières concernées.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Les travaux de réfection du viaduc de l'Hôpital ont consisté au changement des appareils d'appui et en la réalisation de travaux sur équipements latéraux de l'ouvrage.

Situé sur la RN7 à l'entrée nord de l'agglomération valentinoise, au franchissement de l'autoroute A7 et de diverses voies communales, le viaduc de l'Hôpital est un pont-route en monocoisson précontraint de 1,80 m de hauteur et de 253,10 m de longueur totale (figure 1). Il est constitué de deux tabliers consécutifs, de 81,10 m et 172 m de longueurs respectives, séparés par une pile-culée intermédiaire. Le premier tablier, au sud, comporte trois travées continues de 2 x 26,85 et 27,40 m, et le second cinq travées de 31,50 - 37,37 - 37,27 - 37,37 et 31,50 m. La largeur de l'ouvrage est de 10,54 m avec une chaussée de 7,00 m. Il fut construit en 1974 et l'une de ses particularités essentielles réside dans le fait que l'ensemble de sa précontrainte (longitudinale, transversale et d'effort tranchant) est constitué de barres nervurées de diamètre 26,5 mm et 32,6 mm suivant le procédé Diwidag de l'époque.

TRAVAUX À RÉALISER

Teneur des travaux

Les travaux de réfection ont consisté à :

- ◆ changer les appareils d'appui de l'ouvrage : les dernières inspections détaillées périodiques de l'ouvrage ayant révélé la présence sur l'ensemble des appareils d'appui de défauts tels gerçures, craquelures, oxydation des frettes et surtout fendages dans les quatre directions, le changement des appareils en néoprène fretté s'avérait nécessaire. Le remplacement des 14 appareils d'appui (deux pour chacune des culées C0 et C8, quatre pour la pile-culée PC3, commune au deux tabliers, et un pour chacune des six piles intermédiaires) restait cependant complexe car aucun dispositif de vérinage ultérieur n'avait été prévu lors de la conception de l'ouvrage. La forme des piles intermédiaires, parfaitement cylindriques, et les dimensions des appareils d'appui mis en place (600 x 1 000 mm pour la majorité des piles intermédiaires), ne permettaient aucune possibilité d'appuis de vérins au niveau des sommiers.

La géométrie des piles se prêtant mal, a priori, à la mise en œuvre de bossages rapportés pour support de vérins, les études de projet avait prévu un vérinage à l'aide de palées métalliques provisoires (figure 2). Les descentes de charges importantes (de l'ordre de 750 t avec une seule voie chargée) ont conduit à retenir la méthodologie suivante :

- substitution du remblai au niveau des appuis jusqu'aux semelles de fondations de l'ouvrage (sur pieux) par massif de gros béton,
- mise en place de palées métalliques provisoires,
- vérinage d'un appui sous entretoises,
- mise sur cales,
- enlèvement des appareils anciens,
- surfacage des bossages,
- mise en place des appareils neufs,
- dévérinage.

La nécessité d'utiliser des palées métalliques interdisait un levage d'ensemble des tabliers car le nombre de palées à mettre en œuvre rendait cette opération économiquement très défavorable et l'encombrement au sol était incompatible avec l'exploitation des voies franchies. Le vérinage était donc prévu appui par appui, avec un maximum de dénivellation fixé à 15 mm.

Une solution de remplacement par des appareils d'appui spéciaux, de type appareils d'appui à pot, n'étant pas envisageable compte tenu de la sur-

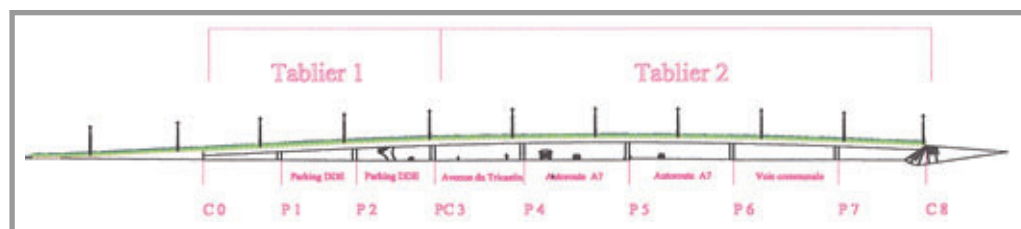
Mise en place des mâchoires du bossage de vérinage

Setup of jacking boss jaws



Figure 1 Profil en long du viaduc

Longitudinal profile of the viaduct



d'appui sur le viaduc

sur des piles cylindriques

élévation qu'il aurait amené à l'ouvrage, le principe de remplacement par des appareils en néoprène a été conservé bien que les dimensions en plan dérogent aux normes actuelles. Les épaisseurs élémentaires de caoutchouc ont par contre été modifiées conformément aux préconisations de la norme, par rapport aux appareils en place (de 20 mm à 16 mm), ce qui a conduit à une légère surélévation globale de l'ouvrage de 4 mm ;

◆ réaliser divers travaux sur les équipements de l'ouvrage :

- refaire le système d'assainissement de l'ouvrage et supprimer les dalles préfabriquées sur trottoirs,
- renouveler la protection anticorrosion des garde-corps,
- habiller les corniches et réparer les parties de béton dégradées.

Contraintes d'exploitation

Le dossier de consultation des entreprises mettait l'accent sur les contraintes d'exploitation à respecter durant les travaux. La RN7, voie portée, supportant un trafic moyen de 18 000 véh./jour devait subir la neutralisation d'une voie pendant toute la durée des travaux et ce pour deux raisons :

- ◆ d'une part les études préalables du vérinage avaient montré que les contraintes dues à la dénivellation des appuis des tabliers, avec un maximum de 20 mm cumulées à celles des surcharges routières sur deux voies, dépassaient les limites réglementaires fixées dans le BPEL, alors qu'elles restaient acceptables avec une seule voie chargée ;
- ◆ d'autre part la réfection des trottoirs, réalisée parallèlement aux opérations de vérinage, nécessitait également la neutralisation d'une voie de l'ouvrage.

La neutralisation d'une voie de l'ouvrage.

L'autoroute A7, principale voie franchie, avec un trafic moyen de 60 000 véh./jour, devait elle aussi subir des restrictions. En effet, à 2 x 3 voies à cet endroit avec des bandes d'arrêt d'urgence réduites dans les deux sens, l'encombrement des palées provisoires et les travaux préalables de fondations de celles-ci nécessitaient la neutralisation des voies lentes pendant le vérinage des piles P4 et P6 et des voies rapides pour P5. Préalablement à l'établissement du DCE, la Société des Autoroutes du Sud de la France (S.A.S.F.), gestionnaire de la section, avait indiqué les périodes les plus propices aux neutralisations. Deux périodes d'intervention avaient été définies : la première période, de trois semaines en octobre 1998, voyait la neutralisation des deux voies rapides de l'A7, les deux voies lentes étant neutralisées durant la seconde, de quatre semaines à partir du 15 novembre 1998.

PROCÉDURE D'APPEL D'OFFRES

Le DCE incluait donc des délais partiels sur les opérations de vérinage des piles P5 et P4-P6 prévues parallèlement. Il était par ailleurs demandé aux entreprises candidates de tenter de réduire les périodes d'intervention sur les voies autoroutières. A la remise des offres, la majorité des candidats avait répondu avec un vérinage par l'intermédiaire de palées métalliques. L'existence de nombreux réseaux, notamment sur les rives de l'autoroute (réseau d'appel d'urgence, fibre optique, réseau

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

État

Maître d'œuvre

DDE 26 - Service Routes - CDOA

Maître d'œuvre délégué

DDE 26 - Subdivision de l'Équipement de Valence

Entreprise

Groupement Spie-Citra - Cipec - Jean Lefebvre

Sous-traitants

- Somaro (dispositifs de sécurité et réparation de béton)
- SNCBE (protection anticorrosion des garde-corps)

Bureau d'études

Direction technique de Spie Bati-gnolles TP

Contrôle extérieur

Cete de Lyon - Division Ouvrages d'art et Laboratoire régional

Coordination Sécurité

Véritas

Montant du marché : 5 100 000 F TTC dont 1 600 000 F TTC de prestations pour le changement des appareils d'appui

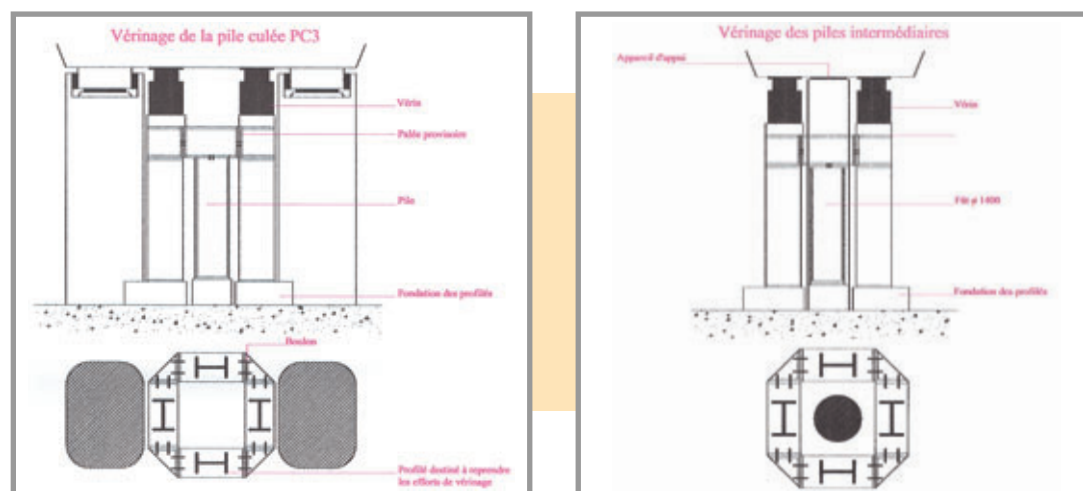


Figure 2
 A gauche : Vérinage de la pile culée PC3. A droite : Vérinage des piles intermédiaires

On left : jacking of abutment pier PC3. On right : jacking of intermediate piers

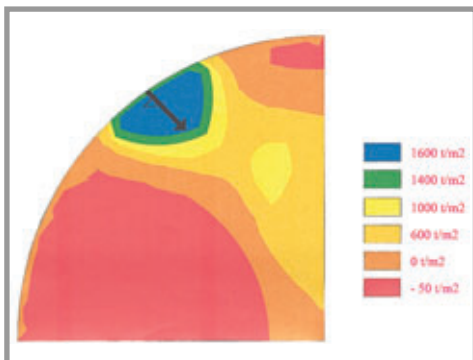


Figure 4
Contraintes principales sur fût de pile
Main constraints

Figure 5
Vérinage sur PC3
Jacking on PC3

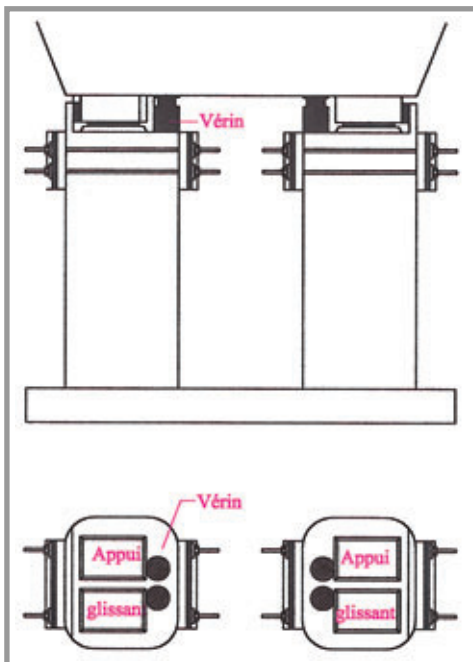


Figure 6
Vérinage sur culées C0 et C8
Jacking on abutments C0 and C8

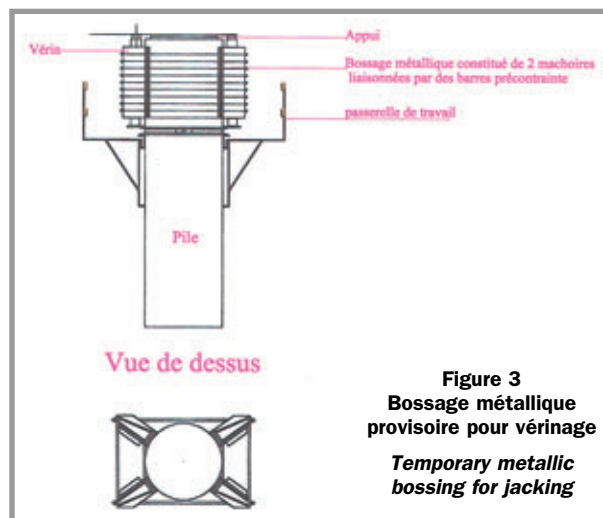
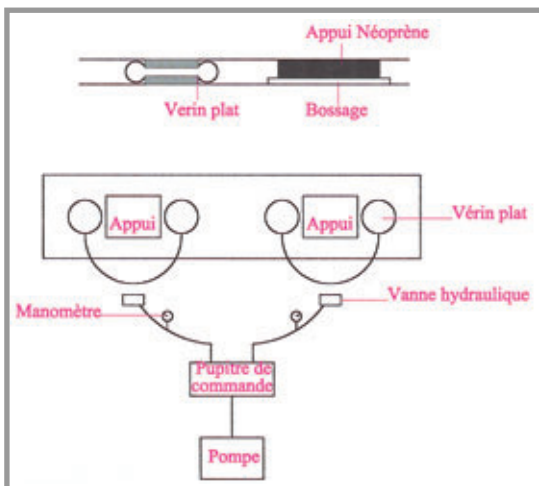


Figure 3
Bossage métallique provisoire pour vérinage
Temporary metallic bossing for jacking



d'assainissement) amenait des travaux de préparation avant implantation des palées et de remise en état après vérinage relativement lourds et aucun candidat, ayant répondu avec cette méthode, ne proposaient de réduction de délais.

Seule l'entreprise Spie-Citra mandataire du groupement Spie - Cipec - Jean Lefebvre avait proposé une méthodologie différente qui consistait à véliner sur un bossage provisoire rapporté (figure 3). Ce bossage était constitué de deux mâchoires métalliques enserrant le fût de pile et liaisonnées par des barres de précontrainte. Le vérinage était prévu par deux vérins de 400 t, posés sur l'outil métallique, de part et d'autre de l'appareil d'appui à changer.

Ce principe avait déjà été rapidement étudié lors de l'établissement du projet de réparation mais avait été délaissé compte tenu de l'importance de la précontrainte de serrage à mettre en œuvre.

L'offre présentée par Spie-Citra était par ailleurs moins-disante non pas grâce à la technique proposée de vérinage qui était en terme de coût équivalente au coût d'un vérinage sur palées mais sur l'ensemble des autres prestations du marché (les opérations de vérinage constituaient environ le tiers financier du marché). Cette entreprise proposant également de réduire le délai des opérations de vérinage des voies autoroutières à 18 jours ouvrables au lieu des 35 jours prévus au dossier de consultation, il convenait d'étudier précisément la technique proposée.

L'offre a donc été analysée avec l'aide de la division Ouvrages d'art du Cete de Lyon, mandaté en tant que contrôle extérieur d'exécution sur cette opération. L'analyse a principalement consisté à définir le coefficient de frottement au contact bossage - fût de piles et à vérifier le comportement de la pile sous l'effort de serrage.

L'application de la norme NFP 95 104, prenant la suite du fascicule du Stress traitant de la précontrainte additionnelle, et les recommandations du Cete ont ainsi conduit à un coefficient global effort de serrage/descente de charge de 2,824 à l'ELS

(en considérant une seule voie chargée sur l'ouvrage correspondant à la situation pendant travaux). La précontrainte de serrage était constituée de 20 barres de 40 mm de diamètre tendues à 0,5 RG en application du fascicule 65A du C.C.T.G. (barre réemployée), développant une force totale de 1300 t. La vérification du fût de la pile sous l'effort de serrage a également posé quelques difficultés. En effet, la forme cylindrique du fût et la géométrie des points d'application ne faisaient pas entrer cette vérification dans un modèle classique de calcul tel l'annexe 4 du BPEL 91 ou de comparaison avec des essais de laboratoire (essai brésilien consistant à solliciter radialement une éprouvette cylindrique). La forme de la pile étant par contre géométriquement simple, un calcul aux éléments finis a été finalement réalisé. Celui-ci a montré l'apparition de faibles contraintes de traction entre les points de contact avec l'outil métallique mais qui ne remettait nullement en cause l'intégrité de la structure (figure 4).

■ RÉALISATION DES TRAVAUX

Les travaux ont débuté le 28 septembre 1998 pour une durée de trois mois. Le vérinage de la première pile, P5 en TPC de l'A7, a eu lieu durant la semaine du 12 au 16 octobre 1998 selon la chronologie suivante qui a été suivie et respectée pour l'ensemble des autres piles intermédiaires (P1, P2, P3, P4, P6 et P7) :

◆ jour 1 :

- balisage des voies neutralisées,
- mise en place des scellements pour levage aux palans de l'outil de vérinage et de la passerelle de travail : chacune des mâchoires métalliques constituant l'outil finalement réalisé avait un poids d'environ 2 t, mesurait 1,90 m de hauteur sur 1,70 m de largeur ;

◆ jour 2 : mise en place de l'outil et réglage à 24 cm sous l'intrados de l'ouvrage puis injection de mortier de type Betec dans les cavités de l'outil spécifiquement prévues au contact avec la pile, mise en tension des 20 barres Ø 40 à 0.5 RG ;

◆ nuit du jour 3 au jour 4 : vérinage de l'ouvrage par pas de 0,2 mm (contrôle aux comparateurs), correspondant à la tolérance transversale de vérinage, jusqu'à une course maximale de 15 mm (en moyenne 10 mm suffisaient), enlèvement de l'ancien appareil d'appui, surfacage du bossage à la résine époxydique, mise en place du nouvel appareil et dévérinage ;

◆ jour 5 : démontage de la passerelle de travail, de l'outil de vérinage et de la signalisation.

Les opérations de changement d'appareils d'appui ont ainsi, pour chacune des piles intermédiaires, duré en moyenne une semaine. Pendant les vérinages et dévérinages qui avaient lieu de nuit, l'ouvrage a été coupé totalement à la circulation. L'outil



Vérinage de nuit de l'ouvrage
Jacking of structure at night

métallique ainsi que les structures des piles et tabliers se sont parfaitement comportés, sans déplacement ou glissement, ni aucune apparition de fissure. La principale difficulté a résidé dans l'enlèvement des anciens appareils d'appui qui avait tendance à adhérer au bossage inférieur. Les surfaces découvertes des bossages se sont par contre révélées en très bon état, ne nécessitant que de très ponctuelles reprises.

Pour la pile-culée PC3, l'outil étant inutilisable par sa spécificité à s'adapter à une forme cylindrique et les descentes de charges étant de l'ordre de 300 t pour chacune des deux lignes d'appuis, le groupement d'entreprises, a adopté une méthode consistant à scier les butées latérales intérieures (les butées extérieures ayant été conservées bien que leur utilité n'aient pas été démontrées par le calcul) et de vériner aux emplacements ainsi dégagés. Les études d'exécution ont montré que préalablement à ce vérinage, l'équilibre du coin nécessitait en phase provisoire un freinage de l'angle (figure 5). Cette opération a été réalisée sans problème et le vérinage a eu lieu simultanément sur les deux lignes d'appuis, ce qui évitait de démonter les joints de dilatation à la jonction des deux tabliers.

Les changements d'appareils d'appui sur culées ont été réalisés par un système classique de vérins plats (figure 6).

CONCLUSION

Au final, les neutralisations sur l'autoroutes A7 ont duré trois semaines au lieu des sept semaines prévues lors de la consultation. Le chantier a démontré que même lorsque l'on se trouve devant une configuration géométrique défavorable, le principe de vérinage par bossage rapporté autour d'éléments cylindriques reste tout à fait réalisable moyennant des études approfondies et donnent d'excellents résultats, tant au point de vue de la réduction des délais que de la qualité des prestations.

ABSTRACT

Changing the bearings on the Hôpital viaduct in Valence
Metallic bossing for jacking on cylindrical piers

Fr. Pawlak

The replacement of the bearings on the Hôpital viaduct in Valence constituted a delicate operation for several reasons. The shape of the piers, perfectly cylindrical, and the vertical loading of more than 700 t on the most heavily loaded bearings, led to the provision of a jacking system using provisional metallic legs. The firm awarded the work contract finally used an add-on jacking boss made up of two metallic jaws connected by prestressing bars developing a clamping force of 1300 tonnes. The operation took place successfully and the methodology used generated a very substantial time saving given the operating conditions of the roads concerned.

DEUTSCHE KURZFASSUNG

Austausch der Lager an der Hochbrücke l'Hôpital in Valence
Stahlbossage als Spannvorrichtung an zylindrischen Pfeilern

Fr. Pawlak

Der Austausch der Lager an der Hochbrücke l'Hôpital in Valence war aus verschiedenen Gründen eine komplexe Angelegenheit. Die Form der Pfeiler (vollkommen zylindrisch) und die Lastabführung von über 700 t auf die am stärksten beanspruchten Lager hatten im Rahmen der Voruntersuchungen dazu geführt, ein Spannvorrichtungssystem über provisorische Stahljochfelder vorzusehen. Das beauftragte Bauunternehmen hat schließlich als Spannvorrichtung eine versetzte Bossage eingesetzt, die aus zwei mit Vorspannstäben verbundenen Stahlbacken, die eine Klemmkraft von 1300 Tonnen entwickeln, besteht. Die Maßnahme ist erfolgreich durchgeführt worden, und die angewandte Methodik hat einen Zeitgewinn gebracht, der unter den gegebenen Straßenverkehrsbedingungen sehr positiv zu bewerten war.

RESUMEN ESPAÑOL

Cambio de los aparatos de apoyo del viaducto del Hospital en Valence
Un almohadillo metálico de maniobra de los cilindros hidráulicos de los pilares cilíndricos

Fr. Pawlak

El cambio de los aparatos de apoyo del viaducto del Hospital, en la localidad de Valence (Francia), ha constituido una operación delicada por varios motivos. La forma de los pilares, perfectamente cilíndricos, los descensos de cargas de más de 700 toneladas sobre los apoyos más cargados ha dado lugar a estudios preliminares destinados a tener en cuenta un sistema de maniobra de los cilindros hidráulicos por mediación de entramados metálicos provisionales. La empresa titular de la contrata de obras ha implementado finalmente un sistema metálico de maniobra de los cilindros hidráulicos, formados por dos mordazas metálicas reunidas por medio de barras de pretensado que desarrollan una fuerza de presión de 1300 toneladas. La operación se ha desarrollado con todo éxito y la metodología utilizada ha permitido obtener una ganancia de tiempo sumamente apreciable, habida cuenta de las condiciones de operación de las vías de tránsito viario existentes.

formation

Les métiers au service de l'environnement ont de l'avenir.

Six jeunes non qualifiés deviennent spécialistes de la conduite d'engins avec le Centre Raymond Bard

Le 9 juillet dernier, six jeunes de moins de 26 ans sont devenus des professionnels reconnus.

Ils ont fini leur formation de conduite d'engins (Tamping), en centre d'enfouissement technique avec en main, un métier d'avenir au service de l'environnement.

Le Centre Raymond Bard, centre de formation ultra spécialisé en conduite d'engins, et centre de formation appartenant à la Profession, s'est vu confier le soin de former ces jeunes sur une durée de 2 mois.

A l'origine de cette action, Adia, le numéro 4 français du Travail Temporaire et Espac, filiale lorraine du groupe SITA, spécialisée dans la gestion globale des déchets. Une formation, un métier, un avenir, c'est toujours possible. Il faut des convictions et la volonté de les mettre en œuvre.

C'est ce que viennent de démontrer, dans un contexte où il s'avère difficile, à certaines périodes de l'année, de trouver du personnel qualifié pour la conduite d'engins de compactage, le Centre Raymond Bard, Adia et Espac en décidant d'engager une démarche innovante et en s'appuyant sur le dispositif Contrat Mission Jeune Intérimaire (CMJI).

En sortant de cette formation, ces jeunes seront donc des spécialistes de la conduite d'engins en Centre d'Enfouissement Technique, métier pointu au service de l'environnement et pourront également exercer leurs compétences au sein des entreprises de Travaux Publics.

2 - Les tamping en action



■ LES TRAVAUX PUBLICS ET L'ENFOUISSEMENT DES DÉCHETS

La démarche va dans le sens d'un rapprochement de 3 branches professionnelles touchant au domaine des services : il s'exerce donc une complémentarité entre les activités dévolues à l'Environnement, aux Travaux Publics, et au Travail Temporaire, ceci dans un but à fois social et économique.

Pour preuve, les aspects techniques liés à l'enfouissement des déchets des entreprises et des collectivités locales.

L'enfouissement nécessite une grande maîtrise



1 - Une alvéole creusée par des scrapers d'une entreprise de terrassement

3 - Le rythme est très soutenu, entre 7 h et 13 h, lorsque les camions viennent benner



professionnelle des engins de compactage afin de garantir une exploitation rigoureuse des sites. Les déchets sont acheminés par camions-bennes sur des sites spéciaux (des normes précises sont requises, comme un terrain argileux, par exemple) dans de très grandes cuvettes. Ces cuvettes ou "alvéoles" sont creusées par des entreprises de terrassement, avec des scrapers et les entreprises de Travaux Publics sont largement sollicitées, en intervenant en amont de tout le processus.

Les déchets ont ceci de particulier qu'ils constituent un matériau à portance très spéciale, car ils font ressort et les compacteurs - tampings doivent s'adapter à cet environnement particulier.

Les Tampings, engins complexes et hybrides, sont de très gros compacteurs, avec la partie antérieure similaire à celle d'un bulldozer, qui poussent, déchiquent et tassent les déchets.

■ LES ACTEURS DE L'OPÉRATION FORMATION-INSERTION

1 - Espac et la gestion des déchets

ESPAC est une filiale Lorraine de 550 collaborateurs du Groupe SITA spécialisée dans la gestion globale des déchets des entreprises et des collectivités locales.

Espac est certifié ISO 9002 pour l'activité de ces 5 C.E.T. : Téting-sur-Nied, Flévy, Lesménils, la Haie Rousse, Hesse sur lesquels la protection de l'environnement (traitement des effluents, préservation des paysages) est essentielle.

Ce principe de formation, tel qu'il a été conduit avec le Centre Raymond Bard, a été reproduit avec

d'autres intérimaires pour les métiers de ripeur (agent de collecte) et de chauffeur poids lourd afin de garantir à Espac la mise à disposition du personnel adapté à la spécialité de ses activités.

En outre, par de tels dispositifs, Espac participe à l'insertion des jeunes soumis à la précarité en leur garantissant une mission longue et une qualification reconnue sur le marché du travail.

2 - Le Centre Raymond Bard, Centre de formation de la Profession

Très connu et apprécié par les entreprises de Travaux Publics de la France entière, il est avant tout un centre de formation à la conduite des engins de travaux publics, appartenant à la Profession. A ce titre, il se fait fort d'apporter des solutions personnalisées aux entreprises qui le sollicitent.

4 - Un des tampings - valeur 3,5 MF



Son pôle de compétence demeure toujours, depuis un quart de siècle, la formation en conduite d'engins de TP, mais se décline désormais en six grands groupes :

- Formations certifiantes en conduite d'engins, à l'attention de salariés n'ayant jamais conduit

ledit engin (niveleuse, pelle, tracto-pelle, chargeuse, trax, bulldozer, compacteur, tombereau, porte-chars).

- Formations "à la carte", suite à un positionnement technique (diagnostic), à l'attention de salariés expérimentés, souhaitant être plus efficaces dans le maniement de leur engin, dans leurs méthodes de production et l'organisation de leur travail.

- Formations "sur site de production", pour des chantiers particuliers : gros chantiers de terrassement avec des scrapers, tampings en déchetterie, etc.

- Formations pour l'encadrement : optimisation de la production sur les chantiers TP, amélioration de la communication.

- Séminaires : compactage des remblais de tranchées, habilitation à la conduite d'engins en sécurité (R372 et R379).

Et pour terminer une prestation particulièrement appréciée par les entreprises, soucieuses d'améliorer leur rentabilité et/ou celles qui sont en démarche qualité :

- Positionnement technique des conducteurs d'engins et positionnement technique des chan-

5 - Agauche, Daniel Hector, un des formateurs du centre Raymond Bard, avec les six stagiaires très fiers d'avoir obtenu leur diplôme



tiers : il s'agit d'un diagnostic toujours réalisé en réel, sur les chantiers de l'entreprise.

Pour les chantiers, c'est l'organisation complète qui est analysée, afin d'apporter des solutions efficaces et rapides, pour une meilleure rentabilité.

En 1998, la prestation la plus remarquable du Centre Raymond Bard a été une formation en scrap-pousseur sur site de production, pour le compte d'un terrassier.

Une plate-forme industrielle de plusieurs hectares a été créée en banlieue de Nancy, avec des jeunes recrutés spécialement pour cette opération.

Ils ne connaissaient rien à la conduite des scrap et des pousseurs. La formation sur site réel a nécessité une bonne intégration du maniement de ces engins, une attention toute particulière quant aux méthodes de production (le chantier, réalisé pour un client devait respecter les délais), et une vigilance extrême, quant à la sécurité.

En effet, la chronologie de réalisation du chantier a imposé la progression pédagogique. Et la réalité du terrain a amené les apprentis-conducteurs à travailler dans des situations extrêmes pour des débutants.

3 - ADIA

En tant qu'acteur dans le domaine des ressources humaines, Adia entend être source d'intégration pour des jeunes dont le besoin est d'acquiescer à la fois " l'esprit d'entreprise ", le " savoir-faire " et le " savoir-être " qu'exige toute activité économique.

D'autre part, dans un contexte où la recherche de compétences " sur-mesure " est une composante obligatoire du succès, les équipes d'Adia ont plus que jamais l'ambition de mettre leur savoir-faire et leur enthousiasme au service des entreprises.

Au travers d'une opération de formation comme celle conduite avec le Centre Raymond Bard, l'objectif d'Adia est et reste d'apporter des compétences supplémentaires à ses intérimaires afin de développer leur employabilité et, d'autre part, d'apporter une réponse à ses entreprises clientes au besoin de personnel compétent sur des postes où la pénurie de candidats est évidente.

La réalisation de la formation

En premier lieu, et ce qui est primordial, un cahier des charges très précis a été élaboré par le Centre Raymond Bard, et soumis aux 2 autres partenaires.

Plusieurs aspects ont été pris en compte :

- Tout d'abord la sécurité : quotidiennement les règles ont été enseignées, rappelés et appliquées.
- L'entretien de l'engin a été l'un des pivots de la formation, sachant que chaque Tamping a une valeur d'environ 3,5 MF.
- La conduite de l'engin proprement dite, pour parvenir à une bonne maîtrise.
- Les méthodes de production adaptées à la spécificité des matériaux que sont les déchets. En effet, leur portance, par rapport à celle d'autres matériaux, présente des spécificités marquées (les déchets constituent une sorte de matelas, très élastique. Les vibrations en sont modifiées).

Pour ce faire, la formation s'est déroulée en deux temps.

D'abord au Centre Raymond Bard, où les stagiaires ont conduit plusieurs types d'engins, avec beaucoup d'exigence : compacteurs, bulldozers, dumpers.

En effet, au travers de cette formation, il fallait aussi les préparer à leur future situation : la cadence est très soutenue entre 7 heures et 13 heures.

Puis en production réelle, au Centre d'Enfouissement Technique, encadrés par Daniel Hector, un des formateurs du Centre Raymond Bard.

Des méthodes pédagogiques, à la fois actuelles et novatrices, ont été utilisées : vidéo, informatique, liaisons radio sur le site de production.

Le Centre Raymond Bard se fait fort d'amener chaque stagiaire au succès.

Il accueille traditionnellement des jeunes, ou des moins jeunes, qui ont connu l'échec dans leur cursus scolaire.

Il développe une pédagogie qui amène chacun aux objectifs définis au départ.

Cela veut dire leur faire connaître le succès et, pour certains, c'est la 1^{ère} fois de leur vie !

En route vers la compétence

Car qu'est-ce qui prédisposait ces six jeunes,

venus d'horizons très différents (formation de cuisinier, chaudronnier, menuisier, etc), à intégrer l'univers exigeant et valorisant de la conduite d'engins de travaux publics, au service de l'environnement ?... Après des parcours chaotiques, et sans avenir assuré, leur seule force a été leur pugnacité à réussir, détectée et soutenue par l'agence d'Intérim Adia de Metz.

Signature d'une convention de partenariat

Le 9 juillet 1999, Martine Belgy, directeur du Centre Raymond Bard, Renaud Chevrier, directeur du service formation de la société Adia, et Eric Fouillaron, directeur général de la société Espac, représenté par Pascal Serrière, signent une convention de partenariat pour la formation des personnels intérimaires participant à l'exploitation des centres de stockage des déchets banals non valorisables gérés par Espac.

Les 3 partenaires signataires de la présente s'engagent à mettre en œuvre tous les moyens propres à assurer tant professionnellement, pédagogiquement que logistiquement, le succès du dispositif Contrat Mission Jeunes Intérimaires désigné.

Par un tel dispositif, le Centre Raymond Bard, Adia, et Espac participent à l'insertion de jeunes soumis à la précarité en leur garantissant une mission longue et une qualification reconnue sur le marché du travail.

Martine BELGY
Directeur du Centre
Raymond Bard

Contact : Martine Belgy, Centre Raymond Bard.
tél : 03 87 00 28 28 fax : 03 87 00 28 29



6 - Signature de la convention de partenariat, le 9 juillet 1999. De gauche à droite, Pascal Serrière, DRH d'ESPAC, Martine Belgy, directeur du Centre Raymond Bard, Renaud Chevrier, directeur de la formation d'ADIA

LE MOT DE J. CRACCO, PRÉSIDENT DU CENTRE RAYMOND BARD

Jacques Cracco, Président du Centre Raymond Bard, et lui-même chef d'entreprise de Travaux Publics, se réjouit de la réussite de cette action.

Il se félicite que six jeunes aient acquis une qualification pointue et recherchée, avec à la clé des emplois.

“ Cette opération de formation nous porte à la réflexion :

notre profession a besoin de sang neuf et il est possible de trouver des jeunes qui aient envie de réussir à la force du poignet.

Ces six jeunes se sont immédiatement impliqués, motivés.

Même si de temps en temps, ils ont eu des petits coups de “ blues ”, parce que ce n'était pas aussi facile que ça.

Le Centre Raymond Bard privilégie la pédagogie du succès. Le 9 juillet, à l'occasion de la remise de leurs diplômes, les jeunes ont fait, sur site de production, une démonstration magistrale de leurs compétences acquises, devant les invités et la presse réunis, assez médusés.

Nos entreprises ont besoin d'équipes qui gagnent, c'est-à-dire d'équipes qui réalisent des chantiers, avec la rentabilité nécessaire à leur développement et avec la qualité souhaitée par nos clients.

Cet exemple nous trace une voie possible.

Si vous, entrepreneur, faites preuve d'innovation, vous avez l'assurance que le Centre Raymond Bard peut vous accompagner...”

Les travaux publics aux États-Unis

Le Department of Commerce des Etats-Unis a dressé un bilan de l'activité BTP en 1998. La construction représente 7,72 % du PIB (657 MDS\$) et enregistre une croissance de 3,8 % en volume par rapport à 1997. En terme de chiffre d'affaires et d'emploi, le secteur de la construction est l'une des industries les plus importantes aux Etats-Unis. Selon le Department of Labour, 4,5% de la population active travaille dans ce secteur et depuis 1992, le taux de chômage y est en baisse. Toutefois, sur l'ensemble des marchés de la construction, la croissance n'est pas homogène.

Sources : Newsletter Bi-hebdomadaire des marchés du BTP et des Transports Américains ; la Vie du Rail.

■ Stabilité de l'activité TP en 1998

En 1998, dans les Travaux Publics, l'activité s'est maintenue (+0,9%). Après six années de croissance, la part des constructions publiques (routes, ponts, réseaux d'eau...) a connu une légère baisse (-0,8%). Le domaine des constructions privées est prometteur pour les années à venir après une période de stagnation entamée en 1992.

■ Hausse du budget alloué aux TP

Le 22 mai 1998, le Congrès a adopté la nouvelle loi de programmation pluriannuelle TEA 21 (Transportation Efficiency Act for the 21st century). Le projet TEA 21 prévoit une enveloppe budgétaire globale sur six ans de 215 milliards de dollars, en hausse de 36,8% par rapport à la loi précédente.

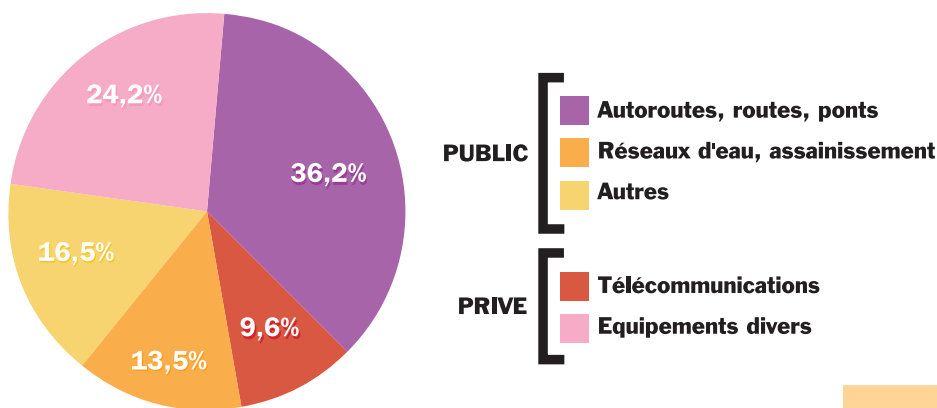
Plus précisément, 175 milliards de dollars sont destinés aux autoroutes, 40 milliards de dollars aux transports en commun et au maintien de 1 850 projets locaux. Pour les prochaines années, le secteur des constructions publiques devrait donc atteindre des niveaux d'investissements exceptionnels.

Toutefois, le marché des Travaux Publics est soumis à des risques liés à sa composante cyclique et il est fortement influencé par l'évolution des taux d'intérêt.

Les 2/3 de la commande proviennent des Etats américains qui lancent leurs investissements en suivant leurs revenus, c'est-à-dire en fonction de leurs recettes fiscales.

Source : Department of Commerce, Bureau of Census

Répartition des Travaux Public par spécialité aux Etats-Unis



Source : Cahners Building & Construction Market Forecast, janvier 1999

	chiffre d'affaires 98 (millions de \$)	Part de marché en 98	Evolution 1997 / 1998	Evolution 1998 / 1999*
Construction publiques	82,8	66,2%	-0,8%	4,6%
Autoroute, routes, ponts	45,3	36,2%	0,2%	6,6%
Réseaux d'eau, assainissement	16,9	13,5%	0,5%	2,3%
Autres	20,6	16,5%	-4,2%	1,9%
Construction privées	42,3	33,8%	4,7%	5,9%
Télécommunications				
Equipements divers	30,3	24,2%	5,3%	6,8%
Total	125,1	100,0%	0,9%	5,0%

* Prévisions

■ Lente progression des partenariats public/privé

Le développement de partenariats public/privé se poursuit à un rythme très lent en raison de freins juridiques et de réticences culturelles. Dans le cadre de la loi TEA 21, de nouvelles opportunités sont offertes aux Etats.

Ainsi, les Etats de la Caroline du Sud et de l'Arkansas envisagent-ils la possibilité d'instaurer des péages sur le réseau d'autoroute fédéral afin de financer leurs investissements.

tels que la connexion avec l'aéroport JFK à New York, les métros d'Atlanta et de Los Angeles, les tramways de Dallas, San Francisco, Saint Louis ou Salt Lake City... La multiplication des projets de transport en commun répond aux problèmes de congestion des villes.

Ces investissements sont souvent financés à 50-60% par le gouvernement, le reste étant à la charge des autorités locales. Des projets ont aussi été financés récemment par un partenariat public-privé.

Source : Department of Commerce, Bureau of Census

Année	TP Construction publique		TP Construction privée		TP global
	Valeur (M\$ courants)	Taux de croissance	Valeur (M\$ courants)	Taux de croissance	Taux de croissance
1994	70,7	4,96%	34,1	-2,4%	2,5%
1995	75	5,95%	35,9	5,3%	5,7%
1996	78,7	5,0%	33,3	-7,3%	1,0%
1997	83,5	6,08%	34,2	2,8%	5,1%
1998*	82,4	-1,25%	36,2	6,0%	0,9%

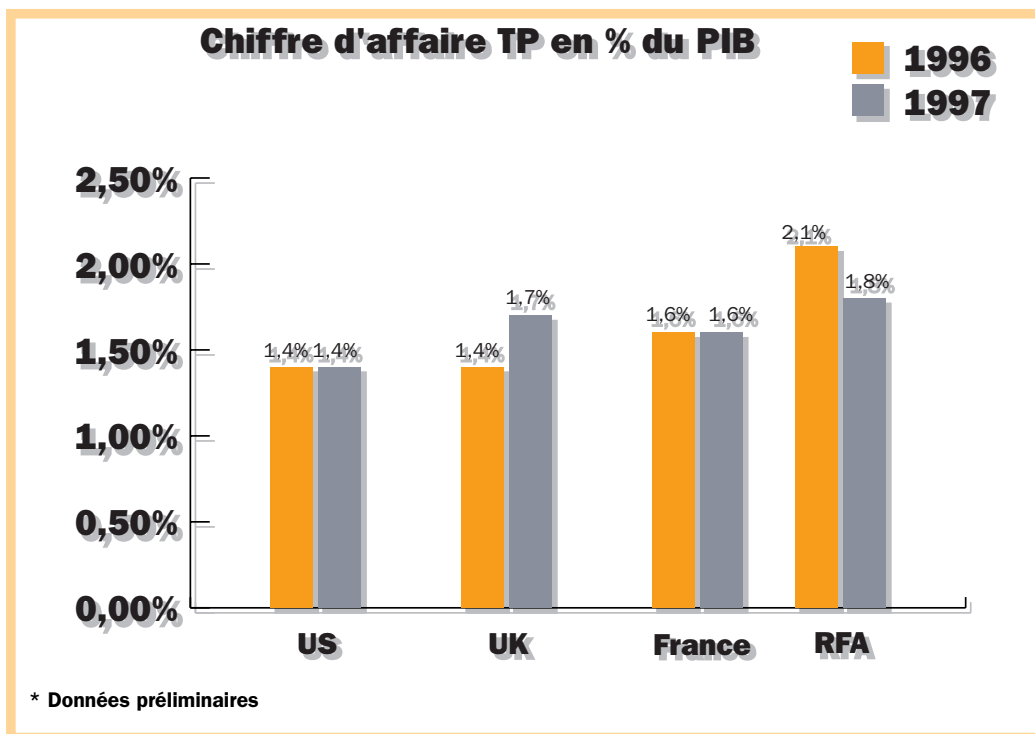
■ Mise en service d'un train à grande vitesse en décembre

Les transports ferroviaires interurbains devraient connaître un renouveau avec la mise en service en décembre prochain du premier train à grande vitesse (250 km/h) des Etats-Unis entre Washington et New York. Ce train à grande vitesse baptisé Acela construit par Bombardier et Alstom est un train pendulaire qui reliera Boston à New York en trois heures contre 4 heures 30 actuellement.

Les responsables des trains Amtrak projettent de développer des liaisons à grandes vitesses. Cinq corridors ont été sélectionnés : Los Angeles-San Diego et la San Joaquin Valley en Californie, l'étoile reliant Chicago aux grandes villes du Midwest, Vancouver-Seattle-Portland, Washington-Charlotte et Atlanta-La Nouvelle Orléans.

Pour lancer des trains à grande vitesse de type Acela sur ces lignes, il n'est nécessaire ni de construire de nouvelles infrastructures, ni d'électrifier celles qui existent. Une locomotive thermique ultra légère offrant des performances similaires à celles de l'Acela est en cours de développement. Grâce à cette technologie, moins onéreuse que le TGV, les Etats-Unis vont peut-être parvenir à développer leur réseau de lignes à grande vitesse.

Source : FNTF



Source : Department of Commerce, Bureau of Census ; Euroconstruct

■ Essor des projets de transports en commun

Dans le domaine des transports publics urbains, des investissements importants sont poursuivis. Les réseaux ferroviaires se développent tout comme ceux des tramways. Il existe de nombreux projets de création ou d'extension de réseaux