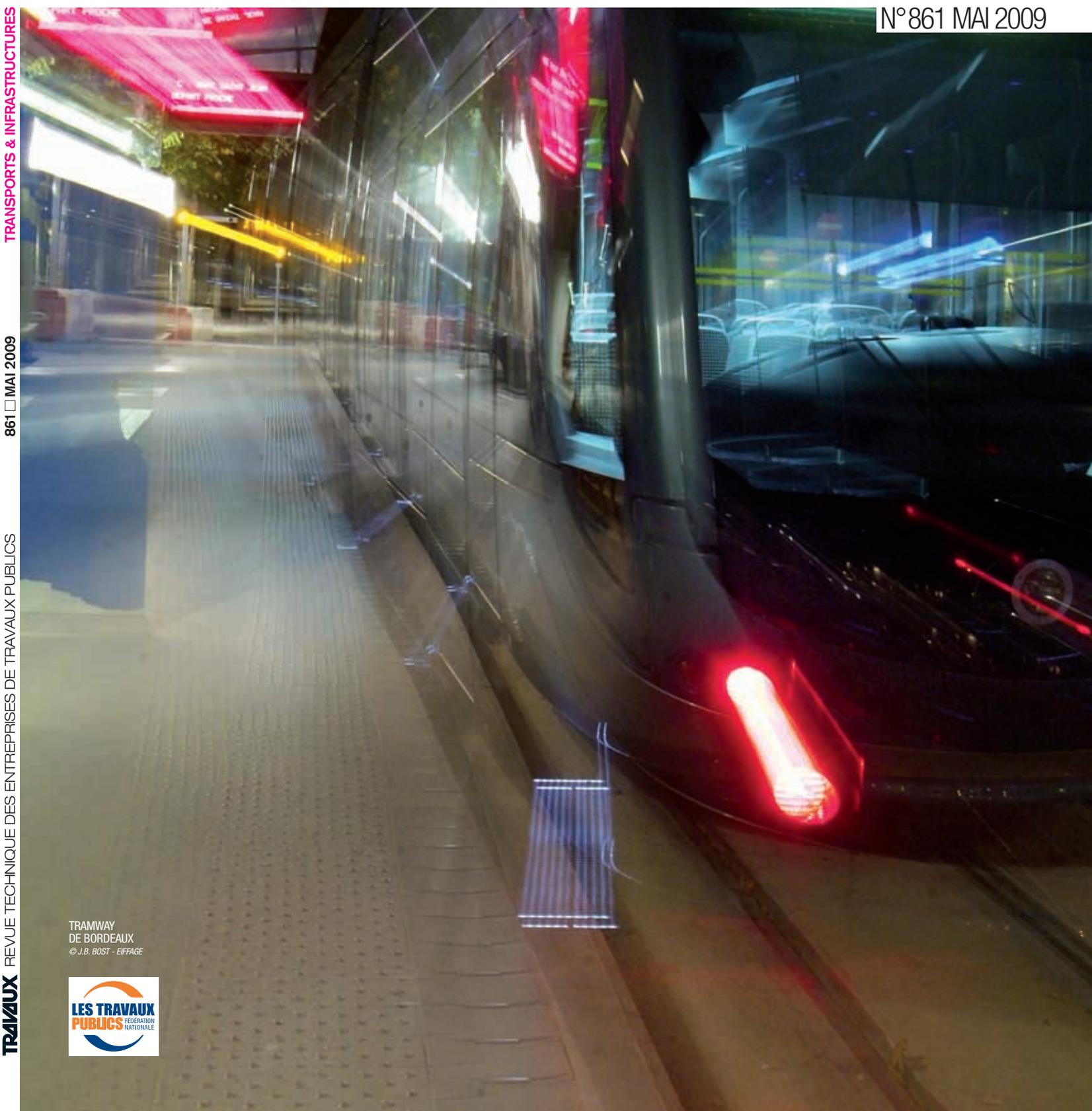


TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

TRANSPORTS & INFRASTRUCTURES. 10 000 PROJETS POUR ACCOMPAGNER LA RELANCE. METRO DE DUBAI. PLATES-FORMES DE TRAMWAYS. ROCADE L2 PRES DE MARSEILLE. MISE AUX NOUVELLES NORMES DE SECURITE DE TUNNELS. VOIE DE BUS EN SITE PROPRE. PARKING DE STATIONNEMENT A MARSEILLE

N°861 MAI 2009



TRANSPORTS & INFRASTRUCTURES

861 □ MAI 2009

TRAVAUX REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

TRAMWAY
DE BORDEAUX
© J.B. BOST - EIFFAGE



TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES
DE TRAVAUX PUBLICS

N° 861 MAI 2009

Directeur de la publication
Patrick Bernasconi

Directrice déléguée

Rédactrice en chef

Mona Mottot

3, rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : +33 (0)1 44 13 31 03

Email : mottotm@fnfp.fr

Comité de pilotage

Laurent Boutillon (Vinci Construction

Grands Projets), Jean-Bernard Detry

(Setec TPI), Philippe Jacquet

(Bouygues), Stéphane Monleau

(Solétanche Bachy), Bruno Radiguet

(Bouygues), Claude Servant (Eiffage

TP), Philippe Vion (Sétra), François

Vahl (FNTP), André Colson (FNTP),

Mona Mottot (FNTP)

Secrétaire de rédaction

Françoise Godart

Tél. : +33 (0)2 41 18 11 41

Email : francoise.godart@wanadoo.fr

Service Abonnement et Vente

Com et Com

Service Abonnement TRAVAUX

Bât. Copernic - 20 av. Edouard Herriot

92350 Le Plessis-Robinson

Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22

Fax : +33 (0)1 40 94 22 32

Email : revue-travaux@cometcom.fr

France (10 numéros) : 190 € TTC

International (10 numéros) : 240 €

Enseignants (10 numéros) : 75 €

Étudiants (10 numéros) : 50 €

Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)

Multi-abonnement : prix dégressifs

(nous consulter)

Conception et réalisation

Idé Edition

33, rue des Jeûneurs - 75002 Paris

Tél. : +33 (0)1 40 13 89 11

www.ide.fr

Publicité

Régie Publicité Industrielle

Xavier Bertrand - Anne-Sophie Cuvillier

9, bd Mendès France

77600 Bussy-Saint-Georges

Tél. : +33 (0)1 60 94 22 20

Email : bertrand@rpi.fr - cuvillier@rpi.fr

Site internet : www.revue-travaux.com

Imprimerie

Escourbiac

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 SAS
9, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n°0111 T 80259



PETITS ET GRANDS CHANTIERS DE LA RELANCE



© DIDIER MOREL

Dans le cadre du « plan de relance », des moyens importants seront consacrés à l'investissement public, notamment en faveur de grands projets d'infrastructures.

En recensant 10 000 projets prêts à démarrer, les Travaux Publics cherchent à envoyer un signal fort aux pouvoirs publics : la relance est l'affaire de tous, elle passe par les grands projets, comme par les plus petits. Cette initiative met de fait l'ensemble des élus face à leurs responsabilités : ils sont tous acteurs de la compétitivité et de l'attractivité de leur territoire.

Tous ces projets pour des équipements neufs, à moderniser ou à entretenir, peuvent être réalisés dans le cadre d'une démarche de développement durable : c'est aussi un devoir des élus vis-à-vis de leurs concitoyens.

Les entreprises de Travaux Publics ont la ferme volonté de les y accompagner.

PATRICK BERNASCONI
PRÉSIDENT DE LA FNTP

A NOS LECTEURS

La revue Travaux évolue. Elle change de format, de logo, de périodicité¹.

Et de formule surtout. Travaux s'enrichit des points de vue de personnalités et de spécialistes reconnus dans toutes les disciplines du monde des Travaux Publics.

Vous avez entre les mains une revue entièrement nouvelle, très illustrée, vitrine du savoir-faire des entreprises de Travaux Publics, en France comme à l'international.

Ce mensuel apporte une vision globale de la Profession, pour suivre l'actualité des Travaux Publics et l'activité des entreprises, pour profiter de l'expérience terrain d'ingénieurs, de chefs de projets, de chercheurs, pour engranger du savoir-faire technique, et saisir des opportunités sources d'innovation.

Bonne lecture.

1- DÉSORMAIS
DIX NUMÉROS PAR AN
AU LIEU DE ONZE,
DONT DEUX NUMÉROS
DOUBLES EN JUILLET
ET DÉCEMBRE.

DOMINIQUE BUSSEREAU, SECRÉTAIRE D'ÉTAT CHARGÉ DES TRANSPORTS AUPRÈS DU MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, ANALYSE LES DERNIÈRES MESURES ANNONCÉES.

« UNE NOUVELLE SITUATION CONJONCTURELLE ET DES PRÉVISIONS DANS LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS »

REDYNAMISER L'INVESTISSEMENT PUBLIC, RESTAURER LA CONFIANCE ENTRE LES ACTEURS ÉCONOMIQUES, DESSERRER LES FREINS À L'INITIATIVE ET AU DÉVELOPPEMENT, TELS SONT LES OBJECTIFS DU « PLAN DE RELANCE » ET DES MESURES ANNONCÉES PAR LES POUVOIRS PUBLICS. CERTAINES DE CES MESURES SONT FAVORABLES À L'ACTIVITÉ DES TRAVAUX PUBLICS, NOTAMMENT POUR CE QUI CONCERNE LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS.

PROPOS RECUEILLIS PAR MONA MOTTOT

Quelles sont les retombées du « plan de relance » et des dernières mesures annoncées pour les infrastructures de transports, en termes de travaux routiers, ferroviaires, fluviaux et maritimes ?

Le plan de relance de l'économie française consacre 920 M€ aux infrastructures de transport. Ces crédits seront engagés en totalité en 2009 dans le cadre des commandes et des marchés passés avec les

entreprises pour des paiements s'échelonnant en 2009 et 2010. 450 M€ iront au réseau routier : 200 M€ à son entretien et 250 M€ à l'accélération des programmes de modernisation des itinéraires routiers. Nous avons décidé en particulier de sécuriser les tunnels routiers en Ile-de-France.

Le plan prévoit 300 M€ pour le réseau ferroviaire. 89 M€ seront dédiés à la régénération du réseau ferré et à l'amélioration de l'accessibilité des gares, 150 M€ à l'accélération des contrats de projets Etat-Région ferroviaires et 61 M€ à des chantiers de lignes à grande vitesse.

Le réseau fluvial bénéficiera de 120 M€, consacrés pour l'essentiel à des travaux d'entretien, de modernisation et de régénération du réseau et des barrages. Par ailleurs, 20 M€ financeront les travaux préparatoires du canal à grand gabarit Seine-Nord Europe.

Enfin, 50 M€ seront dévolus aux aménagements de nos grands ports maritimes de métropole et des ports d'outre-mer.

Quels sont les principaux chantiers ferroviaires annoncés et confirmés ?

Le Président de la République a présenté le 4 décembre 2008 de



© MEEDDAT



LE GOUVERNEMENT A DÉCIDÉ D'AIDER LES COLLECTIVITÉS LOCALES À RÉALISER 1 500 KM DE LIGNES DE TRAMWAY ET DE BUS EN SITE PROPRE

nombreux chantiers ferroviaires, confirmés lors du Comité interministériel d'aménagement et de compétitivité des territoires du 2 février.

Y figurent des travaux de régénération de lignes en Midi-Pyrénées, en Auvergne, en Provence-Alpes-Côte d'Azur, en Aquitaine, en Limousin et en Poitou-Charentes. D'autres travaux porteront sur l'amélioration de l'accessibilité des quais des gares. Ensuite, l'arrivée de prochaines nouvelles LGV en Aquitaine, en Bretagne et en Alsace implique toute une série d'autres chantiers. Nous développerons également le réseau en Rhône-Alpes, en Provence-Alpes-Côte d'Azur, en région Centre, en Pays de la Loire. Enfin, nous allons faire avancer trois grands projets de LGV : la ligne Bretagne-Pays de la Loire, la seconde phase de la LGV Est européenne, la LGV Sud-Europe-Atlantique avec la résorption du bouchon ferroviaire de Bordeaux.

Le point sur l'état d'avancement du Canal Seine-Nord Europe ?

Le projet de canal Seine - Nord Europe a été déclaré d'utilité publique le 11 septembre 2008.

Le coût de l'ouvrage est estimé à 4,2 Md€. Après la décision de la Commission européenne d'y participer à hauteur de 333 M€, la signature d'un protocole d'intention le 11 mars avec les régions concernées constitue une nouvelle étape de consolidation du plan de financement.

L'avis d'appel public à la concurrence lancé le 3 avril dans le cadre

du contrat de partenariat lance la procédure de sélection du partenaire privé qui réalisera le canal. L'objectif ? Engager les travaux en 2011, mettre en service le canal en 2015. Enfin, le plan de relance consacre 20 M€ aux acquisitions foncières et à l'accélération des travaux préparatoires.

Plusieurs projets de nouvelles lignes de tramways sont programmés. Qu'en est-il précisément ?

Il s'agit plus largement d'un renouveau des transports en commun en site propre (TCSP). Le Gouvernement a décidé d'aider les collectivités locales à réaliser 1 500 km de lignes de tramway et de bus en site propre à haut niveau de service.

Un premier appel à projets doté de 710 M€ a été lancé. Il s'adressait aux autorités organisatrices de transport des régions qui ont un projet de métro, de tramway ou de bus pouvant être lancé d'ici 2011. Près de 60 projets ont été déposés. Nous ferons connaître prochainement les projets retenus. La sélection s'effectue en fonction de leur intérêt en termes de réduction des gaz à effet de serre, de report modal de la voiture individuelle vers les transports collectifs et de désenclavement des quartiers sensibles. Il sera suivi d'un deuxième appel à projets, en 2010.

Quelles sont les mesures d'accélération des projets annoncés ?

Dans le domaine ferroviaire, le plan de relance permet d'accélérer des chantiers, et d'engager plus rapidement que prévu de nouvelles opérations, telle que la réouverture de la ligne ferroviaire Nantes-Châteaubriant.

Dans le domaine routier, 33 projets vont être accélérés grâce au plan de relance. Des chantiers pourront être engagés plus tôt que prévu, dès 2009, tels que l'aménagement de

l'échangeur n°12 de la rocade de Bordeaux ou encore la mise à 2 x 2 voies de la RN2 au sud de Maubeuge entre Hautmont et Beaufort. En outre, les travaux en cours seront accélérés, comme la déviation de Luxeuil par la RN57, ou la poursuite de l'aménagement de la RN174 entre Carentan et Saint-Lô.

Le plan de relance prévoit des mesures d'assouplissement des règles de passation des marchés publics. Quelles sont-elles ?

Le plan de relance est accompagné d'une simplification de la passation des marchés. Les décrets du 19 décembre 2008 suppriment la commission d'appel d'offres pour l'État et ses établissements publics en vue d'accélérer les procédures.

Le seuil en deçà duquel le maître de l'ouvrage peut passer le marché sans publicité ni mise en concurrence préalable est relevé de 4 000 à 20 000 € HT. Pour les travaux, les seuils de 206 000 € et de 412 000 € anciennement applicables à l'État et aux collectivités territoriales, au-delà desquels une procédure formalisée était obligatoire, ont été supprimés.

Désormais la procédure formalisée n'est exigible qu'au-delà de 5 150 000 € HT, montant prévu par la directive européenne du 31 mars 2004 ce qui raccourcit les délais de passation. Une procédure adaptée est cependant nécessaire. Enfin, la réforme s'accompagne d'une réduction des délais de paiement pour l'ensemble des commandes.

Quel est l'impact du plan de relance sur les contrats de projets Etat-Région 2007-2013 ?

Le plan de relance accélère les opérations de développement et de régénération du réseau ferré national inscrites aux contrats de projets État-Région 2007-2013. Ainsi, en 2009, les 220 M€ d'autorisations d'engagement apportés par le plan de relance doubleront la dotation annuelle initialement disponible.

Quel est l'impact du plan de relance sur les Programmes de Développement et de Modernisation d'Itinéraires (PDMI) ? Quelles sont les dotations de l'AFITF ?

Le plan de relance mobilise 200 M€ au titre des PDMI auxquels s'ajoutent 50 M€ consacrés aux travaux de sécurisation du tunnel routier du Fréjus. Ce montant représente plus de 50 % des crédits consacrés au titre des PDMI en 2009 et inscrits au budget de l'AFITF. Le total s'élève à 390 M€, auxquels il convient d'ajouter 195 M€ relatifs à l'achèvement des volets routiers des contrats Etat-Région 2000-2006.

Le plan de relance est-il compatible avec le développement durable ?

Les efforts consacrés au développement, à la régénération du réseau ferré, à la modernisation des voies navigables, au canal Seine-Nord Europe ainsi qu'aux aménagements portuaires vont évidemment dans le sens du report modal et du développement durable.

Quant au volet routier, les projets prévus concernent pour une large part l'entretien, la régénération du réseau routier national et des tunnels, afin d'assurer la sécurité des usagers et des riverains. C'est l'objectif de tous les aménagements routiers : des déviations d'agglomération, qui limitent les trafics dans les centres-villes, où les accidents sont plus fréquents, des travaux de suppression de carrefours dangereux, des mises en chaussées séparées pour éviter les chocs frontaux de véhicules.

Enfin, en contrepartie d'un allongement d'un an de la durée de leurs concessions, les sociétés d'autoroute réaliseront plus d'un milliard d'euros de travaux pour améliorer l'insertion environnementale de leur réseau, diminuer les nuisances sonores et mieux respecter la biodiversité... □

© SNCF MEDIATHEQUE JEAN-MARC FABBRO, SYLVAIN CAMBON, CHRISTOPHE RECOURA - VNF P. CHEUVA





NICOLAS LELEU
DIRECTEUR
DES AFFAIRES
ECONOMIQUES
DE LA Fntp

PROJETS D'INFRASTRUCTURES PO

LA RÉCESSION QUI A DÉBUTÉ L'AN DERNIER A TOUCHÉ TOUS LES SECTEURS D'ACTIVITÉ. DANS LES TRAVAUX PUBLICS, LA DÉCÉLÉRATION A ÉTÉ BRUTALE FIN 2008. POUR FAIRE FACE À LA SITUATION, LA Fntp A DÉCIDÉ DE RECENSER TOUS LES PROJETS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE RAPIDEMENT DÉMARRÉS : IL Y A EN A EU PLUS DE 10 000. ALORS QUE CES PROJETS SONT MAJORITAIREMENT PORTÉS PAR LES COLLECTIVITÉS, DES RESSOURCES NOUVELLES DOIVENT ÊTRE DÉGAGÉES POUR LES AIDER À LES FINANCER. LA CRÉATION D'UN LIVRET D'ÉPARGNE DÉDIÉ AUX INFRASTRUCTURES PERMETTRAIT DE DESSERRER LA CONTRAINTE PESANT SUR LEUR FINANCEMENT.

DÉGRADATION ACCÉLÉRÉE DE LA CONJONCTURE

Dès la fin de l'année 2007, la Fntp anticipait un retournement de l'activité qui était alors au plus haut. Celui-ci devait être d'amplitude limitée s'expliquant par le début du cycle électoral et le non renouvellement des grands projets. Ce scénario était encore plausible à la fin du premier semestre 2008. Les événements se sont ensuite accélérés ; la crise financière américaine s'est mutée en récession mondiale. Tous les secteurs d'activités ont alors connu dès l'automne dernier des chutes aussi rapides qu'intenses.

Les Travaux Publics n'ont pas échappé à cela de telle sorte que la prévision présentée à la mi-novembre est rapidement devenue caduque. Finalement, le repli n'a pas été à fin 2008 de 1,5 % mais de 5 % et pour 2009, une baisse de 6 % semble un minimum. L'activité se situe certes à un niveau encore élevé, mais une dégradation plus importante compromettrait les efforts

entrepris depuis plusieurs années pour attirer et former des jeunes aux métiers de la Profession.

10 000 PROJETS DE TRAVAUX PUBLICS POUR LA RELANCE

Face à cela, et en totale synergie avec les actions de relance par l'investissement public tant de l'Etat que des collectivités locales, la Fntp a entrepris de recenser tous les projets pouvant être lancés, notamment par les collectivités locales. En effet, les grands projets annoncés ne seront pas commencés avant fin 2010 et les 1 000 projets présentés début février 2009 dont certains concernent les Travaux Publics ont comme maître d'ouvrage l'Etat ou une entreprise publique. Les projets des collectivités locales qui contribuent pour près de la moitié du chiffre d'affaires des Travaux Publics restaient à identifier.

Ainsi, en deux mois près de 11 000 projets de moins de 50 millions d'euros ont

été repérés avec le concours des FRTP. Ils sont situés sur 4 500 communes sur l'ensemble du territoire. Leur montant cumulé est proche de 20 milliards d'euros, soit l'équivalent de 6 mois d'activité. Cela permettrait alors de conserver environ 125 000 emplois dans les Travaux Publics et 45 000 indirects notamment dans l'intérim.

Derrière ces données très globales, cette opération a mis en évidence des projets très divers et de toutes tailles. Il s'agit majoritairement de petites opérations pouvant être rapidement démarrées : plus de six projets sur dix sont de moins de 500 000 euros pour 5 % du montant total. A l'inverse, ceux de plus de 10 millions d'euros représentent 5 % des projets pour près de 60 % du montant total. Les collectivités locales sont largement représentées parmi ces projets puisque 75 % ont une commune ou une intercommunalité comme maître d'ouvrage et 16 %, un département. Dans le prolongement de la dynamique introduite par le Grenelle de l'Environne-

ment, cette opération a permis de mettre en avant la contribution des Travaux Publics au développement durable. En effet, tous ces projets présentent une utilité sociale en rendant les territoires accessibles, en permettant le développement économique, en assurant un environnement de qualité ou en garantissant la sécurité.

DESSERRER LA CONTRAINTE FINANCIÈRE

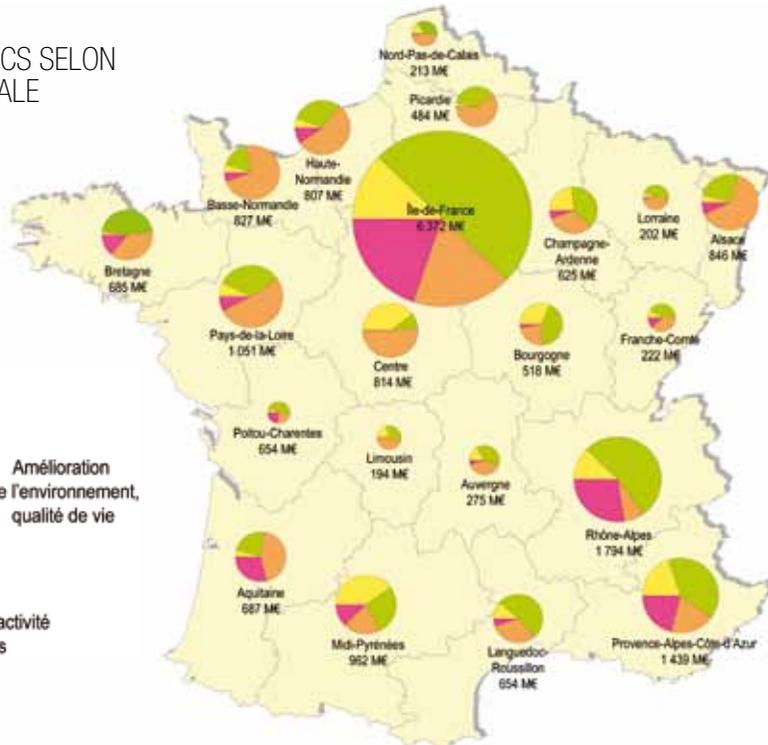
Ces projets locaux peuvent être lancés dans 75 % des cas dès cette année. Or bon nombre de collectivités doit faire face à la contrainte de leur financement. Le dispositif annoncé dans le cadre du plan de relance d'un remboursement accéléré de la TVA acquittée sur les investissements via le FCTVA est très positif. Ceci viendra renforcer leur autofinancement. Cependant, la crise financière a eu pour conséquence d'assécher les capacités de financement auprès des établissements financiers. Ce marché ne redémarre que très len-

POUR ACCOMPAGNER LA RELANCE

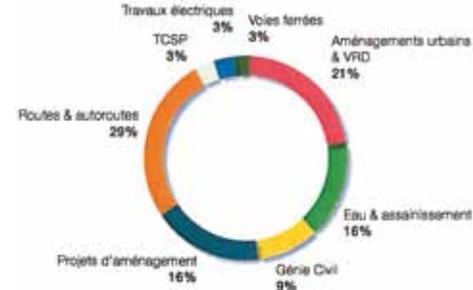
© HERVE DOURIS - DEMATHIEU & BARD

10000 PROJETS DE TRAVAUX PUBLICS SELON LEUR UTILITÉ SOCIALE EN MONTANT DES PROJETS

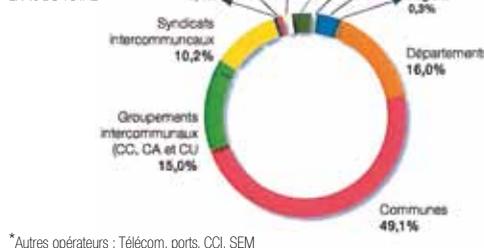
ENSEMBLE DES PROJETS (19 645 M€) :



MONTANT DES PROJETS PAR TYPE DE TRAVAUX EN % DU TOTAL



NOMBRE DE PROJETS PAR MAÎTRE D'OUVRAGE EN % DU TOTAL



*Autres opérateurs : Télécom, ports, CCI, SEM

tement : là où une seule banque intervenait, il en faut désormais quatre pour une opération de taille identique.

La FNTP a donc proposé qu'il soit créé un livret d'épargne dédié aux infrastructures : le Livret des Infrastructures Durables (LID). Il s'agirait d'un livret totalement défiscalisé et sécurisé. L'aversion grandissante des épargnants face au risque garantit le succès d'un tel produit. En résumé, il s'agit grâce à ce livret de mobiliser de l'épargne locale, pour financer des projets locaux et sauvegarder (ou créer) des emplois locaux.

Alors que le Livret A participe au financement du logement social, que le Livret de Développement Durable est orienté vers les PME et les économies d'énergie, aucune ressource de ce type n'est jusqu'à présent fléchée vers les infrastructures. La création du LID comblerait donc un vide. A titre d'illustration, si un million de livrets étaient ouverts avec un dépôt de 5 000 euros, cela constituerait une ressource de 5 milliards d'euros. Compte tenu de l'autofinancement des collectivités, 12 milliards d'euros de travaux pourraient alors être financés. Le LID n'a pas vocation à être éphémère le temps d'une crise. Il vient compléter les ressources à disposition des collectivités pour faire face à de lourds engagements liés à l'entretien et au développement de leur patrimoine en équipements. Cet effort sera croissant notamment du fait de la prise en compte des exigences introduites par le Grenelle de l'Environnement. □

TSO LES VOIES DE LA REUSSITE

LIGNES À GRANDE VITESSE, TRAMWAYS ET MÉTROS : L'ENTREPRISE EST PORTÉE PAR L'ESSOR DU MARCHÉ MONDIAL DES MOYENS DE TRANSPORT FERROVIAIRE

ALAIN SARTRE

La construction et l'entretien des voies ferrées, l'installation et le renouvellement des caténaires, ainsi que la maintenance des matériels ferroviaires... Telles sont les principales composantes de l'activité du groupe TSO. Cette entreprise indépendante emploie aujourd'hui environ 800 personnes et réalise un chiffre d'affaires de l'ordre de 140 millions d'euros. Au cours des deux dernières années, elle a enregistré une progression de presque 20 % de son chiffre d'affaires.

« Les transports collectifs participent aux exigences du développement durable : ils se situent au cœur des préoccupations du Grenelle de l'Environnement », souligne Emmanuèle Perron, présidente de TSO. « Notre secteur peut ainsi envisager l'avenir avec une certaine confiance », reconnaît-elle.

Les projets d'extension de lignes à grande vitesse (LGV) en témoignent. Il est même prévu - dans le cadre du plan de relance de l'économie - d'accélérer la mise en chantier de 4 liaisons : la phase 2 de la LGV Est Européenne, la LGV Sud Europe Atlantique (Tours-Bordeaux), la LGV Bretagne - Pays de la Loire (Le Mans-Rennes et Sablé), ainsi que la ligne de contournement de Nîmes et Montpellier.

UNE LONGUE ET RICHE EXPERIENCE TECHNIQUE

TSO a été créée en 1927. A l'époque, l'entreprise se consacre à la pose et à l'entretien des voies ferrées. Elle se développe progressivement avec l'extension du réseau français. Elle participe ainsi, d'une part, à l'accélération de la mécanisation du travail et, d'autre part, à l'avancée des techniques ferroviaires modernes.

Dès le début des années 70, elle participe à l'élaboration du CRAB : équipement spécialement conçu pour les travaux de la RATP et la mécanisation de poses d'appareils de voie. La société est impliquée dans la mise au point de matériels de renouvellement de voie et ballast (RVB), appelés « suite rapide » avec train de substitution. Dans les années 90, elle propose des wagons spécialisés (WAD) pour la régénération du ballast des LGV. Elle expérimente aussi une régaleuse à grande capacité de déchargement de ballast (trémie de 30 tonnes), RGT 30 puis TRB 300.

L'aube des années 2000 est marquée par l'apparition d'une nouvelle génération de trains de substitution de voie à grand rendement, et par l'exploitation d'une bourreuse dédiée au traitement des défauts courts sur LGV. Un peu plus tard, un partenariat est signé autour

« LES TRANSPORTS COLLECTIFS PARTICIPENT AUX EXIGENCES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE : ILS SE SITUENT AU COEUR DES PRÉOCCUPATIONS DU GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT »

d'un dispositif mécanisé pour intervention dans les tunnels et zones à gabarit très réduit. En 2004, l'entreprise finalise un outil pour le redressage des rails en ligne. En 2006, elle s'implique dans un système d'enregistrement du profil du ballast (Profus) et dans un chariot de détection des traverses à entretoises cassées (Dtec).

Parallèlement à toutes ces évolutions de matériels, la technologie des voies elle-même progresse. On voit apparaître les traverses en béton, les attaches élastiques, les rails soudés en continu par étincelage, les voies sans ballast... Dans les années 70, la société pose des traverses béton bi-bloc avec chaussons scellés dans le béton pour le RER parisien. Vers 1990, elle utilise la technique du ballast collé pour éviter son aspiration et stabiliser les zones sensibles. Elle construit des voies béton pour train à grande vitesse en 1991, dans le tunnel sous la Manche, et en 2000, pour le tunnel de Marseille (TGV Méditerranée).

REFERENCES EN FRANCE ET A L'INTERNATIONAL

Entre 1987 et 1989, TSO participe à la construction de la LGV Atlantique. Elle réalise la section 2 sur laquelle le record du monde de vitesse a été battu le 15 mai 1990 par un train roulant à 515,3 km/h. En 2007, elle est impliquée dans la phase 1 de la LGV Est Européenne, au titre d'un groupement en charge des lots 2 et 3. Là encore un record du monde est enregistré, avec un train chronométré à 574,8 km/h le 3 avril 2007. Récemment, l'entreprise remporte - à la tête d'un groupement -

EMMANUÈLE PERRON, PRÉSIDENTE DU GROUPE TSO



Diplômée de l'Université de Paris IX Dauphine, et de la Northeastern University de Boston (USA), elle rejoint l'entreprise familiale en 1988 pour en prendre la présidence dès 1996 à l'âge de 31 ans. Représentante de la 3^e génération de dirigeants, elle élargit le caractère multidisciplinaire du groupe, tout en préservant et affirmant sa vocation ferroviaire.

AUTRES FONCTIONS :

- vice-présidente de la FNTP et présidente de la Commission des marchés,
- présidente du Comité de la commande publique du MEDEF,
- vice-présidente et membre du bureau du Syndicat ASMEP-ETI (Entreprises de Tailles Intermédiaires),
- vice-présidente et juge au tribunal de commerce de Meaux



1 - Ligne à grande vitesse en Angleterre « High Speed One ».
2 - Poutre pendulée.
3 - Pose de voie sur la LGV Est européenne.

1 - High-speed railway in UK: «High-Speed One».
2 - Tilted beam.
3 - Railway rail-laying on the East European high-speed line.



marché des travaux voies et caténaires de la LGV Rhin-Rhône, qui doivent s'achever en 2011. Ses références sur le sol français comptent aussi des lignes de transports urbains. Elle affiche plusieurs réalisations de tramways. Elle intervient sur les chantiers des sections 1 et 2 du réseau d'Orléans, puis sur l'extension de la ligne 3 Nord de Nantes, ainsi que sur la 3^e ligne de l'agglomération grenobloise. En Île-de-France, elle travaille dès 1994 sur le Tram Val de Seine, et de 2004 à 2006 sur le T3 qui circule sur les boulevards des Maréchaux au sud de Paris. Le groupe s'est également illustré en Europe : Belgique, Luxembourg, Grèce, Roumanie (réhabilitation du tramway de Bucarest) et Angleterre (ligne « high speed one » allant du tunnel sous la Manche à Londres). Il possède des références en Arabie Saoudite, Egypte, Israël et Turquie. Il ouvre régulièrement des chantiers en Afrique : Gabon, Guinée, Nigéria, Togo, et surtout en Algérie (métro d'Alger et nouvelle liaison entre Méchéria et Béchar). Il assure même une présence française sur le continent asiatique : Cambodge, Inde, Malaisie, Thaïlande et Taiwan. Actuellement, TSO oeuvre à la construction du métro de Saint-Domingue, en République Dominicaine. Par ailleurs, l'entreprise est impliquée dans le projet Marmaray : voie ferrée avec tunnel destinée à relier les parties européenne et asiatique de la ville d'Istanbul, de part et d'autre du détroit du Bosphore. L'international représente 50% de son chiffre d'affaires. □

UN RÉSEAU DE 8 FILIALES

Le groupe TSO compte aujourd'hui trois filiales spécialisées dans la pose et l'entretien des voies ferrées : Frasca qui opère essentiellement en région parisienne, Olichon qui travaille plus sur l'ouest de la France, ainsi que FVF. Ces deux dernières entreprises se positionnent également sur le créneau des travaux de génie civil liés aux voies ferrées. Parallèlement, trois autres entités sont centrées sur l'entretien du matériel : Sifel et MVF qui assurent la réparation -voir le reconditionnement- de locomotives et/ou d'engins ferroviaires, ainsi que TSO Matériel qui gère le parc de l'entreprise.

Dernière acquisition, qui date de 2007 : la société Mire, spécialisée dans la topographie. Bien que très présente dans le ferroviaire, elle intervient plus largement sur les chantiers de bâtiment, génie-civil, VRD et travaux publics, tant en France qu'à l'étranger.

Outre les ateliers et installations de son siège social de Chelles (77), le groupe dispose d'un complexe complémentaire à Mézy-Moulins, près de Château-Thierry (02). Il occupe 6 500 m² d'ateliers couverts et plus de 100 000 m² de terrains embranchés.

LA BASE DE MAINTENANCE DE L'AIRBUS A380 A ROISSY : UNE INFRASTRUCTURE AEROPORTUAIRE A LA MESURE DE CE GROS PORTEUR

LA BASE DE MAINTENANCE AIR FRANCE SUR LE SITE DE L'AÉROPORT DE ROISSY – CHARLES-DE-GAULLE, DESTINÉE AUX AVIONS AIRBUS A380, EST UN VASTE PROGRAMME DE QUATRE HALLS IDENTIQUES CONTIGUS, DE FORME TRAPÉZOÏDALE. LE PREMIER HALL QUI VIENT D'ÊTRE ACHEVÉ EST UN EXEMPLE EXCEPTIONNEL DE CONSTRUCTION MÉTALLIQUE D'INFRASTRUCTURE AÉROPORTUAIRE. BARBARA BOISNARD



Le premier hall pour l'Airbus A380 d'Air France à Roissy est debout. Cette structure en métal répond pleinement aux intentions du Maître d'ouvrage : favoriser l'homogénéité fonctionnelle et architecturale de l'ouvrage, optimiser les flux des hommes et des matières, exploiter la lumière naturelle, garantir une clarté dans la lecture des fonctions par le client et le personnel. Le Maître d'ouvrage attendait une réponse contemporaine, novatrice et bien maîtrisée face au défi que représentaient les dimensions hors normes du projet. L'architecte Jean Mas des ateliers 2/3/4 a donc imaginé une structure métallique originale constituée de quatre nefs liées sans paroi. L'étude a commencé en mars 2004, et le premier hall a été achevé fin avril 2008 au terme de deux ans de travaux.

RAPPORTS D'ÉCHELLES ET POINTS DE VUE

La solution retenue, conçue par l'architecte, se situe d'abord dans les rapports d'échelles : celui du bâtiment avec le paysage aéroportuaire, et celui entre le bâtiment de bureaux et la nef accueillant l'avion. L'échelle globale du projet donne à l'ensemble l'identité d'une petite cité technique.

Le projet concernant quatre nefs, l'architecte a fait le choix de les disposer en éventail pour constituer un bâtiment unique. Il a pris en compte les contraintes liées à l'axe de vision des pistes à partir de la tour de contrôle, axe représenté par la tangente à la façade en arc de cercle de cet ensemble architectural. Cette forme arrondie de la façade est obtenue grâce aux armatures métalliques.

UNE RUE INTÉRIEURE POUR FAVORISER LES ÉCHANGES

Une rue intérieure située en partie arrière des nefs longe le bâtiment support. Elle permettra, à terme, de relier les quatre nefs aux espaces de bureaux et ateliers. Les patios intérieurs créent une liaison visuelle entre les différents espaces et apportent de la lumière au centre de l'édifice. Des passerelles permettent de passer de l'échelle de bureau à l'échelle de la nef. Ce sont des liaisons piétonnes fonctionnelles, directes entre les espaces, qui favorisent les échanges et créent des liens entre les sous-ensembles, tout en respectant le flux des personnes, des engins et des équipements nécessaires à la maintenance des avions.

Le recours au polycarbonate permet d'exploiter la lumière naturelle au cœur de la nef, apportant une translucidité avec des reflets irisés, même par temps gris.

Polycarbonate made glasses enhance the natural light inside the nave. There is a nice translucence with iridescent light even on dull days.

UNE GIGANTESQUE CHARPENTE MÉTALLIQUE

Le choix de la charpente en acier s'est imposé dès le départ. En effet, le métal permet de réaliser des portées très importantes avec peu de murs porteurs. Cette gigantesque structure (100 m x 100 m) de 3000 tonnes de charpente en acier, capables de supporter 400 tonnes de charge, n'a que quatre points porteurs, ce qui dégage



© Y. MARCHAND

1 - Une gigantesque charpente métallique pour l'Airbus A380, le plus gros avion civil jamais conçu.

2 - La façade en arc de cercle est constituée de bardages ondulés blancs et gris avec des vitrages en partie inférieure. L'avion rentre dans le hall en marche arrière, après ouverture des portes coulissantes côté piste.

1 - A giant steel frame structure for Airbus380, the largest civil airplane ever designed.

2 - The circular façade consists in white corrugated cladding with glasses at the lower part. Airplane enters backwards from the taxiway when the sliding doors are open.

La charpente a donc été conçue et développée autour d'équipements industriels : les docks de dérivation, qui se déplacent d'est en ouest, le dock de fuselage du nord au sud (qui permet d'atteindre tous les points de fuselage) et les ponts roulants. Ces échafaudages créent des espaces fonctionnels disponibles qui contribuent à se conformer aux obligations de gabarit intérieur liées aux opérations d'exploitation aéronautique. L'esthétique de l'acier est parfaitement exploitée : les poutres sont traversées par le regard, tandis que résilles, treillis et mailles dessinent la lumière. La conception de la charpente très tramée offre une clarté dans le schéma structurel.

DES FAÇADES TRANSLUCIDES

La solution de type « lumière latérale et plurielle » est une source d'apports lumineux importants et donne le sentiment d'une appropriation visuelle du site alentour. La lumière est présente au Sud à travers les brise-soleil, à l'Est et à l'Ouest en parties hautes, détachant ainsi la toiture, et par des vitres en parties basses. L'articulation des couvertures crée elle-même une arrivée de lumière. Les bandes vitrées en bas, de 3,60 m de hauteur, offrent une vue sur le paysage depuis le cœur du hangar, et donnent l'impression de « détacher » les façades du sol. Enfin, au Nord, des portes en forme de grands paravents japonais se dressent sur toute la façade. Les façades sont traitées en bardages ondulés blancs et gris avec des vitrages en partie inférieure, tandis que les autres parties sont en

plaques de polycarbonate (Danpalon). C'est un matériau léger qui s'adapte aux grandes surfaces. Le recours au polycarbonate offre une translucidité avec des reflets irisés, même par temps gris, ainsi qu'une grande performance thermique. L'ensemble donne un « effet lanterne » de jour comme de nuit qui convertit les volumes à l'immatérialité. Le souhait de l'architecte était aussi, dans cette diversité de vues et d'apports lumineux selon la course du soleil, d'humaniser l'activité industrielle associée à l'avion.

LE PATIO, UN ÉLÉMENT FÉDÉRATEUR

Les interfaces entre les activités diverses générant des flux parallèles aux nefs (obligation de desservir les quatre nefs à partir d'une zone centrale) mais aussi perpendiculaires, il fallait introduire un élément susceptible de représenter l'unité visuelle et fonctionnelle

du lieu. L'introduction d'un sol végétal dans cet environnement technique au cœur du bâtiment redonne aussi une échelle humaine par rapport à l'étendue des pistes aéronautiques, et constitue un espace extérieur d'agrément dans l'enceinte du bâtiment.

Le plus grand avion civil du monde est donc attendu à Roissy, premier aéroport français. Le hangar de la base de maintenance, avec ses dimensions impressionnantes (40 m de haut, 110 m de portée, 26 000 m² de surface et 3000 tonnes d'acier pour la charpente), est un superbe ouvrage métallique. C'est une étape nouvelle dans l'évolution des lieux d'activité du monde industriel.

Air France a commandé 12 Airbus A380 qui lui seront livrés entre 2009 et 2012, à raison de trois avions par an. L'A380 est un avion quadrimoteur long courrier qui peut transporter 555 passagers. □

de l'espace au sol et offre une modularité intéressante. Deux tours rectangulaires à l'arrière de la nef et deux poteaux placés côté piste derrière les portes d'entrée constituent les principaux éléments porteurs. Compte tenu de la taille hors normes de l'ouvrage, la solution métallique s'est imposée par sa pertinence face aux contraintes de coût, de surface, de poids, de temps et de précision.

Le montage de la charpente a été rigoureusement orchestré, les pièces métalliques ayant été levées et assemblées avec des grues mobiles à forte capacité de levage.

OUTILS SUSPENDUS ET ESPACES FONCTIONNELS

Les outils suspendus ont été très structurants pour le dessin de la charpente, l'idée étant d'y insérer des niches.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE Air France

MAÎTRE D'ŒUVRE Architectes concepteurs : Ateliers 2/3/4/ Jean Mas, François Roux - Chargés de projet : Laure Mériaud (architecte en titre), Jean-Pierre de Graef - BET : RFR (structure), Trouvin SNC Lavalin (lots techniques)

PROGRAMME Nef : hangar de maintenance A380, bâtiment support de la nef : bureaux, ateliers, magasin de stockage

SURFACE 25 570 m² SHON dont 10 725 m² SHON (bâtiment support), 14 845 m² SHON (nef)

CHIFFRES CLÉS Acier : 3 000 tonnes pour la charpente, polycarbonate : 2 700 m² (façade nord), surface au sol : 12 000 m² - Coût d'un avion Airbus A380 : 261 M€, coût d'un hangar : 35 M€

PRINCIPALES ENTREPRISES Gros-Œuvre : Léon Grosse
Charpente métallique : Costruzioni Cimolai Armando S.P.A. - Jaillet Rouby

PLAN DE RELANCE ET PPP : LES AMENDEMENTS DESTINES A LEVER LES FREINS AUX PPP



© VINCI

COMMENT RELANCER LES GRANDS PROJETS D'INFRASTRUCTURES ?
COMMENT SOUTENIR LE FINANCEMENT DES COLLECTIVITÉS LOCALES ?
LES CONTRATS DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ (PPP)
PEUVENT CONSTITUER DES SOLUTIONS PERTINENTES.
DANS QUELS CAS Y RECOURIR ET SOUS QUELLES CONDITIONS ?
ENTRETIEN AVEC VINCENT PIRON, DIRECTEUR DE LA STRATÉGIE
ET DES INVESTISSEMENTS DE VINCI CONCESSIONS.

Qu'est ce qu'un Partenariat Public-Privé et quelles sont les raisons d'y recourir ?

Les contrats de Partenariat Public-Privé (PPP) sont des outils juridiques qui permettent à l'Etat et aux collectivités locales de confier à une entreprise privée la mission globale de financer, de concevoir, de construire, de maintenir et de gérer des ouvrages ou des équipements publics et services concourant aux missions de service public. Depuis 2004 en France, un nouveau type de contrat a été créé : le contrat de partenariat. Il s'effectue dans un cadre d'une longue durée et « il a pour but d'optimiser les performances respectives des secteurs public et privé pour réaliser, dans les meilleurs délais et conditions, les projets qui présentent un caractère d'urgence ou de complexité pour la collectivité : hôpitaux, écoles, systèmes informatiques, infrastructure ¹ ».

La loi de 2008 a élargi cette définition pour une meilleure prise en compte de l'efficacité économique en général.

On ne le dit jamais assez, mais parfois, on a recours au contrat

1 - Source : MAPPP (site du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie).

« **UN
CONTRAT
DE PARTENARIAT
DOIT ÊTRE
UTILISÉ LÀ OÙ
LE SECTEUR PRIVÉ
EST PLUS
COMPÉTENT
ET PLUS EFFICACE
QUE LA FONCTION
PUBLIQUE** »

de partenariat pour de mauvaises raisons, la plus fréquente étant le seul « étalement dans le temps » de la dépense publique sans que l'intérêt économique ne soit clairement mis en évidence. En effet, un contrat de partenariat présente, avant tout, un intérêt économique et doit être utilisé là où le secteur privé est plus compétent et plus efficace que la fonction publique, et lorsque la contrainte budgétaire décalerait dans le temps la réalisation de l'ouvrage. Il ne faut pas en faire partout, il ne faut pas en faire trop ; il faut y recourir de façon juste, là où il y a un gain économique. L'Institut de la Gestion Déléguée (IGD) liste d'ailleurs cinq bonnes raisons d'effectuer ce type de partenariat :

→ 1. Réunir pour un même projet un groupe de partenaires privés ayant développé, chacun dans son domaine de spécialité, des savoir-faire maîtrisés et les technologies opérationnelles les plus élaborées pour répondre à des enjeux complexes.

→ 2. Gagner du temps dans la réalisation d'un ouvrage ou d'un équipement mis à la disposition de la collectivité en s'adressant à un seul groupement responsable du

financement, de la conception, de la construction et de l'exploitation de l'ouvrage.

Le fait de gagner du temps constitue, en effet, un gain économique : si un ouvrage, dans le cadre d'un PPP, met cinq ans de moins à être construit qu'en « travaux classiques », et bien le PPP aura permis de ne pas perdre cinq ans de la valeur de l'ouvrage. A titre d'exemple, le viaduc de Millau a été achevé trois années après la fin de la construction des viaducs Nord qui l'alimentaient. Ces deux viaducs sont restés sans aucune utilité pendant trois ans. Voilà le type de coûts qu'il faut essayer d'éviter, et la procédure de PPP permet d'y remédier.

→ 3. Garantir le coût global du projet sur toute la durée en déterminant à l'avance les échéances de paiement et en identifiant les risques, de développement, de coordination, de construction, de financement et de disponibilité, dont tout ou partie est transféré au partenaire privé. Il faut que chacun des partenaires assume le risque pour lequel il est le mieux calibré. Il est clair que l'entreprise privée va porter le risque de construction et d'engineering, tandis que la collectivité va être mieux à même d'assumer ceux liés

aux conséquences de l'existence même de l'ouvrage. Il y a des risques où cela est discutable (comme les retards administratifs sur les autorisations de construire, ou encore sur les risques archéologiques), mais la clef est que chacun porte le risque sur lequel il a les moyens d'agir.

→ 4. Répartir et lisser les charges de financement, d'exploitation et de maintenance sur toute la durée du projet en les annualisant au travers d'un loyer payé au partenaire privé.
→ 5. Valoriser le patrimoine en préservant sa capacité opérationnelle sur la durée grâce à une maintenance contractuelle, et en optimisant les capacités non utilisées des actifs pour développer des activités annexes dont les recettes viennent diminuer le coût pour la collectivité.
Aujourd'hui, on compte en France 248 PPP lancés depuis 2004.

Quels sont les domaines de pertinence de chacun des partenaires ?

Le domaine de pertinence de l'action publique est le domaine amont : la définition de la fonctionnalité des ouvrages, la définition générale des politiques tarifaires, le bilan économique de l'ouvrage (y compris les aspects environnementaux), la mise en place des procédures administratives et juridiques favorables pour faire ce qui doit être fait, et les procédures de financement adaptées.
Celui du partenaire privé (architecte, urbaniste, bureau d'étude, entreprise, fournisseur...) est, en premier lieu, la conception de l'objet lui-même, une fois que la collectivité locale aura défini ce qu'elle veut. C'est à ce niveau-là que l'apport du privé est le plus important dans le contrat de partenariat et dans la concession (savoir-faire technique, compétences spécifiques, expertise...). C'est aussi, bien entendu, de construire et entretenir l'ouvrage de façon économique. Enfin, un des domaines de pertinence de l'entreprise privée est également la gestion du personnel, qui est plus souple selon les lois régissant le secteur privé qu'avec celles régissant la collectivité publique.

Quels sont les intérêts de chacun des partenaires dans le cadre de ce type de contrat dans le secteur du Transport ?

Les différents partenaires d'un contrat de concession de transport sont le client final, le concédant, les prêteurs, l'entreprise, l'exploitant et les actionnaires. L'objectif des entités publiques consiste à maximiser la valeur économique produite par euro public investi, l'objectif des autres partenaires est de gagner leur vie en exécutant leurs contrats.

Comment se rémunère le partenaire privé sur le long terme ?

Dans le cadre d'un contrat de partenariat, le partenaire privé perçoit des loyers, année après année. L'avantage de ce mode de rémunération est qu'il s'agit d'un revenu récurrent. La concession est intéressante, dans le sens où elle laisse une plus grande flexibilité au partenaire

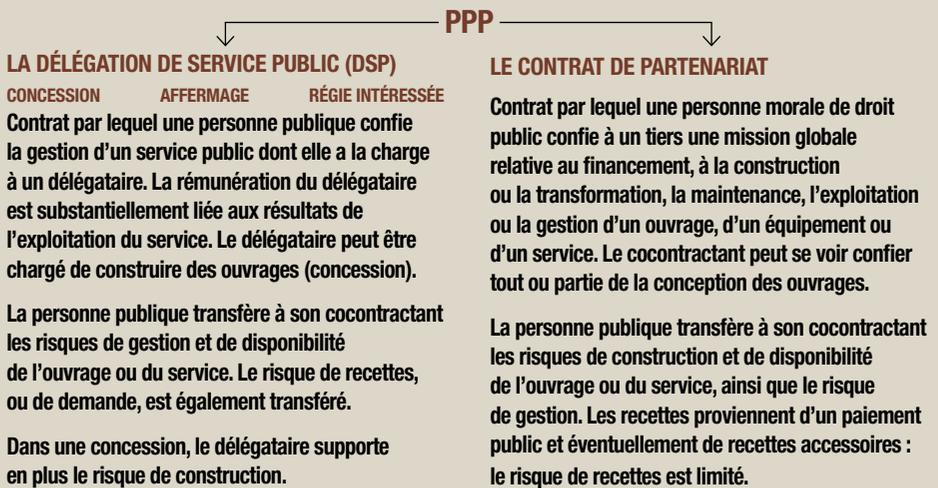
privé. Celui-ci peut améliorer le service et peut même en inventer des nouveaux, comme Cofiroute a proposé en son temps la radio 107.7. Il peut, par exemple, inventer un nouveau type de péage, peut faire des réductions adaptées à la clientèle, créer des systèmes d'abonnements, faire autour des villes des déviations qui n'étaient pas initialement prévues, construire des bretelles pour desservir des zones industrielles... C'est un système plus dynamique et plus vivant que le contrat de partenariat, les recettes peuvent évoluer dans une philosophie gagnant/gagnant avec le partenaire public.

Le plan de relance annoncé par le Président de la République en décembre dernier sollicite le secteur privé pour accélérer les grands travaux. Quelles sont les mesures prises pour rendre les PPP « plus intéressants pour le partenaire privé et moins

« AUJOURD'HUI ON COMPTE EN FRANCE 248 PPP LANCÉS DEPUIS 2004 »

LES DIFFÉRENTES FORMES DE PPP CONTRACTUELS

SOURCE : IGD (INSTITUT DE GESTION DÉLÉGUÉE) (2006)

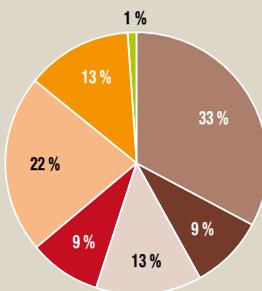


RÉPARTITION DES 248 PPP EN FRANCE DEPUIS 2004

SOURCE : MAPP (MARS 2009)

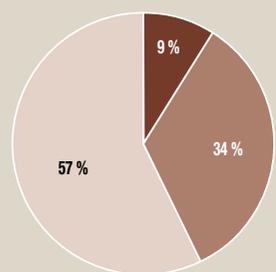
PAR MÉTIER

- Bâtiment
- Transport
- Culture et sport
- TIC
- Equipement urbain
- Energie
- Formation



PAR MONTANT

- > 150 millions d'euros
- entre 130 et 150 millions d'euros
- < 30 millions d'euros



coûteux pour la collectivité contractante » ?

Le plan de relance, présenté à Douai le 4 décembre et adopté en Conseil des ministres le 19 décembre 2008, s'élève à 26 milliards d'euros. Sur cette somme, 1,1 milliard est consacré aux infrastructures et équipements civils. La loi n° 2009-179 du 17 février 2009 pour l'accélération des programmes de construction et d'investissement publics et privés vise à faciliter, d'une part, la construction et, d'autre part, les programmes d'investissement. Son objectif majeur est de relancer le financement des contrats de partenariat qui se heurte aux difficultés d'accès au crédit. Le dispositif prévoit plusieurs aménagements législatifs permettant de rendre le recours au contrat de partenariat plus attractif : le financement du contrat de partenariat pourra être en partie garanti par l'Etat, ajustable au stade

de l'offre finale et partiellement porté par la personne publique. L'article 13 de cette loi vise à permettre aux groupements candidats de surmonter leurs difficultés de financement avec la possibilité de présenter dans leur offre finale un montage financier «ajustable». L'article suivant prévoit que le financement confié au partenaire privé soit également « partiel ».

Aujourd'hui, la frilosité des banques laisse planer le doute sur l'exécution dans les délais prévus des projets financés par des procédures de PPP. On parle notamment de cessions de créances, limitation du financement privé dans le cadre d'un projet. . .

Qu'en est-il précisément ? Concernant la frilosité supposée des banques, je dirais qu'elles ne sont pas effrayées par les contrats de partenariat et les concessions,

« LE FINANCEMENT DU CONTRAT DE PARTENARIAT POURRA ÊTRE EN PARTIE GARANTI PAR L'ÉTAT, AJUSTABLE AU STADE DE L'OFFRE FINALE ET PARTIELLEMENT PORTÉ PAR LA PERSONNE PUBLIQUE »

car elles savent exactement à qui elles prêtent et quelles sont les contreparties. Elles financent un bâtiment ou elles financent une autoroute ; elles ne sont pas du tout dans l'incertitude comme par exemple lorsqu'elles achètent des produits dérivés complexes. On les trouve donc beaucoup moins inquiètes sur ce type de projets parce qu'en face d'une dette, il y a un objet et une recette bien identifiée.

Qu'en est-il du remboursement anticipé de la TVA pour les collectivités locales (FCTVA) ?

Il est prévu, dans le plan de relance annoncé par le Président de la République, 2,5 milliards d'euros au titre de l'avance d'un an du versement du Fonds de Compensation de la TVA (FCTVA). Les collectivités qui s'engagent à réaliser plus d'investissement en 2009 que la moyenne des dépenses réelles d'investissement 2004-2007 bénéficieront d'une avance d'un an du versement du FCTVA. Il s'agit d'une mesure bienvenue, puisqu'elle vise à améliorer la trésorerie des collectivités locales.

Au 31 mars 2009, 2570 conventions FCTVA ont déjà été signées par les collectivités.

Quels sont les projets PPP engagés par VINCI aujourd'hui ?

Il y en a beaucoup. Concernant les projets engagés, on peut citer la Grèce avec la concession autoroutière Athènes-Tsakona, le stade MMArena au Mans, le centre d'activité des loueurs de voitures de l'aéroport de Nice, la liaison ferroviaire de Liefkenshoek dans le port d'Anvers en Belgique, le tunnel Prado Sud à Marseille, le projet Biarritz-Océan qui vise à rénover le Musée de la mer et à construire la cité du surf, le Coentunnel à Amsterdam, l'Autoroute A19, . . . Les projets dont le financement a été monté en 2008 représentent un montant de 3,2 milliards d'euros, ce qui a valu à VINCI d'être nommé le 21 janvier 2009 « global sponsor of the year » lors de la remise du prix PFI à Londres. □

INTÉRÊTS DE CHACUN DES PARTENAIRES DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT

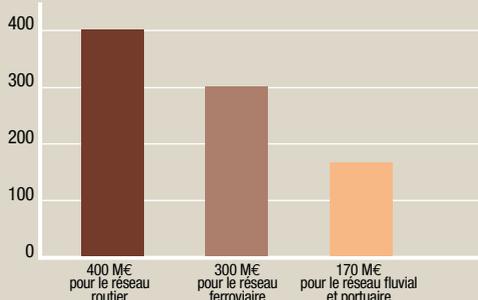
LE CLIENT FINAL	Acheter du temps à un prix raisonnable
LE CONCÉDANT (TRANSPORT)	Faire en sorte qu'il y ait une offre diversifiée pour satisfaire le client final
LE CONCÉDANT (FINANCES)	Développer le pays en limitant les dépenses budgétaires
LES PRÊTEURS	Prêter et récupérer les fonds prêtés avec intérêts
L'ENTREPRISE	Construire
L'EXPLOITANT	Exploiter
LES INVESTISSEURS	Investir dans une opération longue et raisonnablement sûre
LES INVESTISSEURS CONSTRUCTEURS ..	Déclencher l'opération et récupérer le capital avec rémunération

PLAN DE RELANCE ET INFRASTRUCTURES

SOURCE : MINISTRE AUPRÈS DU PREMIER MINISTRE CHARGÉ DE LA MISE EN ŒUVRE DU PLAN DE RELANCE

Routes, rails, ports... le plan de relance investit fortement sur les infrastructures de transports. Parce que leur construction et leur rénovation génère de l'activité, mais aussi parce que les effets de ces travaux bénéficient à tous les citoyens, et favorise la compétitivité du pays. 870 M€ d'investissement consacrés aux infrastructures avec un total de 149 opérations :

- 400 M€ pour le réseau routier
- 300 M€ pour le réseau ferroviaire
- 170 M€ pour le réseau fluvial et portuaire.



METRO DE DUBAI: UN GRAND RESEAU FERROVIAIRE INTEGRALEMENT AUTOMATISE

AUTEURS : ALAIN ROSSETTO, DIRECTEUR DE VSL MOYEN ORIENT - MUHAMMAD ZIA ULLAH, DIRECTEUR TECHNIQUE DE LA JOINT VENTURE VFR

LE PROJET DU MÉTRO DE DUBAÏ COMPORTE DEUX LIGNES, LA ROUGE ET LA VERTE. LA LIGNE ROUGE, DE 53 KM DE LONG, SE COMPOSE DE 45 KM DE VIADUCS, 4,7 KM DE TUNNELS, ET DE 3,3 KM EN SURFACE. ELLE INTÈGRE 30 STATIONS DONT 4 SOUTERRAINES. QUANT À LA LIGNE VERTE, ELLE MESURE 22,6 KM DE LONG, DONT 15 KM SURÉLEVÉS ET 7,6 KM DE TUNNELS, ET COMPORTE 18 STATIONS DONT 8 SOUTERRAINES. CES DEUX LIGNES DE MÉTRO PARTAGENT DEUX ÉCHANGEURS, LE PREMIER À BURJUMAN ET LE SECOND À UNION SQUARE. « DUBAÏ MÉTRO » SERA L'UN DES PLUS GRANDS RÉSEAUX FERROVIAIRES AU MONDE INTÉGRALEMENT AUTOMATISÉ.

UNE SUPERSTRUCTURE ORIGINALE

Hormis quelques rares tronçons coulés en place, la superstructure des ponts est constituée de voussoirs préfabriqués et précontraints. Les travées, dont la longueur varie entre 15 et 72 mètres, présente une pente longitudinale maximale de 4% et un rayon de courbure minimal de 140 mètres. VFR a préfabriqué 16 471 voussoirs et monté 1 778 travées. Trois solutions structurelles différentes ont été adoptées :

LES TRAVÉES ISOSTATIQUES OU SIMPLEMENT APPUYÉES

La majorité du tracé (près de 80%) est composée de travées isostatiques dont la longueur varie entre 32 et 36 mètres. La section typique de ces travées est en forme de U. La longueur standard des voussoirs préfabriqués est de 4 000 mm. Les voussoirs sur pile ont, quant à eux, une longueur de 1 950 mm. Le poids maximal de ces voussoirs est respectivement 44 et 56 tonnes pour les sections à voie unique et à deux voies.

LES TRAVÉES HYPERSTATIQUES DOUBLES ET TRAVÉES DE STATIONS

Les travées doubles sont composées de deux travées isostatiques de 40 ou



« TROIS
SOLUTIONS
STRUCTURELLES
DIFFÉRENTES
ONT ÉTÉ
ADOPTÉES »

44 mètres, unies par un clavage de béton et une post-contrainte de continuité. Quant aux travées de stations, elles sont composées de 4 travées hyperstatiques de 36 mètres, ou quatre de 30 mètres selon les cas. Elles sont assemblées sur le même modèle que les travées doubles décrites précédemment, et leur section est similaire aux travées isostatiques avec des extensions faisant office de quais. Les voussoirs des travées doubles et de stations pèsent entre 45 et 75 tonnes.

LES PONTS SPÉCIAUX EN ENCORBELLEMENT

24 ponts spéciaux (travée centrale de 72 mètres, plus 2 travées latérales de 40 ou 44 mètres) enjambent les échangeurs et autres obstacles le long du tracé des lignes. Construits par encorbellements successifs, ces ouvrages ont une section à inertie variable dont la hauteur varie de 4 650 mm (caisson) au niveau des piles à 2 040 mm (section en U) à la clé. Le poids de ces voussoirs varie entre 70 et 90 tonnes.

LES MÉTHODES DE CONSTRUCTION

64 COFFRAGES

POUR LA PRÉFABRICATION

Les travées du tracé ayant un rayon de courbure supérieur à 2 000 m sont rectilignes et leurs voussoirs préfabriqués en enfilade, sur 10 « longs-bancs » comportant 2 moules chacun. 44 cellules individuelles ont été utilisées pour la fabrication des voussoirs des travées de rayon de courbure inférieur à 2 000 mètres ainsi que pour les grands ponts en encorbellement.

POSE DU TABLIER

Hormis les ponts spéciaux construits en encorbellement successifs à l'aide de grues mobiles ou de chèvres de levage, les travées des viaducs sont posées par la méthode travée par travée au lanceur ou sur étalements lourds.

La pose travée par travée avec poutre de lancement

La plus grande partie du viaduc (85%) a été posée avec des poutres de lancement. Les voussoirs sont en général acheminés par camion au lanceur par le sol, ou éventuellement sur le tablier par des fardiers lorsque des obstacles obstruent l'accès des voussoirs sous les lanceurs.

La pose travée par travée à l'aide d'une structure provisoire de levage

Les voussoirs mis en place à l'aide des structures provisoires supportées au sol sont levés en utilisant des grues et des systèmes de ripage là ou la mise

Métro de Dubaï. Le Grand Prix national de l'Ingénierie 2008 a été officiellement remis à Daniel Dutoit, directeur expert-consultant Systra, pour la conception d'ensemble et la direction du projet du métro de Dubaï.

Dubai Metro. The 2008 national Grand Prize for Engineering was officially awarded to Daniel Dutoit, expert consulting manager at Systra, for overall design and management of the Dubai metro project.

© BOUVIGUES



mai 2005
attribution par RTA
du contrat principal
au Consortium DURL

avril 2009
achèvement des ponts
de la Ligne Verte

août 2009
achèvement des ponts
de la Ligne Rouge

septembre 2009
livraison de la Ligne Rouge

mars 2010
livraison de la Ligne Verte



1- Voussoir sur pile avec caisson.
2- Site de stockage des éléments préfabriqués.
3- Poutre de lancement.

1- Segment on pier with box girder.
2- Storage site for prefabricated elements.
3- Launching beam.

en place par lanceur est impossible, notamment à cause du gabarit du lanceur ou d'ouvrages préexistants : conflit avec d'autres ouvrages d'art, lignes à haute tension... Ce système a été utilisé pour la mise en place de 218 travées.

Les ponts construits en encorbellements successifs

Les sections en encorbellement successifs sont mises en place à l'aide de grues et de structures provisoires : les quatre premiers voussoirs (2 voussoirs sur pile et la première paire de l'encorbellement) sont posés à la grue, alignés et brêlés à leur pile avec des câbles de précontrainte ancrés dans les fonda-

tions. Les autres voussoirs sont manutentionnés par les chèvres de levage ou éventuellement à la grue.

DES MOYENS IMPORTANTS POUR UN CHANTIER D'ENVERGURE

LES INSTALLATIONS DE CHANTIER
La fabrication des quelque 16 470 voussoirs a nécessité la construction d'un vaste atelier de préfabrication (50 hectares à ciel ouvert). 30 000 m³ de béton armé et 12 km de rails ont été employés à la construction de cette usine. Pour héberger son personnel, le groupement VFR a conçu et édifié une base vie d'une

capacité de 200 chambres individuelles pour le personnel d'encadrement et de 2 000 lits pour les compagnons. Ce véritable village inclut toute l'infrastructure nécessaire pour assurer le confort et l'hygiène de ses occupants (cuisine et réfectoires, clinique, cafeteria, salons de détente, installations sportives, laverie, mosquée, usine de traitement des eaux usées...).

LES ÉQUIPEMENTS DE CONSTRUCTION

L'aire de préfabrication

Le chantier a requis 64 coffrages de préfabrication : 20 longs, 30 courts pour les portées en U et 30 autres courts pour les 14 portées en encorbellement. Les segments dans les coffrages ont été coulés à l'aide de 9 pompes à béton (6 stationnaires et 3 mobiles sur camions). 11 portiques sur voies de 80 et 100 tonnes ont été utilisés pour déplacer les voussoirs préfabriqués, ainsi que 9 grues de 300 t/m pour la manipulation des cages d'armatures. Un groupe de générateurs électriques d'une puissance de 5 MW alimentait les équipements de l'aire de préfabrication, de la base vie et des bureaux et ateliers.

La pose des voussoirs

10 lanceurs ont été utilisés pour la construction des viaducs préfabriqués du métro de Dubaï. Ces machines, longues de 97 mètres et pesant 420 tonnes, sont conçues pour lancer des portées de 16 à 45 mètres (jusqu'à 710 tonnes). Les encorbellements ont été érigés par 6 chèvres de levage. Ces

structures sont conçues pour lever les voussoirs sous les encorbellements déjà érigés et de les déplacer à l'extrémité des fléaux, de manière à limiter la gêne occasionnée pour le trafic routier. Des centaines de véhicules et équipements de transport, de levage et d'appui logistique ont été mobilisés sur les 60 km du tracé de l'ouvrage ; 40 bus assureraient ainsi jour et nuit le transport du personnel sur le chantier.

LE PHASAGE DE LA CONSTRUCTION

LA PRÉFABRICATION

L'accès à la zone de préfabrication du chantier a été donné en février 2006. A cette époque, le site était un désert sans aucun réseau. L'usine a été montée en six mois et le premier prototype de voussoir fut coulé en août 2006. La préfabrication des voussoirs s'est achevée le 6 décembre 2008. Le cycle de fabrication était d'un jour pour les voussoirs typiques et de 2 jours pour les spéciaux comme ceux des travées en encorbellement à inertie variable.

LA CONSTRUCTION

La première travée du viaduc a été posée au lanceur en janvier 2007. Le nombre de voussoirs préfabriqués par travée variait de 6 à 12, pour des travées dont la longueur allait de 17 à 44 m. Le temps moyen pour la mise en place d'une travée avec un lanceur était de 1,5 jour, en considérant deux postes par jour. Quand les travaux n'étaient pas interrompus (par le trafic, la livraison des voussoirs, ou des problèmes de construction des fondations et piles de ponts...), la construction complète d'une travée durait moins de 15 heures, déplacement du lanceur inclus. Le montage de travées sur étaieement requérait en moyenne 7 jours par travée : 5 jours pour le montage/démontage de l'étaieement, et 2 jours pour la mise en place et la précontrainte des segments. Ce délai se prolongeait jusqu'à à 10 jours par travée lorsque les segments devaient être ripés sur l'étaieement. Le temps moyen évalué pour la réalisation d'un ouvrage en encorbellement est de 5 semaines pour ses 3 travées.

UN CHANTIER AUX DÉFIS MULTIPLES

L'INFRASTRUCTURE ET LA LOGISTIQUE

La conception et mise en route d'une usine de cette taille dans un terrain désertique en 6 mois relevait d'un challenge. Les bureaux, la base vie, l'appro-



© BOUYGUES 4

visionnement en eau et en électricité... tout était à faire. La cantine, par exemple, a fourni jusqu'à 7 500 repas par jour (service 24/24), avec 4 menus différents (thaï, indien, philippin, européen). En plus du béton (400 000 m³), et des armatures (90 000 t d'acier), plus de 30 000 t de matériaux et d'équipement ont été amenées par bateau (environ

2 000 containers). En période de pointe, 200 tonnes d'acier d'armatures et 1 000 m³ de béton alimentaient chaque jour l'usine de préfabrication. Les équipes du service logistique devaient organiser chaque jour la livraison des voussoirs (jusqu'à 80 par jour) aux quatre coins de Dubaï, dans un trafic dense. La logistique et maintenance de

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE
Road and Traffic Authority (RTA) of Dubai

CONSULTANT
Groupement Systra (France) et Parsons international (USA)

ENTREPRISE GÉNÉRALE
Contrat (conception construction) attribué à Dubai Rapid Link consortium (DURL) dirigé par Mitsubishi Corporation (constitué des entreprises japonaises Kajima Corporation, Obayashi Corporation, et de l'entreprise turque Yapi Merkezi) pour le génie civil

CONSTRUCTION DES SUPERSTRUCTURES DES VIADUCS
Groupement VFR (VSL, Freyssinet et Rizzani de Eccher).

CARACTERISTIQUES DES TRAVEES UTILISEES

TYPE DE STRUCTURE	LONGEUR	NOMBRE
Travées isostatiques (2 voies)	17 m à 40 m	1 356
Travées isostatiques (1 voie)	14,3 m à 32 m	119
Travées hyperstatiques doubles (2 voies)	40 m à 44 m	90
Travées de stations (2 voies)	29,03 m à 36 m	126
Travées de stations (1 voie)	24,75 m à 36 m	15
Pont en encorbellement (2 voies)	40 m à 72 m	72

DES MOYENS HUMAINS DE TAILLE

A son point culminant, la construction des superstructures des viaducs du métro de Dubaï mobilisera plus de 300 cadres et 2 000 ouvriers.

100 cadres en charge de la gestion administrative et technique du projet

20 cadres et 200 ouvriers spécialisés affectés aux services généraux du chantier (maintenance du matériel, logistique et topographie)

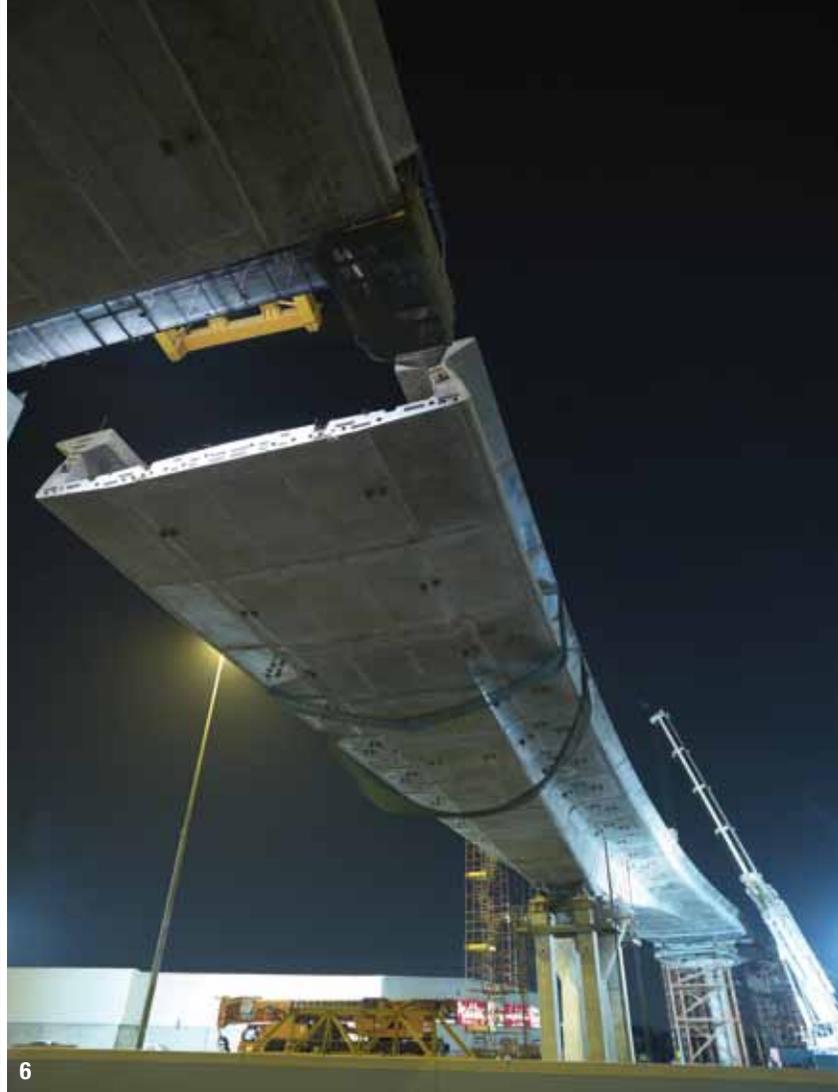
70 cadres et 1100 ouvriers mobilisés sur l'aire de préfabrication

100 cadres et 700 ouvriers répartis sur 19 fronts de pose de voussoirs

10 cadres et 120 ouvriers chargés de la finition des structures posées



5



6

centaines d'équipements, dispersés sur 60 km de ligne, représentaient également une prouesse quotidienne pour les équipes de support logistique.

L'ORGANISATION TECHNIQUE

Même si la conception de la structure des viaducs a été réalisée par l'entreprise principale, plus de 10 000 plans ont été conçus par l'équipe technique de VFR sur place, essentiellement des plans d'exécution et des documents méthodes.

LES HOMMES

Emirats Arabes Unis, Inde, Royaume Uni, Kosovo, Canada, Thaïlande, Mexique, Tanzanie, Liban, Italie, Philippines, Syrie, Serbie, Pakistan, Allemagne, Oman, Chili, Sri Lanka, France... Unir les efforts de 2 500 hommes, issus de plus de 25 pays répartis sur les cinq continents, dans un même et unique but, a été le véritable défi de ce chantier. Seule une communication de qualité permet d'éviter les problèmes humains et matériels inhérents à l'incompréhension, sans compter les pertes d'énergie et de motivation liées aux frustrations qui en découlent. Un recrutement direct et adapté des meilleurs professionnels de l'industrie, assorti d'un programme de formation rigoureux prenant en compte la diversité culturelle et linguistique des hommes, a largement contribué au succès du projet. □

4- Voussoir sur pile.

5- Mise en place d'un voussoir.

6- La section typique d'une travée est en forme de U.

4- Segment on pier.

5- U-segment lifting operation.

6- The typical cross section of a span is U-shaped.

ABSTRACT

DUBAI METRO : A MAJOR FULLY AUTOMATED RAIL NETWORK

ALAIN ROSSETTO, VSL - MUHAMMAD ZIA ULLAH, VFR

The Dubai metro project comprises two lines, Red and Green.

The Red Line, 53 km long, has 45 km of viaducts, 4.7 km of tunnels, and 3.3 km of above-ground line. It includes 30 stations, four of them underground. As regards the Green Line, it measures 22.6 km long, including 15 km of elevated section and 7.6 km of tunnels, and includes 18 stations, eight of them underground.

These two metro lines share two interchanges, the first at Burjuman and the second at Union Square. The Dubai metro will be one of the biggest fully automated rail networks in the world. □

METRO DE DUBAI: UNA IMPORTANTE RED FERROVIARIA TOTALMENTE AUTOMATIZADA

ALAIN ROSSETTO, VSL - MUHAMMAD ZIA ULLAH, VFR

El proyecto del metro de Dubai incluye dos líneas, la Roja y la Verde.

La Línea Roja, de 53 kilómetros de longitud, va compuesta por 45 kilómetros de viaductos, 4,7 kilómetros de túneles, y 3,3 kilómetros en superficie. Esta línea integra 30 estaciones, 4 de ellas subterráneas. Por su parte, la Línea Verde mide 22,6 kilómetros de longitud, 15 kilómetros de vías aéreas y 7,6 kilómetros de túneles, y consta de 18 estaciones, 8 de las cuales subterráneas.

Estas dos líneas de metro comparten dos enlaces, el primero en Burjuman y el segundo en Union Square. «Dubai Métró» constituirá una de las más importantes redes ferroviarias del mundo totalmente automatizada. □

LES PLATES-FORMES DE TRAMWAYS: LA NECESSITE DES RETOURS D'EXPERIENCES.

REDACTEURS : TRICHE AMMAR, INGENIEUR, DIRECTION TECHNIQUE EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS - POTIN STEPHANE, DIRECTEUR REGION NORD & OUEST, INGEROP - GILLIOCO GERARD, DIRECTEUR DE TRAVAUX, APPIA GRANDS TRAVAUX

DEPUIS LE RETOUR DU TRAMWAY EN FRANCE, EIFFAGE A PARTICIPÉ À DE NOMBREUX PROJETS DE TRAMWAYS. QU'IL S'AGISSE DES TERRASSEMENTS, DE LA RÉALISATION DE LA PLATE-FORME, DE LA POSE DES RAILS, DES OUVRAGES D'ART OU ENCORE DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC, EIFFAGE A SU APPORTER SON EXPÉRIENCE ET SON SAVOIR-FAIRE. L'OBJET DE CET ARTICLE EST DE FAIRE LE POINT SUR CE SUJET, PLUS PARTICULIÈREMENT SUR L'EXPÉRIENCE ACQUISE PAR EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS CONCERNANT LA RÉALISATION DES PLATES-FORMES DE TRAMWAYS SUR RAILS ET DE LA NÉCESSITÉ DES RETOURS D'EXPÉRIENCES MIS AU PROFIT DES FUTURS PROJETS. CES SOLUTIONS TECHNIQUES ÉCONOMIQUEMENT INTÉRESSANTES CONCERNENT AUSSI BIEN LES REVÊTEMENTS DE LA PLATE-FORME, LA RÉALISATION DE L'ASSAINISSEMENT, L'UTILISATION DE MATÉRIAUX ADAPTÉS AUX TRAVAUX URBAINS, ... LE PRÉSENT ARTICLE N'ABORDE PAS LE CAS DES TRAMWAYS SUR PNEUS QUI CONSTITUENT UN CAS PARTICULIER DES TRANSPORTS URBAINS GUIDÉS.

Vue aérienne
du tramway de
Valenciennes

Aerial view of
Valenciennes
tramway



Depuis le milieu des années 80, les lignes de tramways opèrent un retour en force remarquable au niveau des principales agglomérations françaises. Ce retour s'est accentué ces dernières années où de nombreux projets ont été réalisés : Paris, Marseille, Le Mans, Valenciennes, Clermont-Ferrand, extension de ligne à Mulhouse, Lyon, Grenoble, Bordeaux, Reims, St-Etienne, ... Pour faire face à l'accroissement de la mobilité urbaine, tout en préservant la qualité de l'air et du bruit en milieu urbain, l'État a fortement encouragé l'usage des transports en commun et les circulations dites douces. Dans ce cadre, le tramway répond à plus d'un titre aux attentes. A titre de comparaison, une rame de tramway peut embarquer environ 250 personnes, soit l'équivalent de 3 bus ou 177 voitures. De plus, ce mode de transport en commun présente l'avantage de rouler avec une énergie non fossile (traction électrique). Enfin, l'ensemble des projets de tramway s'accompagnent souvent d'objectifs beaucoup plus ambitieux : une volonté d'améliorer l'esthétique et l'architecture de la ville (réaménagement-

« **UNE RAME DE TRAMWAY PEUT EMBARQUER ENVIRON 250 PERSONNES, SOIT L'ÉQUIVALENT DE 3 BUS OU 177 VOITURES** » »

ment de l'espace urbain), un partage plus juste des modes de transport et la fin du monopole de la voiture, l'introduction ou la réintroduction des espaces verts en milieu urbain, mieux desservir des quartiers populaires défavorisés en transports en commun, ... De manière générale, le tramway circule dans une voie spécifique qui lui est dédiée (site propre). Dans certains cas, il arrive qu'il partage la voie avec les autres véhicules routiers, il s'agit alors de sites partagés.

SPÉCIFICITÉS DES PLATES-FORMES DE TRAMWAYS SUR RAILS.

Nous n'entrerons pas dans le détail des différentes techniques de poses de voies pour tramways. Le lecteur trouvera facilement dans des publications récentes le détail et les évolutions de ces techniques [1][2]. Pour résumer, il existe deux types de pose : la pose continue où le rail repose de façon continue sur le matériau de fondation et la pose discontinue où le rail repose sur des traverses ou des selles métalliques régulièrement disposées (voir photo 1). La technique de pose discontinue sur

traverses béton est la technique la plus utilisée en France, il s'agit de la technique la plus économique. D'un point de vue technique, la spécificité de ces plates-formes est qu'elles sont à considérer comme l'assemblage de deux systèmes mécaniques distincts :

→ **Le rail** : système mécanique «souple», subissant des mouvements latéraux et verticaux importants au passage des rames de tramways. En présence d'eau et avec un drainage insuffisant, ce mouvement peut être à l'origine du phénomène de «pompage» et vecteur de multiples dégradations.

→ **La plate-forme** : système mécanique classique plus ou moins rigide, assimilable à une structure de chaussée dont les limites tolérées en déflexion (1 à 2 mm maxi) sont en totale opposition avec celles du rail. D'où la nécessité d'une séparation mécanique entre les rails et les revêtements de la plate-forme : ce rôle revient à la chambre d'éclissage constituée par un matériau souple capable d'absorber les mouvements du rail et la réalisation d'un joint longitudinal entre le rail et le revêtement (voir schéma page suivante).

Le rôle de l'ensemble «joint/chambre ▷



1- Vue d'une plate-forme de tramway avant mise en place des revêtements.
2- Revêtement en enrobés.
3- Revêtements en modulaires et gazon.

1- View of a tramway subgrade before surfacing.
2- Asphalt surfacing.
3- Modular surfacing and grass.

© EIFAGE TRAVAUX PUBLICS

LES PLATES-FORMES DE TRAMWAYS



4- Mise en œuvre manuelle des enrobés entre rails.



5- Opération de compactage.

6- Carrefour/ solution enrobés grenailés + cornière métallique.

7- Carrefour/ solution enrobés scintillants + sans cornière métallique avec sciage à 45° des bords.



4- Manual laying of asphalt between rails.

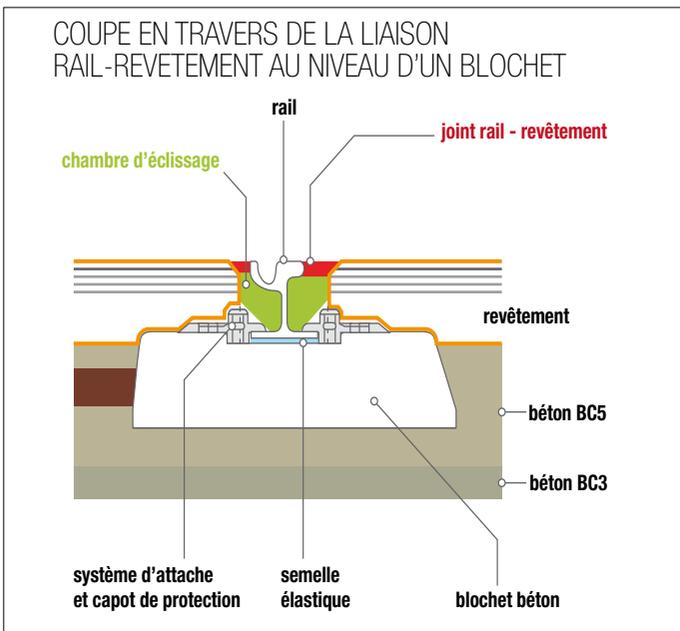
5- Compacting operation.

6- Intersection / shotblasted asphalt mix solution + steel bracket .

7- Intersection / reflective asphalt mix solution + without steel bracket with 45° sawing of edges.



© EFFAGE TRAVAUX PUBLICS



d'éclissage» est multiple : outre absorber les mouvements du rail, il a également pour missions d'éviter l'infiltration verticale d'eau entre le rail et les revêtements, de participer à l'atténuation des vibrations et enfin d'isoler électriquement le rail du revêtement et éviter ainsi les problèmes liés aux courants vagabonds (le tramway, pour simplifier, est assimilable à un circuit électrique et le rail sert de conducteur pour le retour du courant vers le générateur de courant, la sous-station). La nature des matériaux composant le joint ou la chambre d'éclissage est choisie en fonction de plusieurs critères dont les principaux sont : la géométrie de la plate-forme (alignement droit ou courbe), l'agression par le trafic (zone circulée ou non par les véhicules routiers) et selon le type de revêtement retenu. En carrefour et en courbe, le matériau de la chambre d'éclissage doit être suffisamment incompressible pour éviter une trop grande sollicitation des revêtements en participant à «l'épaulement» des matériaux de revêtement (par exemple, les matériaux en mousse de polyéthylène ne conviennent pas pour ces cas). L'expérience montre également que les joints en matériaux hydrocarbonés sont mieux adaptés lorsque le revêtement est un enrobé, alors que les joints en polyuréthane sont mieux adaptés pour le béton. Les autres interfaces, revêtement/plate-forme, revêtement/revêtement ou encore revêtement/chaussée transversale doivent également être prises en compte et des mesures spécifiques doivent être adoptées. Les poses antivibratoires doivent faire l'objet d'une attention toute particulière de par l'utilisation de matériaux ou d'équipements spécifiques.

LES REVÊTEMENTS DE PLATES-FORMES

La réalisation du revêtement de la plate-forme est une phase des plus délicates et le plus souvent confiée aux entreprises routières comme Eiffage Travaux Publics. Elle consiste à combler les derniers 18 cm d'épaisseur entre le béton de calage et le haut du rail pour que la plate-forme s'intègre totalement dans l'espace urbain. Le revêtement est sélectionné à partir de plusieurs critères : la fonction de la plate-forme (site propre, partagé, traversée de tramway...), les aspects techniques (pour les poses antivibratoires, certains matériaux modulaires sont à proscrire par exemple), l'aspect architectural et l'intégration urbaine, la facilité d'intervention ultérieure... Les

techniques actuelles offrent un panel complet de matériaux de revêtement : matériaux modulaires, béton, enrobés, asphalte, bois, gazon, ... Chacun de ces matériaux offre des avantages et des inconvénients notamment vis-à-vis de la facilité de pose entre voie, de sa durabilité et des facilités d'entretien ou de réparation. Il appartient au concepteur ou au maître d'ouvrage, selon sa politique, de définir en amont le choix du revêtement de la plate-forme. Suite à quelques déconvenues sur certains chantiers, chacune de ces techniques a évolué et on connaît aujourd'hui les dispositions constructives à adopter lors de la pose des revêtements pour ne pas répéter ces erreurs.

Dispositions constructives recommandées

Pour des secteurs peu ou pas circulés par des véhicules autres que le tramway, les revêtements non compacts tels que gazon ou matériaux naturels modulaires sont bien adaptés et apportent une valeur ajoutée architecturale incontestable. Par contre pour les secteurs circulés, il est indispensable de recourir aux revêtements classiques de chaussées : enrobés, asphaltes ou bétons. Dans un premier temps, pour les traversées de carrefours et les sites partagés, les concepteurs ont pensé au béton : facilité de mise en œuvre, insensibilité à l'orniérage et possibilité de traitement de surface pour donner un aspect prédéfini (béton balayé, lavé...). Cependant, lors des opérations d'entretiens ou de réparations du revêtement, ce matériau nécessite une interruption d'exploitation relativement longue liée au délai de durcissement du matériau. Le phénomène de fissuration des matériaux hydrauliques, mal maîtrisé pour ce type de plate-forme, lié à la présence de nombreuses discontinuités et de joints à remonter depuis la première couche de béton joue en sa défaveur. Ces contraintes ont poussé les concepteurs et maîtres d'ouvrage à se tourner vers d'autres solutions moins contraignantes. Les enrobés quant à eux présentent l'avantage de s'adapter à tous les types de trafics et une remise en circulation rapide après réparation ou entretien. Ils offrent également une gamme complète de produits adaptés au milieu urbain : enrobés colorés, enrobés scintillants, enrobés incrustés, enrobés grenailés... Associés à une sous-couche en matériau compact (béton ou enrobés) ou en matériau drainant comme le béton drainant ou l'enrobé drainant, ils offrent une solution technico-économique très

intéressante, à condition de prendre toutes les mesures nécessaires pour les appliquer aux particularités de la plate-forme de tramway : matériel adapté, suivi des compacités et gestion des interfaces avec l'environnement du rail notamment. Nice, Marseille, Valenciennes, Lyon ou Bordeaux sont autant de villes qui ont adopté la solution de revêtements en matériaux hydrocarbonés pour leurs réseaux.

LE CAS DES CARREFOURS ET DES SITES PARTAGÉS

Dans les carrefours ou les sites partagés, il est nécessaire que la structure reprenne les efforts latéraux et verticaux générés par le tramway ainsi que les efforts appliqués par les véhicules routiers traversant ou empruntant la voie. Le choix du revêtement en carrefour doit être issu non seulement d'une réflexion technique, mais doit également tenir compte de critères esthétiques, de politique d'entretien et d'intervention ultérieure en cours d'exploitation. Une attention particulière doit être observée pour le traitement des arêtes le long du rail : les efforts provoqués par le passage des véhicules sur ces arêtes, talon d'Achille des revêtements compacts (béton, enrobés) finissent par amorcer et provoquer des dégradations plus ou moins importantes. A cet effet, il sera nécessaire d'incorporer un plat ou une cornière métallique pour renforcer l'arête ou d'adapter géométriquement le profil de l'arête (photos 6 et 7). Contrairement aux sites propres, peu sollicités par des véhicules autres que le tramway, les carrefours sont continuellement soumis à des efforts de tou-

« AU CARREFOUR DES TECHNIQUES ROUTIÈRES ET FERROVIAIRES, LA RÉALISATION DES REVÊTEMENTS EST L'UNE DES PHASES LES PLUS DÉLICATES DES PROJETS DE TRAMWAYS »

tes origines (tramway, voiture, camion et bus). Il faut donc traiter ces points singuliers de manière spécifique et veiller à une qualité d'exécution irréprochable : c'est ici qu'il faut faire cohabiter la technique routière et celle de la voie ferrée. L'entretien ultérieur de ces zones doit également être très strict : toute amorce de dégradation doit faire l'objet d'une reprise rapide sous peine de voir s'étendre et s'aggraver le problème jusqu'à la ruine complète de la structure. La réussite de la construction des revêtements d'une plate-forme de tramway sur rail est tributaire de l'association de plusieurs matériaux ayant des comportements mécaniques différents (béton, rail/équipements et revêtements). Au carrefour des techniques routières et ferroviaires, la réalisation des revêtements est l'une des phases les plus délicates des projets de tramways. En effet, il s'agit ici d'associer des matériaux classiques utilisés en technique routière (bétons ou enrobés), peu enclins à subir des déformations, et un dispositif qui subit des mouvements conséquents au passage de rames, le rail et ses équipements. Dans ce contexte, les carrefours et zones mixtes ouverts au trafic routier, constituent des points singuliers car ils subissent une double agression : les contraintes induites par les rames de tramway conjuguées au trafic routier classique. De plus, la présence de nombreuses interfaces complique l'exécution des revêtements : les interfaces entre les matériaux de revêtement qui peuvent être en béton, en enrobés, en pavés, en gazon... et les interfaces avec l'environnement extérieur et le rail. C'est à

l'interface entre le revêtement et le rail que réside la plus grande difficulté, liée essentiellement aux mouvements du rail et aux infiltrations d'eau. En situation de 'carrefour' ou de 'site partagé', le phénomène est amplifié par les agressions liées au trafic routier (avec la présence d'efforts transversaux et latéraux simultanés). Les pathologies observées ces dernières années sur les différents sites de tramways et les coûts des sinistres en découlant ont abouti à une réflexion globale sur les techniques et les pratiques actuelles. Plusieurs axes de recherche ou d'amélioration ont été engagés par les services techniques de l'administration ou par le secteur privé (bureaux d'études, entreprises spécialisées, ...). Ces pistes de recherche vont des matériaux au matériel en passant par les méthodes de travail. Eiffage Travaux Publics, qui a réalisé et continue de réaliser des travaux de tramways, participe en permanence à ces réflexions. La capitalisation du savoir-faire et le retour d'expérience sont un axe majeur dans le cadre de l'amélioration des services offerts à ses clients. L'analyse et l'exploitation des retours d'expériences permettent, d'une part d'améliorer la technicité et les méthodes de travail et d'autre part, d'offrir aux clients des solutions technico-économiques répondant au mieux à leurs attentes. □

Références bibliographiques :

- [1] Revue Travaux n°842, Aménagements urbains (juin 2007) ;
- [2] RGRA n°822, spécial Transports collectifs en site propre (novembre 2003).

ABSTRACT

TRAMWAY SUBGRADES: THE NEED FOR EXPERIENCE FEEDBACK

TRICHE AMMAR, EIFFAGE - POTIN STEPHANE, INGEROP - GILLIOCQ GERARD, APPIA

Since the comeback of tramways in France, Eiffage has taken part in numerous tramway projects. Whether for earthworks, subgrade development, rail laying, tunnels and bridges or public lighting, Eiffage has contributed its experience and expertise.

This article presents a review of the subject, and more specifically of the experience acquired by Eiffage Travaux publics in the development of railed tramway subgrades and the need for experience feedback for the benefit of future projects. These economically advantageous technical solutions concern both subgrade surfacing, the execution of drainage systems, the use of materials appropriate for urban works, etc.

This article does not discuss the case of tyred tramways, which represent a special case of guided urban transport. □

LAS PLATAFORMAS DE TRANVÍAS: LA NECESIDAD DE LAS RECUPERACIONES DE EXPERIENCIAS

TRICHE AMMAR, EIFFAGE - POTIN STEPHANE, INGEROP - GILLIOCQ GERARD, APPIA

Desde la vuelta del tranvía en Francia, Eiffage ha participado en numerosos proyectos de tranvías. Que se trate, ya sea, de movimiento de tierras, de la ejecución de la plataforma, del tendido de rieles, de las obras de fábrica, o bien del alumbrado público, Eiffage ha sabido aportar su experiencia y sus conocimientos técnicos. El objeto de este artículo consiste en analizar la situación respecto a este tema, y con mayor particularidad acerca de la experiencia adquirida por Eiffage Travaux publics relativa a la realización de las plataformas de tranvías sobre rieles y la necesidad de las recuperaciones de experiencias que se podrán aprovechar para los futuros proyectos. Estas soluciones técnicas que resultan económicamente interesantes se refieren tanto a los revestimientos de la plataforma, la ejecución del saneamiento y la utilización de materiales adaptados a los trabajos urbanos. En el presente artículo no se menciona el caso de los tranvías sobre neumáticos que constituyen un caso particular de los transportes urbanos guiados. □

LES TRANCHEES COUVERTES DE LA PARETTE A MARSEILLE: UN EXEMPLE D'INFRASTRUCTURE QUI S'INSCRIT DANS LE DEVELOPPEMENT URBAIN DURABLE

AUTEURS : YVAN MABED, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLÉTANCHE BACHY - BERNARD PAYEN, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLÉTANCHE BACHY - THOMAS JOUSSELLIN, INGÉNIEUR PROJETS, SOLÉTANCHE BACHY

DANS LE CADRE DU PROJET DE LA ROCADE L2 PRÈS DE MARSEILLE, UN OUVRAGE EN TRANCHÉES COUVERTES EST EN COURS DE RÉALISATION DANS LE QUARTIER DE LA PARETTE. APRÈS AVOIR RÉALISÉ LA TRANCHE FERME ENTRE 2005 ET 2007, LE GROUPEMENT SOLETANCHE BACHY (MANDATAIRE), BERTHOULY, DEMATHIEU & BARD, DG CONSTRUCTION ET NGE RÉALISE ACTUELLEMENT LA TRANCHE CONDITIONNELLE.

L'agglomération Marseillaise est desservie par 3 pénétrantes autoroutières qui convergent toutes jusqu'au cœur de la ville. En effet, l'une des particularités de la 3^e ville française est de ne pas posséder de périphérique. Bien que l'A50 et l'A55 soient reliées par le célèbre tunnel du « Prado » (ouvrage concédé qui passe notamment sous le Vieux Port), les trafics d'échange ou de transit saturent très rapidement l'ensemble des axes urbains et en particulier les boulevards de Plombières, Gaston Fleming et du Jarret qui comportent de très nombreux carrefours. La liaison autoroutière L2 a pour

objectif de proposer une alternative à ce schéma. Le report du trafic sur ce contournement Nord et Est de Marseille permettra à terme de diminuer la circulation sur les autres axes de la ville. Il sera ainsi possible de favoriser le développement du transport collectif en ville, via la création de voies réservées par exemple. Ainsi le concept fondateur de la L2 est de réduire le trafic automobile et ses nuisances, notamment en centre-ville, mais sans pour autant détériorer le cadre de vie des habitants des quartiers traversés par cette nouvelle infrastructure. Le projet L2 s'accompagne donc de mesures d'insertion ambitieuses.

LA ROCADE L2 : UNE LIAISON AUTOROUTIÈRE ATTENDUE DE LONGUE DATE

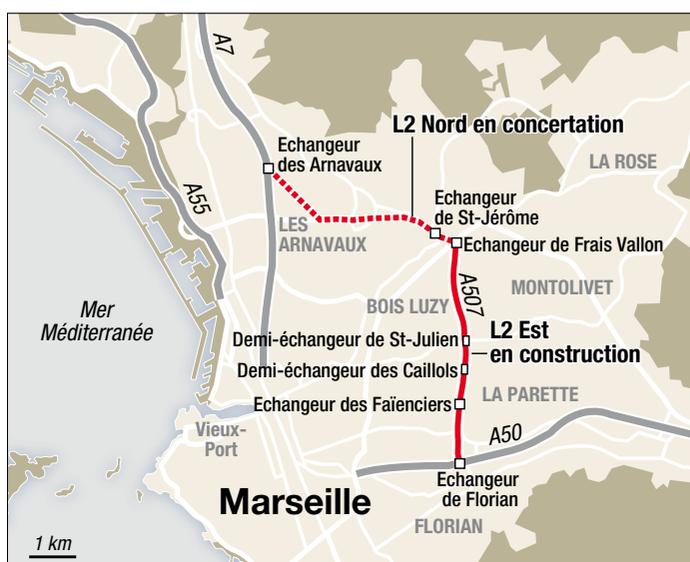
Une voie périurbaine de 9 km

Le projet de la L2 consiste à réaliser, sur le territoire de la ville de Marseille, une voie rapide urbaine reliant les autoroutes A7 au Nord et A50 à l'Est. Cette liaison, longue de 9 kilomètres et constituée de deux sections Est et Nord, permettra de contourner le centre-ville et de délester les boulevards qui font aujourd'hui fonction de rocade.

Une liaison envisagée avant la Seconde Guerre Mondiale

Le projet de la L2 s'inscrit dans un long processus engagé dès les années 30.

En 1974, le schéma directeur de l'agglomération de Marseille prévoit le statut de 'voie rapide urbaine' pour la rocade entre l'A7 et l'A50. La première étape de la construction de cette liaison consiste à réaliser la L2 Est, entre l'A50 et Frais Vallon. Les travaux aujourd'hui en cours, démarrèrent en 1993. La mise en service est programmée en 2011, pour un coût total de 565 M€. La seconde étape est la L2 Nord, entre Frais Vallon et l'A7. Alors que l'avant-projet sommaire de la L2 Nord a été rendu public en 2005, la concertation s'est poursuivie jusqu'en 2008. Cette section autoroutière fera l'objet en 2009 d'une enquête publique préalable à la DUP.



LES TRANCHEES COUVERTES DE LA PARETTE A MARSEILLE



Le chantier se situe à proximité d'une zone d'habitation.

The construction site is located in the vicinity of a residential area.

© SOLÉTANCHE BACHY

LES TROIS DIFFÉRENTS TYPES DE STRUCTURES

Schéma 1

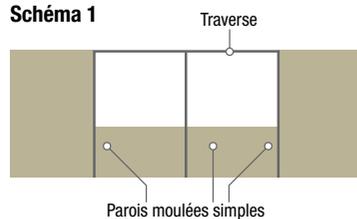


Schéma 2

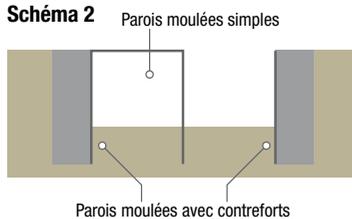
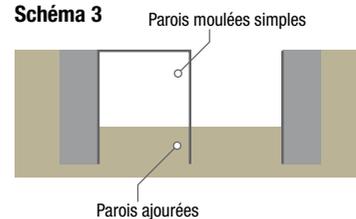


Schéma 3



Une fin de chantier financée par PPP

Les financeurs de la L2 sont l'État et le Conseil Régional PACA à hauteur de 27,5% chacun, le Conseil Général des Bouches-du-Rhône et la Communauté Urbaine de Marseille Provence Métropole, à hauteur de 22,5 % chacun. Dominique Perben, ancien ministre des Transports et de l'Équipement, a approuvé le recours à un partenariat public privé pour financer la fin du

chantier de la rocade L2 à Marseille. Ce protocole porte sur la totalité du financement et fixe un calendrier définitif pour réaliser l'ensemble de la rocade : la section Est pourra ainsi être mise en service en 2011, la section Nord en 2015.

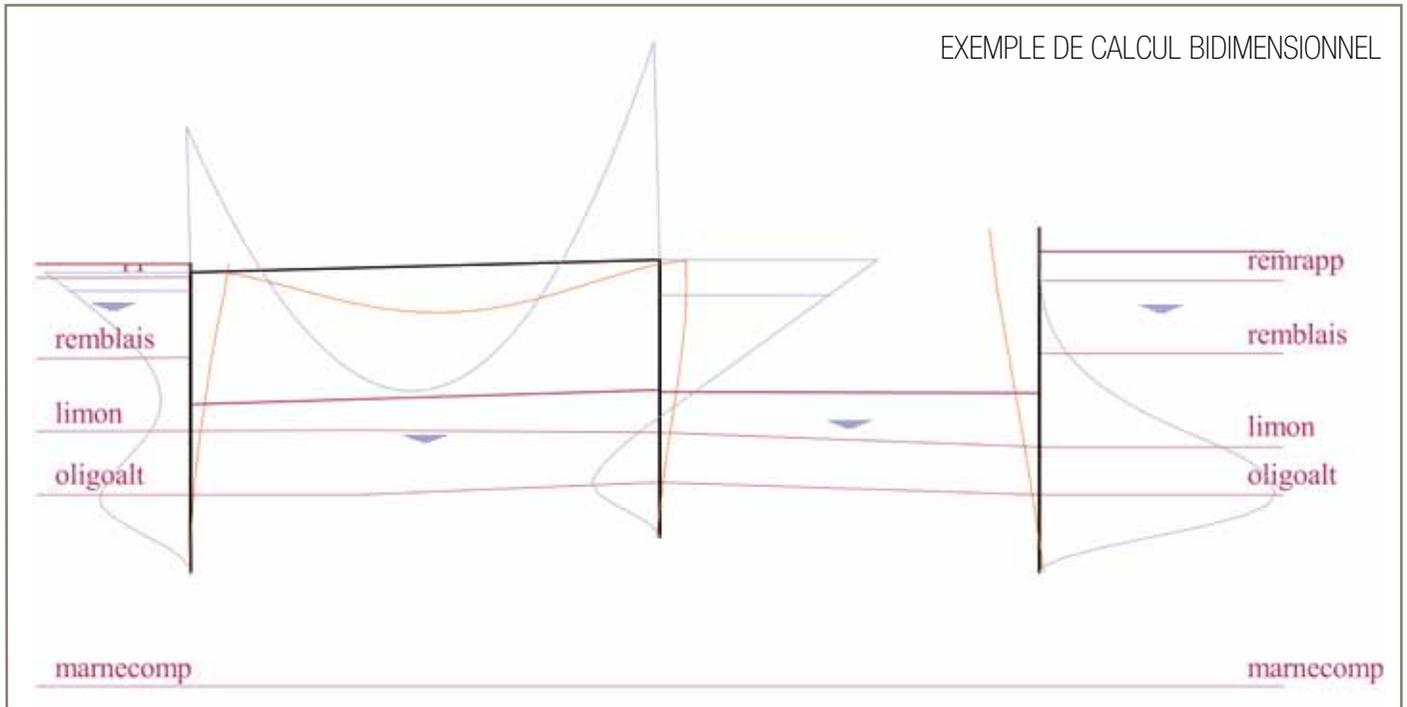
UNE SUCCESSION DE TRANCHEES COUVERTES ET SEMI-COUVERTES

La section de la Parette s'inscrit dans

« UN SUIVI DE L'IMPACT DES VIBRATIONS ENGENDRÉES PAR LES TRAVAUX A ÉTÉ MIS EN PLACE »

le projet de la L2 Est. Il s'agit de la dernière section avant l'échangeur Florian, échangeur qui se raccorde à l'autoroute A50. Aujourd'hui, les secteurs Montolivet et Saint-Banarbé sont achevés, hors chaussée. Les secteurs La Parette et Florian sont en cours d'exécution. Enfin, le secteur de La Fourragère est en phase d'appel d'offres. Les travaux de La Parette consistent, du nord au sud, en une demi-couverture de 210 mètres, puis une couverture complète de 536

EXEMPLE DE CALCUL BIDIMENSIONNEL



MODELISATION DE LA PAROI MOULEE



Réalisation des voiles et des contreforts.

Execution of shear walls and buttresses.



© SOLETANCHE BACHY

mètres et une seconde demi-couverture de 214 mètres au sud jusqu'à Florian. Les 500 premiers mètres de la tranche ferme ont été réalisés entre 2005 et 2007 par le même groupement que la tranche conditionnelle. La notification de l'OS de la tranche conditionnelle a été transmise au Groupement le 13 mai 2008. La tranche conditionnelle s'étend de la rue Saint-Pierre à l'échangeur Florian sur une longueur d'environ 500 m.

UN ENVIRONNEMENT DE CHANTIER SOUS SURVEILLANCE

Compte tenu de la situation urbaine du chantier, notamment à proximité d'une zone d'habitations et du cimetière Saint-Pierre, un suivi de l'impact des vibrations engendrées par les travaux a été mis en place (recours aux fissuromètres, capteurs de vibrations...). Par ailleurs, la nappe phréatique, relativement haute (entre 3 et 7 mètres sous le TN), a fait l'objet d'un suivi continu,

grâce à l'installation de tubes piézométriques, répartis de part et d'autre de l'ouvrage en cours de réalisation. De plus, la géologie du site est complexe, le chantier se trouvant dans une zone alluvionnaire reposant sur un substratum marneux. Le forage des parois moulées a rencontré en tête des remblais de plus ou moins bonne qualité, puis une épaisse couche d'alluvions sablo-graveleuses sur des marnes grises quasi-imperméables. Ponctuel-

lement, des matériaux très indurés ont été rencontrés, nécessitant l'utilisation de trépan (sous la surveillance des capteurs de vibrations). Un ancrage de la paroi d'au moins deux mètres dans ces marnes assure la fiche hydraulique.

PAROI MOULÉE : TROIS TYPES DE STRUCTURES

La paroi moulée présente 80 cm d'épaisseur et 12 m de profondeur moyenne, et cela sur les 500 m de

longueur de l'ouvrage. Du point de vue du dimensionnement, l'ouvrage peut être divisé en 3 types de structures, en partant du nord et en allant vers le sud :

→ une structure symétrique avec couverture complète des 2 voies de circulation de part et d'autre de la paroi centrale (cf. schéma 1),

→ une structure asymétrique avec couverture d'une seule voie de circulation et une paroi centrale pleine (cf. schéma 2),

→ une structure asymétrique avec couverture d'une seule voie de circulation et une paroi centrale ajourée (cf. schéma 3).

Dans le cas d'une structure asymétrique, des contreforts étaient nécessaires sur les parois externes de manière à les rendre autostables ou à les raidir pour soulager la paroi centrale. Dans le dernier cas, la paroi centrale ajourée est constituée de poteaux biais sur lesquels vient s'encasturer la traverse. En complément des calculs bidimensionnels, une étude tridimensionnelle a été nécessaire pour valider la faisabilité de l'encastrement de la traverse sur les poteaux biais.

18 000 M² DE PAROI MOULÉE EN MOINS DE 100 JOURS !

Pour respecter un délai d'exécution de 15 mois, le Groupement d'entreprises a dû planifier et organiser l'exécution

des travaux avec une rigueur extrême, des enchaînements de tâches et des phases de coactivité importante. La sécurité est pourtant restée au cœur des préoccupations des équipes. Un responsable Prévention présent à plein temps sur le site est chargé de veiller aux bonnes conditions de travail et à la coactivité des 200 personnes et engins qui œuvrent sur le site. D'importants moyens ont été mobilisés pour réaliser 18 000 m² de paroi moulée (et quelques ouvrages annexes de soutènement en parois berlinoises) en moins de 100 jours.

Dès le début du mois de juin 2008, 1 outillage d'excavation type KS (benne hydraulique), 1 outillage d'excavation type benne à câble et 2 grues de manutention (dont 1 dédiée à l'aire de ferrailage) travaillant sur 2 postes, sont entrés en action pour réaliser 3 parois moulées parallèles délimitant les 2 tubes Est et Ouest de l'ouvrage. Une organisation rigoureuse a permis de bétonner en moyenne 12 panneaux par semaine. 1 100 armatures T ont été assemblées sur le site, et une centrale installée sur le site a produit 15 000 m³ de béton. Le terrassement a commencé à peine 1 mois après le démarrage des travaux de paroi, dès qu'un avancement minimum a été atteint. Des Caterpillar 330CL ont commencé à charger près de 2000 m³ par jour. Puis, à partir du début du mois d'août 2008, les outils

coffrant sont entrés en action afin de réaliser la traverse des 2 tubes Est et Ouest.

De nombreux contrôles ont été réalisés : levés de points d'arrêt à toutes les phases de réalisation des ouvrages ; capteurs de vibration mis en place sur les avoisinants ; contrôles des bétons de paroi moulée et de génie civil ; 10 000 ml d'auscultation soniques réalisés sur les parois moulées ; essais de plaque/granulométrie sur les matériaux ; tri sélectif des matériaux excavés.

A ce jour, le terrassement des larges sillons argileux est pratiquement terminé, les parois moulées ayant libéré 100% de la zone depuis le début du mois d'octobre 2008. La réalisation des traverses est en phase d'achèvement, pour une livraison conforme au planning initial.

Ce chantier illustre le rôle clé que jouent les ouvrages en tranchée couverte dans la construction des infrastructures de transports urbains et donc dans le développement durable des villes. Pour cette raison, les entreprises spécialistes de cette technique comme Solétanche Bachy s'impliquent aujourd'hui pleinement dans des programmes de recherche tels que TRACI, lancé par le Pôle de Compétitivité Advancity, dont l'objectif est de réduire à la fois les coûts et l'impact environnemental de cette technique. □

PRINCIPALES QUANTITES

(TRANCHE FERME + TRANCHE CONDITIONNELLE)

PAROI MOULEE : 23 000 m²

BETON (PAROI MOULEE + GROS ŒUVRE) : 55 000 m³

COFFRAGES : 60 000 m²

ARMATURES (PAROI MOULEE + GROS ŒUVRE) : 7 500 T

TERRASSEMENT : 390 000 m³

ASSAINISSEMENT : 5 000 ml

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAITRISE D'OUVRAGE : MEEDDAT

MAITRISE D'ŒUVRE : Direction interdépartementale des Routes Méditerranée – Centre de Travaux L2 (DirMed)

BUREAU DE CONTROLE : ARCADIS (Marseille)

COORDONNATEUR SECURITE : Présence

ENTREPRISES :

Fondations : Solétanche Bachy (mandataire)

Terrassement, assainissement et réseaux humides : Berthouly TP

Génie civil : groupement Demathieu & Bard / NGE / DG Construction

ABSTRACT

THE CUT-AND-COVER TUNNELS OF LA PARETTE IN MARSEILLE: AN EXAMPLE OF INFRASTRUCTURE FITTING IN WITH SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

YVAN MABED, SOLÉTANCHE BACHY - BERNARD PAYEN, SOLÉTANCHE BACHY
THOMAS JOUSSELLIN, SOLÉTANCHE BACHY

As part of the L2 bypass project near Marseille, a cut-and-cover tunnel is under construction in the La Parette district. After carrying out the firm work phase between 2005 and 2007, the consortium formed by Solétanche Bachy (leader), Berthouly, Demathieu & Bard, DG Construction and NGE is currently executing the conditional work phase. □

FALSOS TÚNELES DE LA PARETTE EN MARSELLA: UN EJEMPLO DE INFRASTRUCTURA QUE SE INSCRIBE EN EL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE

YVAN MABED, SOLÉTANCHE BACHY - BERNARD PAYEN, SOLÉTANCHE BACHY
THOMAS JOUSSELLIN, SOLÉTANCHE BACHY

Situándose en el marco del proyecto de la vía de circunvalación L2 en las cercanías de Marsella, se encuentra en curso de realización una obra en falsos túneles ubicada en el barrio de La Parette. Tras haber ejecutado el tramo firme entre 2005 y 2007, la agrupación Solétanche Bachy (mandatario), Berthouly, Demathieu & Bard, DG Construction y NGE está realizando actualmente el tramo condicional. □

RESEAU ESCOTA : MISE AUX NOUVELLES NORMES DE SECURITE DE TUNNELS SUR L'AUTOROUTE A8

AUTEURS : BERNARD LYAN, ESCOTA, CHEF DE PROJET CONDUITE D'OPÉRATION - GHYSLAIN LE BIHAN, BG, INGÉNIEUR TRAVAUX - EMMANUEL RIGAUD, BG, DIRECTEUR DES TRAVAUX

DANS LE CADRE DE LA MISE AUX NOUVELLES NORMES DE SÉCURITÉ DES TUNNELS ROUTIERS, LA SOCIÉTÉ ESCOTA (VINCI CONCESSIONS) RÉALISE D'IMPORTANTS TRAVAUX DE RÉNOVATION SUR PLUSIEURS TUNNELS DU TRONÇON NICE – FRONTIÈRE ITALIENNE DE L'AUTOROUTE A8, NOTAMMENT LES TUNNELS DE COL DE GARDE, SAINTE-LUCIE, CASTELLAR ET PEYRONNET. LE PRÉSENT ARTICLE DÉCRIT LES DIFFÉRENTES PHASES DE TRAVAUX DE RÉFECTION DES PIÉDROITS COMPRENANT LA MISE EN PLACE D'UN DRAINAGE, LA RÉPARATION DES SURFACES DE BÉTON, LA MISE EN ŒUVRE D'UN ENDUIT ET LA MISE EN PEINTURE, DEPUIS LA CONCEPTION JUSQU'À LA RÉALISATION. LA RÉNOVATION ET L'AMÉLIORATION DE LA PERCEPTION DES OUVRAGES SOUTERRAINS PAR LES USAGERS ONT NÉCESSITÉ D'ADAPTER LES MOYENS ET LES MÉTHODES EN FONCTION DES ALÉAS RENCONTRÉS AU COURS DE L'EXÉCUTION DES TRAVAUX, TOUT EN LIMITANT LA DURÉE D'INTERVENTION ET LES COÛTS.

DES TUNNELS À RÉNOVER DE NICE JUSQU'À LA FRONTIÈRE ITALIENNE

Implanté en région PACA, le réseau Escota exploite 459 km d'autoroute comptant 22 tunnels qui comportent au total 40 tubes. 34 de ces tubes se situent dans les Alpes-Maritimes, sur une section de 34 km entre Nice et la frontière italienne. La conception et la construction de ces ouvrages s'est échelonnée depuis les années 60 jusqu'aux années 90.

Dans le cadre des travaux de mise aux nouvelles normes de sécurité des tunnels appliquées aux tubes de plus de 300 m, selon l'annexe 2 de la circulaire interministérielle n° 2000.63 (IT), Escota a pris le parti de rénover l'ensemble des tubes depuis Nice jusqu'à la frontière italienne, y compris ceux de moins de 300 m.

L'objectif est, au-delà de la sécurisation, d'homogénéiser la perception des tunnels vis-à-vis des usagers, et d'avoir une unité d'exploitation homogène.

Quatre tunnels bitubes

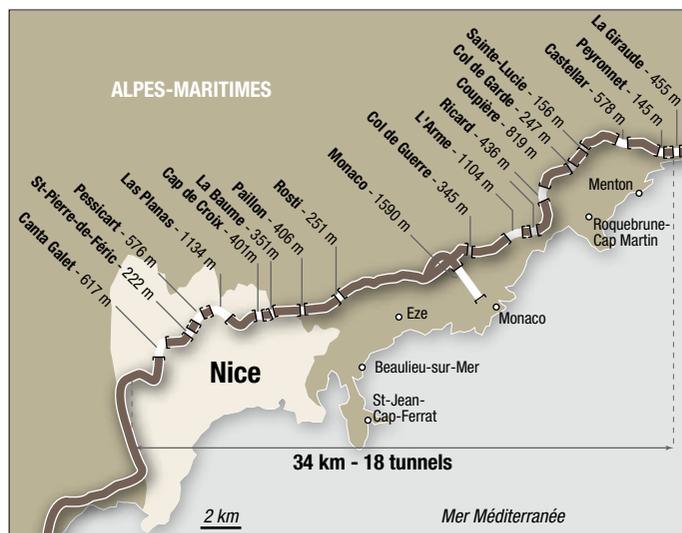
Depuis le contournement de Nice jusqu'à la frontière italienne, l'autoroute A8 du réseau ESCOTA est constituée de 3 sections : la section du contournement de Nice (CN), la section Turbie

– Coupière Est (TUC) et la section Coupière Est – frontière italienne (CEF).

La section CEF comprend quatre tunnels bitubes, les tunnels du Col de Garde (247 m), Sainte-Lucie (156 m), Castellar (578 m) et Peyronnet (145 m). Il s'agit des quatre derniers tunnels entièrement situés sur le territoire français à proximité de la frontière franco-italienne. Tous les tubes comportent deux voies de circulation de 3,50 m et deux bandes dérasées. Le tunnel de Castellar, seul tunnel de la section soumis à l'IT, présente la particularité d'être doté de deux galeries intertubes datant de la construction. Les quatre tunnels ont été construits au début des années 70 suivant la méthode calotte-stross à la fois pour le soutènement et le revêtement définitif.

Un vaste programme de rénovation

Les travaux de mise à niveau de la sécurité des tunnels et de l'assainissement résultent du programme d'amélioration proposé dans le cadre du dossier préliminaire de sécurité (DPS) ainsi que d'une démarche d'homogénéisation de l'aspect de l'ensemble des tunnels de l'A8. Pour la section CEF, une mission de maîtrise d'œuvre générale d'étude



SYNOPTIQUE DE L'AUTOROUTE A8

SECTEUR NICE - FRONTIÈRE ITALIENNE - 9KM DE TUNNELS - 16,9 KM DE TUBES

et d'exécution a été confiée à BG Ingénieurs Conseil (BG).

Les travaux portent sur les domaines suivants :

- la réfection des piédroits des quatre tunnels ;
- l'aménagement des deux galeries intertubes du tunnel de Castellar en sas d'évacuation ;

→ la création d'un réseau incendie dans le tunnel de Castellar ;

→ la collecte des eaux de chaussées pour le tunnel de Castellar (caniveaux à fente) ;

→ la réalisation de multitubulaires sous trottoir ;

→ la réfection de chaussée pour les 4 tunnels, avec la mise en œuvre d'un béton bitumineux très mince (BBTM) ▷



1



2

clair pour les tunnels de Col de Garde et de Castellar, dans une démarche de développement durable ;

→ l'aménagement des postes tunnels existants et la création de nouveaux ;

→ la création d'un bâtiment technique permettant d'une part d'anti-recycler les fumées d'un tube sur l'autre, et d'autre part d'abriter les équipements d'alimentation des 2 tubes du tunnel de Castellar, un poste de livraison EDF, un groupe électrogène de secours et des relais radio de l'ensemble du secteur ;

→ la création d'une interruption de terre-plein central (ITPC) en tête ouest du tunnel de Castellar ;

→ la création d'un bassin de rétention, en tête ouest du tunnel de Castellar dans le prolongement de l'ITPC ;

→ la reprise complète de la distribution électrique HT/BT ;

→ le remplacement de l'éclairage existant par un éclairage au sodium haute pression ;

→ la mise en place de nouveaux équipements d'exploitation ;

→ la refonte complète de la Gestion Technique Centralisée, la sécurisation du réseau et de la supervision.

Dans ce vaste programme de rénovation, la réfection des piédroits des quatre tunnels revêt un caractère intéressant en raison des contraintes particulières liées aux travaux sous circulation mais aussi du faible retour d'expérience sur ce type de problématique. Les textes ci-après concerneront donc uniquement les travaux de traitement des piédroits.

1- État initial : venues d'eau et concrétions calcaires.

2- État du parement avant traitement.

1- Initial state: Infiltration of water and calcareous concretions.

2- State of the cladding before treatment.

Les caractéristiques intrinsèques des tunnels

L'une des difficultés d'un projet de rénovation consiste à collecter et à analyser toutes les données disponibles sur l'ouvrage (document d'exécution, inspections périodiques, relevés topographiques, etc.). Dans le cas de l'autoroute A8, deux événements conditionnaient la collecte des données : le transfert de maîtrise d'ouvrage entre la DDE et la société Escota lors de la mise en service en 1970, et l'inondation des archives qui a suivi dans les années 70. En définitive, seuls des reconnaissances visuelles conduites en 2001 et 2002 et quelques plans de l'époque de la construction ont été mis à disposition de la maîtrise d'œuvre générale (BG). Il n'a donc pas été possible de connaître précisément les caractéristiques intrinsèques des tunnels,

notamment les propriétés physico-mécaniques (porosité, résistance mécanique, etc.).

Au cours des études d'avant-projet, des inspections visuelles sur une voie neutralisée des tunnels ont permis de confirmer certaines données. Mais aucune campagne de reconnaissances approfondies n'a pu être organisée, compte tenu des délais relativement courts.

Cependant, à partir des inspections réalisées en 2001 et 2002, il a été possible de dresser un premier état des lieux général des ouvrages concernés par la mise à niveau de la sécurité. Les tunnels sont revêtus d'un anneau en béton s'élargissant à sa base en forme de semelle. La longueur des éléments bétonnés est variable de 5 m à 7,5 m environ. Ces étapes de bétonnage sont marquées par un joint horizontal (hauteur 3 à 4 m) issu du procédé de construction en calotte-stross et des joints verticaux du fait du bétonnage par plot.

Aucun drainage ni lé d'étanchéité n'est présent à l'extrados mais des captages ont été réalisés ponctuellement, à l'origine ou au cours de la vie des ouvrages. Aujourd'hui, ils ne fonctionnent que partiellement. Les revêtements ont été réalisés au moyen de coffrages traditionnels constitués de bastings et de madriers. Étant resté brut de décoffrage, le parement présente d'importants défauts de régularités de surface tels que des balèvres, des épaufrures,

« **LA RÉFECTION DES PIÉDROITS DES QUATRE TUNNELS AUTROUTIERS REVÊT UN CARACTÈRE INTÉRESSANT EN RAISON DES CONTRAINTES PARTICULIÈRES LIÉES AUX TRAVAUX SOUS CIRCULATION MAIS AUSSI DU FAIBLE RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR CE TYPE DE PROBLÉMATIQUE** »



3

© ESCOTA-BG

des désaffleurements et des saillies. A cela s'ajoute une fissuration structurelle du revêtement liée aux comportements du massif rocheux. La fissuration est particulièrement marquée au niveau des têtes de tunnel.

Ces différentes imperfections ont été partiellement reprises au cours du temps par de nombreux ragréages et enduits de resurfaçage. En presque 40 ans d'existence, les reprises partielles par ragréage ou enduit n'ont jamais fait l'objet d'un inventaire précis et à l'époque, les produits utilisés ne répondaient pas aux exigences requises aujourd'hui en termes de durabilité. Sur quelques zones, plusieurs couches d'enduit ou de ragréage ont été rencontrées. Durant la vie de l'ouvrage, de nombreuses venues d'eau, de concrétions calcaires (localement importantes) et de suintements au droit des joints (verticaux et horizontaux) sont apparus sur l'intrados (photo n°1). Ces eaux d'infiltration du massif percolent à travers le revêtement en béton au droit

des nombreux captages non équipés, des joints entre éléments des étapes de bétonnage et des fissures existantes, ou à travers la pleine masse de béton.

Elles sont recueillies en pied de parements par deux cunettes qui les conduisent aux avaloirs extérieurs en tête de tunnel. Les investigations menées en 2001 (Sainte-Lucie et Col de Garde) et 2002 (Castellar et Peyronnet) ont permis de localiser les différents ragréages existants et les zones nécessitant un nouveau ragréage.

Il en ressort qu'environ 33 % des surfaces de piédroits comportent des ragréages existants, des zones d'altération et des nids de cailloux, soit environ 7 300 m² sur une surface totale de 22 000 m². De plus, la forte irrégularité de surface (balèbres, épaufrures, etc.) et les venues d'eau (locales et diffuses) ont très nettement favorisé les dépôts de particules issues du trafic rendant ainsi les parements très ternes et noirs (photo n°2).

LA RÉFECTION DES PIÉDROITS DES TUNNELS

Les diverses solutions envisageables

Lors des études d'avant-projet, BG a analysé plusieurs solutions de traitement des piédroits, en plus des propositions du programme d'amélioration présenté par Escota. Ces solutions ainsi que les raisons ayant conduit à les écarter sont les suivantes :

→ Mise en peinture simple à la chaux : faible pérennité ;

→ Parements décalés : encombrement du gabarit et problème d'entretien ;

→ Réalisation d'une double coque sur l'intrados (lé d'étanchéité et coque en mortier) : coût élevé ;

→ Réfection totale de l'intrados (réalésage, étanchéité, bétonnage) : coût élevé.

La solution développée dans le cadre du programme d'amélioration consiste à ragréer le parement en piédroits dans les zones le nécessitant (anciens ragréages altérés, nids de cailloux, etc.), à traiter la surface des piédroits sur une hauteur de 4,8 m par un enduit et à mettre en peinture les piédroits. Le programme d'amélioration prévoit également la réfection et/ou la réalisation de nouveaux forages d'appel pour capter les venues d'eau ponctuelles et la pose d'une gouttière sur toute la longueur du tunnel, en haut de la zone ragrée afin de recueillir les eaux provenant des suintements en voûte.

La solution retenue

Le traitement des piédroits adopté

reprend la solution de base développée dans le programme d'amélioration avec en plus un drainage au droit de tous les joints verticaux. D'une manière générale, elle se décompose chronologiquement de la manière suivante :

→ Préparation des surfaces : compte tenu des pathologies observées telles que nids de gravier, désaffleurements, dépôts de calcite sur le parement, et compte tenu des réparations existantes comme l'enduit de surfaçage ou le mortier de ragréage, l'obtention d'une surface saine au préalable de l'application de l'enduit est nécessaire. Pour cela, il est envisagé un lavage haute pression 70-100 MPa, voire de l'hydrodémolition jusqu'à 250 MPa. Ce traitement hydraulique doit permettre d'obtenir une surface de revêtement ayant une résistance à l'arrachement $\geq 1,5$ MPa, avant l'application du mortier de ragréage et de l'enduit.

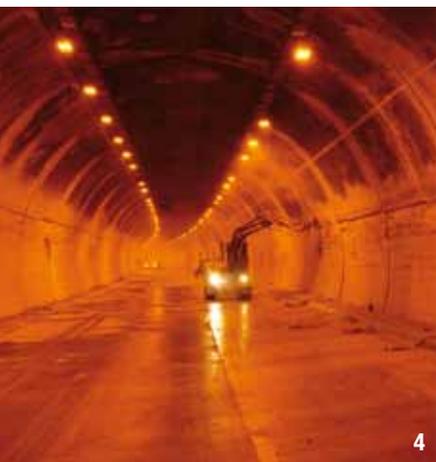
→ Captage des venues d'eau : les venues d'eau avérées (suintements et filets d'eau) ou déduites du fait de la présence de concrétions doivent faire l'objet d'un drainage par un forage incliné (minimum 45°) de 1,50 m de long minimum. Au droit du forage, une saignée de 8 cm de large par 10 cm de profondeur est réalisée par sciage (photo n°3) pour acheminer l'eau jusqu'en base de piédroits, par l'intermédiaire d'une ½ coquille. Cette saignée est remplie de mortier à retrait compensé.

→ Traitement des joints horizontaux : ▷

DES OBJECTIFS PRÉCIS

Les travaux de traitement des piédroits visent à :

- améliorer à la fois la sécurité et l'esthétique en assurant de manière pérenne, un environnement clair dans les ouvrages ;
- réduire la densité des venues d'eau ;
- offrir un support sain pour la signalisation et la signalétique ;
- ne pas présenter de risques de dégradation importants en cas d'accidents ;
- faciliter les opérations de lavage (surface sans saillies) ;
- minimiser les coûts et les délais (pertes d'exploitation et gêne aux usagers).



4



5



6

L'objectif du traitement des joints horizontaux est d'obtenir le cheminement de l'eau dans le joint horizontal (cheminement préférentiel du fait du contact irrégulier du plot de bétonnage de voûte avec celui du piédroit réalisé en sous-œuvre). Le traitement consiste à scier longitudinalement le joint au droit des étapes de bétonnage et de le remplir avec du mortier à retrait compensé.

→ Traitement des joints verticaux : il s'agit de capter les venues d'eau et de reprendre la géométrie (désaffleurement d'un plot de bétonnage par rapport à l'autre). Les joints verticaux sont sciés sur leur hauteur et équipés d'un joint « sapin » souple. Ce traitement permet ainsi le captage des venues d'eau provenant du joint en minimisant les coûts. Le recours à un joint « sapin » souple permet aussi l'inspection visuelle ultérieure du fond de la saignée.

→ Réfection des piédroits : il s'agit de la dernière opération avant la mise en peinture générale. Compte tenu de l'hétérogénéité et des défauts sur les parements, notamment après la purge des zones le nécessitant, toutes les surfaces sur une hauteur de 4,80 m recevront à minima un enduit de resurfaçage de 3 à 5 mm d'épaisseur. Lorsque l'épaisseur à reprendre est importante, un mortier de ragréage doit être appliqué avant la mise en œuvre de l'enduit de resurfaçage. Le mortier de ragréage et l'enduit de resurfaçage doivent présenter des caractéristiques bien définies : un excellent accrochage surfacique avec une valeur d'adhérence à la traction de 1,5 MPa sur béton in situ à 28 jours, peu de retrait, la possibilité d'application sans couche d'accrochage, une résistance élevée au gel et sels de déverglaçage, une compatibilité avec les autres produits (peinture).

→ Peinture : une peinture beige claire (RAL 1015) est appliquée sur une

hauteur de 4,80 m sur les surfaces préalablement resurfacées. L'application se fait en 2 couches constituant une épaisseur totale sur film sec de 200 µm minimum. Une couche de peinture anti-UV (épaisseur sur film sec de 50 µm) est ensuite appliquée sur les 50 premiers mètres des têtes de tunnel.

→ Captage des venues d'eau au-delà de 4,80 m : afin de collecter les eaux ruisselant le long de la voûte, une gouttière en acier inoxydable est implantée

4- Rabotage.

5- Joint vertical traité par fraisage et équipé d'une ½ coquille – joint horizontal traité par piquage – joint vertical scié.

6- Application de la peinture au rouleau.

7- État final avec l'habillage d'une niche de sécurité.

8- États avant et après traitement en cours de travaux.

4- Planing.

5- Vertical joint treated by milling and fitted with a half-casing – horizontal joint treated by chipping – sawed vertical joint.

6- Paint application by roller.

7- Final state with lining of a safety recess.

8- States before and after treatment during the works.

en partie supérieure de la zone traitée (h = 4,80 m) sur toute la longueur des tunnels. Les exutoires de la gouttière sont réalisés tous les 20 m environ dans une saignée de joint vertical.

NB : le traitement des venues d'eau en voûte susceptibles d'atteindre directement la chaussée sans écoulement le long du béton n'est pas envisagé dans le programme d'amélioration mais elles ont fait l'objet d'un traitement ponctuel par des tôles pare-pluie en inox.

DES SOLUTIONS SUR MESURE POUR DES PROBLÈMES SPÉCIFIQUES

S'agissant de travaux de rénovation, des contraintes particulières ont dû être intégrées dans l'élaboration du phasage général des travaux, notamment pendant les travaux et ce, dans l'optique de minimiser les pertes d'exploitation et les risques vis-à-vis des usagers, et d'adapter durablement les ouvrages.

Prendre en compte les caractéristiques intrinsèques aux ouvrages existants

Afin de caractériser le support du traitement des piédroits, le cahier des charges prévoyait des essais physico-mécaniques du béton et des enduits existants, pendant la période de préparation.

Les essais mécaniques effectués, sur éprouvette et in situ lors de la période de préparation ont montré que :

→ les bétons présentent des porosités à l'air de 14 % en moyenne, une résistance moyenne à la compression de 35 MPa et une résistance moyenne en adhérence de 3,5 MPa (essai sur pastille collée sur des surfaces de béton sain ou essai par fendage sur carotte) ;

→ la résistance à l'adhérence des enduits est inférieure à 1,5 MPa (essai sur pastille collée sur des surfaces d'enduit visuellement sain).

Le marché prévoyait également la réalisation de planches d'essais afin de cadrer les procédés de traitement de piédroits. Ces essais avaient notamment pour objectifs de vérifier l'efficacité du décapage haute pression (70-100 MPa), de valider le choix du mortier de ragréage et de resurfaçage, et d'établir les cadences afin de fiabiliser les plannings.

Les enduits existants

Deux principales familles d'enduits existants ont été observées sur le parement, les enduits pelliculaires de 0 à 10 mm d'épaisseur et les enduits de ragréages de 10 mm à 50 mm, localement jusqu'à 200 mm.

Au cours de la période de préparation, les planches d'essais ont permis de mettre en évidence pour ces deux familles :

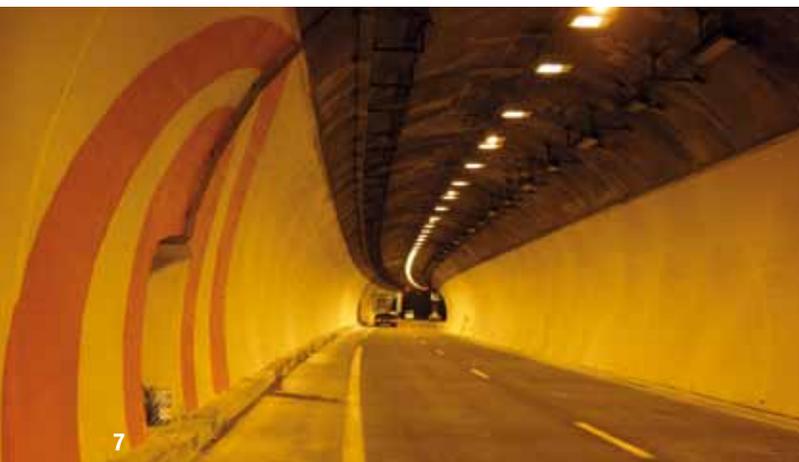
→ Une très bonne résistance au décapage haute pression (70-100 MPa). Le décapage haute pression s'est avéré très peu efficace en termes de rendement et d'efficacité alors qu'au marteau de géologue ces enduits sonnent « creux » et s'enlève facilement.

→ Une mauvaise résistance en adhérence (< 1 MPa).

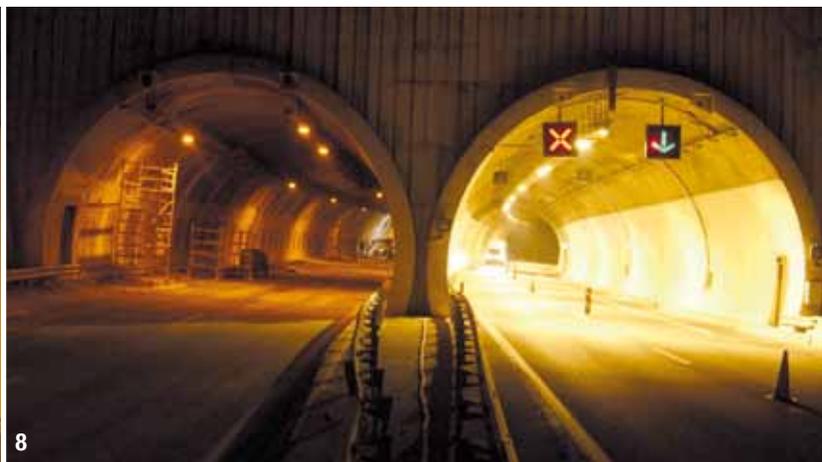
Dans l'impossibilité de caractériser toutes les zones d'enduits, la purge complète jusqu'au béton sain a été nécessaire. En raison de son inefficacité, le décapage haute pression a été abandonné et remplacé par un rabotage mécanique réalisé au moyen d'une fraise de type paroi moulée montée sur une mini-pelle (photo n°4).

Les joints verticaux

Certains joints verticaux sont équipés d'une demi-coquille de drainage en caoutchouc ou en toile métallique (chaussette) maintenue par un enduit. Indépendamment de la présence de cette demi-coquille, certains joints présentent d'importants défauts d'aligne-



7



8

© ESCOTA-GB

ment vertical. Pour ces 2 cas, le sciage initialement prévu a dû être remplacé par du fraisage mécanique permettant de suivre la géométrie du joint vertical. Les joints verticaux traités par fraisage sont donc refermés par une demi-coquille et du mortier au lieu d'un joint « sapin » (photo n°5).

Les joints horizontaux

Le recours à la méthode calotte-stross pour la réalisation initiale du revêtement a induit la présence d'un joint horizontal très irrégulier et parfois évidé. En effet, la géométrie du joint horizontal présente des variations altimétriques pouvant atteindre 0,5 m sur 5 m de longueur (photo n°5). Le contact entre l'anneau de voûte et l'élément de piédroit bétonné en sous-œuvre n'étant que partiellement assuré, le joint horizontal a montré, suite à des reconnaissances destructives, un remplissage fréquent par un enduit de bourrage ainsi que de nombreux vides pouvant atteindre plusieurs centaines de litres.

Les sciages initialement prévus devenant irréalisables, le choix d'une purge manuelle (marteau piqueur) jusqu'au béton sain, puis la fermeture par un nouveau mortier ont été retenues. Les vides mis à jour ont été également remplis de mortier.

Optimiser la mise en œuvre des nouveaux enduits

La mise en œuvre d'un enduit de resurfaçage sur des épaisseurs de 3 à 5 mm, telle que prévue dans le cadre du marché, s'est avérée extrêmement sensible au support et aux conditions atmosphériques.

Lors de la réalisation des planches d'essais, plusieurs enduits à base de ciment hydraulique adjuvanté (résine et polymère) de différents fournisseurs ont été testés et exposés au même environnement. Ils ont tous présenté les mêmes types de désordres, en particulier :

→ L'apparition de cloques quelques minutes après la mise en œuvre sur

le parement. L'application d'une fine couche de mortier frais sur un support à porosité très ouverte (14 % à l'air) provoque la prise au piège de l'air contenu dans le parement. Dans un premier temps, l'eau de gâchage est absorbée par le support et réduit rapidement l'espace disponible pour l'air dans le support. Cette réduction de volume disponible est accentuée dans un deuxième temps par le talochage qui, lorsqu'il est trop appuyé, diminue à nouveau le volume d'air disponible dans le support en comblant plus profondément les pores. En conséquence, l'air cherchant un exutoire exerce une pression vers l'extérieur sur la fine pellicule de mortier frais en créant des cloques.

→ Un faiçonnage très prononcé quelques heures après la mise en œuvre. Le faiçonnage des matériaux à base cimentaire est généralement créé par des perturbations des réactions d'hydratation liées à un départ prématuré de l'eau (dessiccation). Appliquer en très fine épaisseur, le mortier frais souffre dans un premier temps d'une migration de l'eau vers le support (porosité importante) et dans un deuxième temps de l'évaporation causée par la ventilation naturelle des tunnels.

La réalisation des plots d'essais a permis de qualifier un complexe bouche-pore/enduit/produit de cure permettant de réfectionner les piédroits conformément aux prescriptions du marché. Face à la difficulté rencontrée pour mettre en œuvre une solution technique satisfaisante, les entreprises ont été sensibilisées aux problématiques de dosage en eau, de température d'application, de respect du temps d'application du produit de cure, du taux d'hygrométrie du support, etc. Le produit retenu à la suite des planches d'essais permet une application de 3 à 50 mm d'épaisseur.

De ce fait, les zones nécessitant un ragréage inférieur à 50 mm d'épaisseur (90 % des zones à ragréer) ont pu être traitées dans la phase d'application de l'enduit, et un gain de temps important a ainsi pu être réalisé. La méthode d'application retenue a conduit à un lissage limité des surfaces d'enduit et donc à une surface finale rugueuse et poreuse. Lors de l'application de la peinture à l'Airless (pistolet), la pellicule de peinture ne bouche pas suffisamment les pores et ne lisse pas la rugosité. Ainsi des volumes d'encrassement sont créés par défaut de lissage ce qui confère un aspect terne et salissant aux piédroits. L'application au rouleau d'une troisième couche de peinture a donc été réalisée (photo n°6). Cette application, bien que moins homogène que l'Airless (remplissage partiel des pores) permet d'homogénéiser l'aspect de surface et donc de limiter l'encrassement (dépôt de particules).

Concilier les contraintes d'exploitation et le planning des travaux

Le phasage général des travaux a été élaboré en veillant à :

→ La sécurité des usagers et des personnels de chantier : les travaux de réfection de piédroits ne peuvent être réalisés sous trafic. Cela impose pendant les travaux le report du trafic d'un tube sur l'autre (trafic bidirectionnel). Les travaux ne sont de ce fait réalisés que sur un tube à la fois (continuité du flux sur autoroute);

→ Une gêne minimale pour les utilisateurs : avec un trafic important (TMJA 2006 = 23 300 véhicules/jour dans les 2 sens dont 22 % de PL), des variations saisonnières importantes et un trafic significativement plus dense en fin de semaine, il a été nécessaire de distinguer des périodes de travaux : soit exclusivement de nuit, toute l'an- ▷

LE TRAITEMENT DES PIEDROITS EN 4 ETAPES

ETAPE 1 : démolition, sciage : Cette étape regroupe notamment les sciages (verticaux et horizontaux), le fraisage, les forages, le rabotage, etc.;

ETAPE 2 : demi-coquilles et mortier de ragréage : avec un lavage général à haute pression (200 bars) préalable, cette étape inclut la mise en œuvre des ½ coquilles de drainage, la mise en œuvre du mortier de ragréage dans le joint horizontal, dans les saignées équipées de ½ coquille et sur les surfaces à reprendre (nid de cailloux, désaffleurements, etc.) ;

ETAPE 3 : Enduit de resurfaçage : avec un lavage général à haute pression (200 bars) préalable, cette étape correspond à la mise en œuvre de l'enduit de resurfaçage ;

ETAPE 4 : Mise en peinture : avec un lavage général à haute pression (200 bars) préalable, cette étape correspond à la mise en œuvre de la peinture au pistolet (deux couches de 200 µm), puis une troisième couche au rouleau. Une couche anti-UV de 50 µm est réalisée aux têtes sur une longueur de 50 m. Des peintures d'animation ont également été réalisées au droit des issues de secours (RAL 6024) et des niches de sécurité (RAL 2004) – Photos n°7 et n°8

Chaque étape devait faire l'objet d'un point d'arrêt pour valider les travaux exécutés et pour autoriser la poursuite des autres travaux.

née 5j/7, soit 24 h/24 automne et hiver, 6j/7. D'autre part, la contrainte interdisant la mise en place de plus de deux basculements de chaussée sur deux sections de travaux adjacentes a conduit à la nécessité de prendre en considération les travaux adjacents à la section CEF, en particulier la section TUC et l'Autoroute A10, côté Italie (Autostrada Dei Fiori). L'analyse des statistiques des différentes périodes de l'année et leur variation pendant la semaine d'une part, et la prise en compte des périodes de travaux sur les autres sections d'autre part, ont permis de retenir un planning optimal permettant de concilier la nécessité de réduire le risque de saturation du trafic et la limitation de la durée totale des travaux. Enfin, pour garantir un niveau de sécurité suffisant, les entreprises en charge des travaux avaient pour obligation de restituer une voie de circulation en un quart d'heure pour les secours et une demi-heure pour la circulation usagers en mode dégradé. Ainsi, le planning arrêté au stade de la consultation des entreprises était très volontariste et laissait peu de place aux décalages. Le challenge consiste, pour l'entreprise et la maîtrise d'œuvre à conduire des travaux minutieux dans des délais très courts où tout décalage de quelques semaines peut retarder la réception finale des travaux de plusieurs mois. La prise en compte des contraintes d'exploitation a donc conduit à prévoir des travaux sur des délais très courts avec une importante interdépendance des ateliers de Génie Civil et d'Equipements et des travaux sur les sections adjacentes (TUC et A10). Les travaux des tunnels de Castellar et Peyronnet ont ainsi été planifiés en automne 2007

et hiver 2008 pour le Génie civil et en automne 2008 et hiver 2009 pour les équipements en basculement 24h/24, 5 jours sur 7.

Les travaux des tunnels de Col de Garde et Ste-Lucie ont été planifiés de l'hiver à l'été 2008 pour les travaux de Génie Civil et d'Equipements en basculement de nuit. Le solde des travaux (revêtement de chaussées, GTC) sont prévus au cours de l'année 2009. La durée des travaux est donc de 30 mois, y compris les travaux d'Equipements, pour les 8 tubes, dont 10 mois pour la réfection des piédroits.

BILAN DES TRAVAUX

Une coordination exploitation/travaux difficile mais réussie

La réouverture des tunnels tous les matins pour les sections ne permettant pas une fermeture 24h/24, et l'obligation de restituer à la circulation une voie en moins de 30 min ou 15 min selon le cas ont fortement pesé sur l'organisation générale et locale des travaux. Pour la restitution des voies tous les matins, les équipes étaient contraintes d'évacuer les déchets et de nettoyer la chaussée en permanence pendant la nuit. Avant chaque réouverture, un camion balai assurait le nettoyage final mais nécessitait un arrêt du travail une heure avant la fin du poste. Pour l'obligation de restituer au moins une voie en cas d'urgence, les installations des travaux sur les piédroits ont dû être organisées par demi-chaussée la plupart du temps avec une logistique réduite. Avec un temps effectif de travail réduit à 7 heures environ et des contraintes sur la localisation du travail dans les tunnels, les travaux se sont avérés pénibles pour les équipes

et pour l'encadrement de chantier. En particulier, les difficultés de coordination des différents ateliers et l'organisation de début de poste équivalent chaque jour à un démarrage de chantier.

Un enchaînement des tâches bien orchestré

Chaque étape prise individuellement reste relativement classique et simple en termes techniques et méthodologiques mais d'une semaine sur l'autre, voire d'un poste à l'autre, l'enchaînement des tâches a systématiquement été réadapté en fonction :

→ de l'incompatibilité de certaines tâches. La mise en œuvre de l'enduit de resurfacement ne pouvait se faire pendant la démolition et le sciage du fait de la contamination des supports par la poussière ;

→ du temps disponible par poste de travail. Les équipes de projection de l'enduit devaient veiller à s'arrêter suffisamment tôt avant la fin du poste pour pouvoir appliquer le produit de cure et évacuer le chantier à l'heure ;

→ de l'état existant. Au fur et à mesure de la purge des parements (enduits existants), de nombreuses venues d'eau ont été réactivées et d'importants vides ont été constatés nécessitant la réalisation de drainages supplémentaires.

Ces opérations assez simples ont nécessité la présence quasi-permanente du conducteur de travaux et du maître d'œuvre. Pour ce type d'opération, les Entreprises ont dû faire preuve d'adaptabilité tant pour faire face aux variations de quantité que sur la gestion des équipes et des approvisionnements. Dans le cadre de la rénovation, outre la préparation de chantier et la connaissance technique du sujet qui revêtent un caractère primordial pour

la bonne marche du chantier, un encadrement important doit permettre de faire face aux adaptations quotidiennes liées à l'état de l'ouvrage existant et aux contraintes d'exploitation. □

LES TRAVAUX EN QUELQUES CHIFFRES

- surface de piédroit traité = 22 000 m²
- linéaire de saignée horizontale = 4 400 ml
- linéaire de saignée verticale (demi-coquille / joint sapin) = 1 750 ml / 3 450 ml
- saignée pour captage = 1 000 ml
- nombre de forages d'appel = 280
- durée des travaux 10 mois (2/3 en 24h/24 5j/sem. et 1/3 de nuit 6j/sem.)
- coût des travaux relatifs au traitement des piédroits = 5 M€, soit 230 € / m² environ

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAITRE D'OUVRAGE
ESCOTA, Direction de l'Ingénierie des Infrastructures, Mission Tunnels

MAITRE D'ŒUVRE GENERALE
BG Ingénieurs Conseils SA

MANDATAIRE DES TRAVAUX DE GENIE CIVIL
Groupement Campenon Bernard Sud-Est

SOUS-TRAITANT PIÉDROITS
TLD

ABSTRACT

ESCOTA NETWORK: RETROFITTING TO COMPLY WITH NEW TUNNEL SAFETY STANDARDS ON THE A8 MOTORWAY

BERNARD LYAN, ESCOTA - GHYSLAIN LE BIHAN, BG - EMMANUEL RIGAUD, BG

As part of retrofitting work to comply with new safety standards for road tunnels, the company ESCOTA (Vinci Concessions) is carrying out major renovation works on several tunnels on the Nice-Italian border section of the A8 motorway, and in particular the Col de Garde, Sainte-Lucie, Castellar and Peyronnet tunnels. This article describes the various stages of renovation work on the side walls, including the installation of a drainage system, repair of concrete surfaces, rendering and painting, from design to execution. For this renovation work, to improve users' perception of underground structures, the equipment and methods used had to be adapted according to contingencies faced during work performance, while limiting the length of time and cost of the operations. □

RED ESCOTA: ADAPTACIÓN DE LOS TÚNELES DE LA AUTOPISTA A8 SEGÚN LAS NUEVAS NORMAS DE SEGURIDAD

BERNARD LYAN, ESCOTA - GHYSLAIN LE BIHAN, BG - EMMANUEL RIGAUD, BG

Actuando en el marco de la adaptación de los túneles viales según las nuevas normas de seguridad, la empresa ESCOTA (Vinci Concessions) ejecuta importantes trabajos de renovación en varios túneles del tramo Niza - frontera italiana de la autopista A8, y fundamentalmente, los túneles de Col de Garde, Sainte-Lucie, Castellar y Peyronnet. En el presente artículo se describen las distintas etapas de los trabajos de refacción de los hastiales que incluyen la implementación de un drenaje, la reparación de las partes en hormigón, la aplicación de un enlucido y la puesta en pintura, desde el inicio hasta la finalización. La renovación y la mejora de la percepción de las obras subterráneas por parte de los usuarios precisaron adaptar los medios y métodos acorde a los problemas con que se han tropezado durante la ejecución de los trabajos, limitando siempre la duración de intervención y los costes. □

UNE IMPLANTATION COMPLEXE ET DELICATE POUR UN BUS EN SITE PROPRE

AUTEURS : CHRISTIAN POUMEAU, DIRECTEUR DE PROJET DE COTEBA - CHRISTIAN LOCQUEVILLE, DIRECTEUR DE CHANTIER RAZEL - GÉRAUD GUILHEM, CHEF DE SECTEUR AGENCE RAZEL
NORD DE LA FRANCE GRANDS CHANTIERS

LES 6,45 KM DE CE PROJET DE TRANSPORT EN COMMUN DU SUD FRANCILIEN SE SITUENT DANS UNE GÉOLOGIE TRÈS PARTICULIÈRE ET DIFFICILE. LE SOUS-SOL EST PAR AILLEURS INNERVÉ PAR DE NOMBREUX RÉSEAUX, TANDIS QUE LE TRACÉ DOIT S'INSÉRER AU COEUR D'UN TISSU ROUTIER ET AUTOROUTIER TRÈS DENSE. L'ENSEMBLE DE CES OBSTACLES A NÉCESSITÉ LA RÉALISATION DE CINQ OUVRAGES D'ART ORIGINAUX ET ATYPIQUES.



Projet de transport en commun en site propre TCSP dans le Val-de-Marne.

Reserved right-of-way public transport project in the Val-de-Marne region.

© RAZEL

Le secteur Orly-Rungis, très lié à l'industrie aéronautique, ainsi que celui concentré autour du port autonome de Bonneuil et de la zone de Valenton, représentent deux pôles d'échange importants pour le Val-de-Marne. Leur croissance, planifiée dans le cadre d'une politique de développement durable évitant l'A86, nécessite la création de nouvelles

liaisons qui favoriseront et conforteront la politique volontariste de transports en commun menée par le département. Dans le cadre de cette stratégie, le Conseil général du Val-de-Marne réalise actuellement un projet de Transport en Commun en Site Propre (TCSP) dont la fin des travaux d'infrastructure est prévue pour mai 2010 (voir encadré page suivante).

DES OBSTACLES SOUTERRAINS ET AÉRIENS

Le tracé doit s'imbriquer dans un canevas routier, déjà particulièrement resserré et géométriquement complexe, qui s'étend sur trois niveaux à travers les différentes strates que constituent l'autoroute A86, la RN 406 ainsi que les diverses bretelles qui donnent accès à ces axes fortement chargés.

Autre difficulté : une géologie très délicate, l'ensemble du projet se situant dans l'emprise d'une ancienne ballastière exploitée durant les années 1960 et remblayée depuis. Autrement dit un terrain évolutif, que l'on pourrait qualifier de « poubellien », non entièrement consolidé et, bien entendu, caractérisé par sa composition très hétérogène. Dernier paramètre récurrent : la pré- ▷

sence d'une foultitude de réseaux gérés par de multiples concessionnaires. La résolution de l'ensemble de ces contraintes a nécessité la construction de 5 ouvrages d'art, le premier d'entre eux permettant au TCSP et aux circulations douces (pistes cyclable et piétonne) de franchir, en souterrain et en oblique, la bretelle, maintenue en activité, qui assure le raccordement de l'A86 et de RN 406 à proximité du carrefour Pompadour. Dans la pratique, cet OA1 se présente sous la forme d'une tranchée couverte de 173 m de longueur et 13,50 m d'ouverture, constituée de deux parois moulées butonnées de 0,82 m d'épaisseur et de 25 m de hauteur. La dalle sur ouvrage ne correspond qu'à l'emprise de la bretelle A86/RN406. L'ensemble ne comporte pas de radier et fonctionne donc en portique. Cette trémie est prolongée par une tranchée ouverte de 100 m soutenue, du côté de la RN406, par une paroi moulée autostable à contreforts (2,80 x 0,82 m). Première difficulté : obligation de dévier

la bretelle d'accès à l'A86, l'emprise du chantier se situant dans un goulet d'étranglement, sans possibilité de stocker le moindre matériel à l'extérieur de cette enceinte étroite. Le contexte géologique a tout d'abord nécessité de stabiliser le terrain, la partie supérieure des remblais, entre 15 et 18 m de profondeur, étant traitée par injections gravitaires de bentonite ciment, une formulation légère qui a permis de limiter les pertes de boues et les surconsommations de béton lors de la réalisation de la paroi moulée, exécutée à la benne preneuse. Une seconde campagne d'injections, avec clavage sous pression, a été menée plus en profondeur – jusqu'à des hauteurs allant de 6 à 13 m sous le pied de la paroi – dans les marnes et calcaires, afin de combler les vides karstiques. Un des principaux obstacles résidait dans la présence d'un émissaire du SIAAP, celui assurant le rejet vers la Seine des eaux traitées en provenance de la station de Valenton, le sous-sol étant par ailleurs parcouru d'une kyrielle de

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAITRE D'OUVRAGE
Conseil Général du Val-de-Marne
CO-MAITRE D'OUVRAGE
RATP

ASSISTANT MAITRE D'OUVRAGE
EGIS

MAITRE D'ŒUVRE
Groupement COTEBA
(mandataire) ; EPDC ; ASCO ;
Atelier Laurent Salomon ; HYL

COORDONNATEUR SPS
COSSEC

BUREAU DE CONTRÔLE
LERP (Laboratoire Régional de l'Est
Parisien)

ENTREPRISES
Groupement Razel (mandataire) ;
Urbaine de Travaux ; Sefi Intrafor ;
Franki Fondation ; Richard Ducros

réseaux d'exploitation connexes, pas toujours bien répertoriés, qu'il a fallu repérer et détourner : éclairage public, système de gestion du trafic Sirius, RAU (Réseau d'Appel d'Urgence), assainissement de l'autoroute, alimentation des mâts d'éclairage...

UN CHANTIER CONFINÉ DANS LES 3D

A noter que les responsables du SIAAP ont instrumenté l'émissaire au moyen de capteurs de vibration, mis en place par des plongeurs, afin de contrôler en temps réel son intégrité et surveiller son comportement durant toute la durée du chantier. La proximité de câbles haute tension du réseau de RTE (22500 V), situés à l'aplomb du chantier, a également gêné considérablement les travaux d'exécution de la paroi moulée. Les équipes de fondations ont été obligées de mettre en place des silos à plat et d'assembler les cages d'armature en plusieurs tronçons, toutes les opérations de manutention devant, par ailleurs, s'effectuer par l'intermédiaire



L'OA1 se présente sous la forme d'une tranchée couverte constituée de deux parois moulées butonnées.

Structure OA1 takes the form of a cut-and-cover tunnel formed of two stayed moulded walls.

© FAZEL

de grues mobiles à faible hauteur de flèche, pour pouvoir circuler sans danger sous les lignes électriques.

Au plan fonctionnel, la tranchée comporte un traitement en pergola urbaine afin de permettre une couverture minimale et créer ainsi un environnement sécuritaire, la première station du TCSP étant implantée immédiatement en sortie de l'ouvrage, à 7 m sous le niveau du terrain naturel. La paroi moulée est butonnée en tête par des poutres de 13 à 23 m de portée (1,20 x 0,60 m), coulées à même le sol, sur lesquelles vient s'appuyer la dalle de couverture, l'ensemble des différents ateliers devant obligatoirement s'enchaîner eu égard à l'exiguïté du site qui interdisait, outre toute option de préfabrication, toute possibilité de co-activité au sein du groupement d'entreprises. Les terrassements seront ensuite réalisés en taube, la faible hauteur de l'ouvrage (4,10 m) – celle-ci étant conditionnée, au dessus, par la géométrie de la bretelle à restituer et, en dessous par le voisinage du collecteur – excluant

toute possibilité d'y faire circuler des camions. Les 13 000 m³ de déblais devront donc être marinés jusqu'à l'entrée de l'ouvrage, avant d'être repris puis évacués, et ce en respectant les différentes procédures mises en place afin d'éviter tout risque de mélange des différents matériaux constitutifs. Le terrain a en effet fait l'objet, en amont des travaux de génie civil, d'une campagne de sondage destinée à dresser une cartographie exacte et précise des différentes poches de pollution présentes sur le site, les fines réutilisables étant réemployées in situ, après traitement à la chaux. A noter qu'une piste a été spécialement créée pour les engins afin de ne pas perturber l'activité économique des nombreux commerces situés à la périphérie du chantier. L'ouvrage suivant, l'OA2, qui permettra aux bus ainsi qu'aux pistes cyclable et piétonne de passer sous la RN 406, est un viaduc à trois travées, de 40 m de portée, situé à l'aplomb de 3 conduites gaz sous 70 bars de pression !

UN VOISINAGE EXPLOSIF

La première conséquence technique de ce voisinage à haut risque a été l'utilisation de remblais allégés pour les travaux de déviation de la RN 406 l'objectif étant, bien entendu, de ne créer aucun risque de surcharge au niveau des canalisations enterrées. Des puits de reconnaissance de 9 m de profondeur (section 3,00 x 4,00 m) ont ensuite été creusés afin de repérer leur positionnement exact, des capteurs étant alors implantés afin, là encore, de vérifier que le niveau vibratoire induit sur ces équipements restait en deçà des seuils préalablement fixés.

Dans ce contexte, la réalisation, après confortement du sous-sol, des 10 pieux forés tubés cylindriques de très fort diamètre (1 200 mm), servant d'appuis à la dalle béton de 80 cm d'épaisseur, s'est avérée une des étapes les plus délicates, le recours à toute technique de vibrofonçage étant bien évidemment exclu. Les forages de 25 m de profondeur ont été exécutés sous chemisage provisoire, mis

en œuvre par louvoisement, au moyen d'une machine de très forte puissance susceptible d'entraîner, dans sa rotation, n'importe quel obstacle (type débris d'IPN) qui aurait pu ensuite, dans cette hypothèse, venir heurter l'une des conduites. Donc des travaux 'à la petite cuillère' qui ont nécessité plus de deux mois de labeur pour réaliser l'ensemble des 10 pieux, aucune alarme n'ayant été relevée durant toute cette période d'intervention.

A noter que leur positionnement exact s'est avéré un véritable casse-tête topographique eu égard, là encore, à la présence de nombreux réseaux parallèles, dont certains non répertoriés, l'ouvrage étant par ailleurs en cotes bloquées dans les trois dimensions.

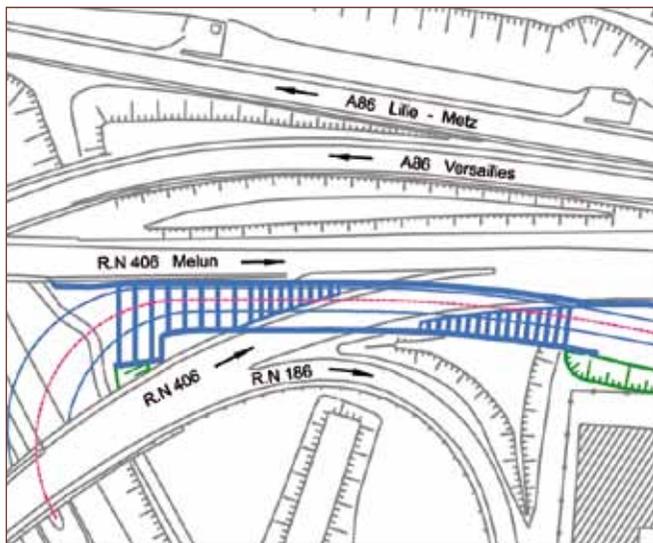
Côté méthodologie, la dalle de couverture sera elle aussi coulée à même le sol, après remblaiement et façonnage d'un fond de moule, les terrassements s'effectuant là encore en sous œuvre. Les pieux de la file centrale serviront donc de piles définitives, leur partie découverte et donc visible bénéficiant à ce titre, d'un habillage architectural en pierres de Bourgogne.

A noter que la situation du viaduc, dans le prolongement d'un ouvrage existant en remblais allégés, a requis, outre la déviation de la RN406 évoquée, la mise en place d'une solution de blindage lourd pour l'exécution du chevron d'une des culées afin de maintenir les terres en place. L'OA3 est une structure de type portique, de 7 m d'ouverture, qui supportera uniquement la plateforme du TCSP (pas de circulations douces) en assurant le rétablissement d'une voie locale à gabarit réduit. Cet ouvrage, a priori assez anecdotique sur le papier, est en fait beaucoup plus complexe, le volume de béton des fondations se révélant, au final, nettement supérieur à celui employé pour la superstructure !

DES OUVRAGES ÉVOLUTIFS

Explication : le passage inférieur s'inscrit à cheval sur le tracé de l'émissaire du SIAAP, préalablement évoqué, ce dernier étant suspendu à l'intérieur d'un ouvrage cadre (3,50 x 2,50 m) dans cette section particulière. D'où la nécessité de fonder l'OA3 sur 4 pieux de 18 m de profondeur (diamètre 1000 mm) afin de ne pas courir le moindre risque de report de charge sur l'émissaire.

L'OA4, qui permet le franchissement en aérien de la RN 406, est très probablement l'un des morceaux de bravoure du projet. Cet ouvrage mixte, consti-



Le tracé s'inscrit dans un canevas routier qui s'étend sur trois niveaux à travers les différentes strates que constituent l'autoroute A86, la RN 406 ainsi que les diverses bretelles qui donnent accès à ces axes.

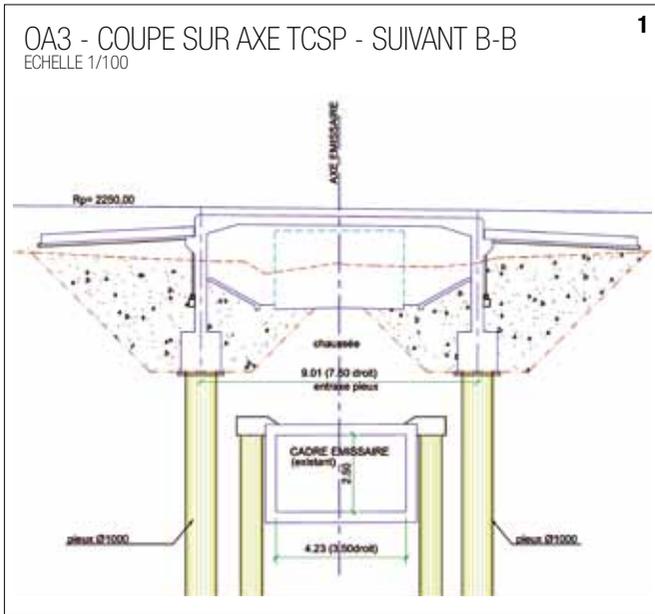
The route fits in with a highway engineering plan extending over three levels via the various strata formed by the A86 motorway, highway RN 406 and the various slip roads giving access to these trunk roads.

LES GRANDES LIGNES DU PROJET

Le projet de Transport en Commun en Site Propre reliera en 2010 Thiais à la gare RER A de « Sucy-Bonneuil », via Créteil. Le tracé total de 11,65 km nécessite de construire 6,45 km de nouvelles infrastructures sur lesquelles seront implantées neuf nouvelles stations. Concrètement, le site propre du TCSP se débranche à l'extrémité est de la rampe d'accès de l'ouvrage de franchissement du carrefour Pompadour, après un trajet commun sur la plate-forme du TVM, pour prendre la direction de Sucy.

Le nouveau tracé, qui s'implantera sur les territoires de quatre communes (Créteil, Valenton, Bonneuil-sur-Marne, Sucy-en-Brie) impactera d'autres agglomérations en interceptant de nombreux axes clefs : RER D (Villeneuve-Saint-Georges), RER A (Boissy-Saint-Léger), TVM (Saint-Maur-des-Fossés - Antony), ligne 8 du métro (Balard-Créteil). Objectifs : 17 500 voyageurs quotidiennement (soit 5,3 millions par an à l'ouverture), avec une fréquence de desserte de 4 minutes aux heures de pointe.

UNE IMPLANTATION COMPLEXE ET DELICATE POUR UN BUS EN SITE PROPRE



1

tué de deux travées de 17 et 22 m de portée, est un bipoutre entretoisé dont la charpente métallique offre une particularité architecturale notoire, à savoir une esthétique originale via l'adoption d'une chromatique de peinture particulière. (Photo6) Une des premières interventions importantes, outre les récurrentes opérations de renforcement des terrains par injections, fut la réalisation des travaux d'accès, l'insertion de l'ouvrage dans son horizon topographique nécessitant de terrasser le merlon existant, qui borde la RN 406, sur 8 m de hauteur.

La variante technique, qui a consisté à proposer la mise en œuvre d'un remblai allégé à base de polystyrène a permis, eu égard aux importantes valeurs de tassement attendues, de simplifier considérablement le volet

fondations. L'idée était de considérer que le merlon, présent depuis plusieurs années, avait agi comme une solution de « préchargement » et que le terrain ne connaîtrait donc aucun risque de tassement supplémentaire à condition, bien entendu, que le poids de l'ouvrage ne dépasse pas celui du volume de terres déplacées. Dans la pratique, le remblai en polystyrène de 6 m de hauteur repose sur un béton de propreté équipé de drains afin de préserver le matériau de tout risque de contact avec l'eau, une dalle de transition de 30 cm d'épaisseur permettant le report des charges. A noter que les calculs tiennent compte de l'avenir, c'est-à-dire d'un éventuel passage du mode bus au mode tramway, un rechargement de 25 cm de béton sur la dalle permettant alors, dans cette éventualité,



2

1- La réalisation des 10 pieux forés tubés cylindriques de très fort diamètre, servant d'appuis à la dalle béton, s'est avérée une des étapes les plus délicates, le recours à toute technique de vibrofonçage étant exclu, en raison de la présence de l'émissaire SIAAP.

1- Execution of the 10 cylindrical-tubed bored piles of very large diameter, serving as supports for the concrete slab, proved to be one of the most difficult stages, the use of any vibropiling technique being ruled out due to the presence of the outfall sewer of Paris region drainage board SIAAP.

2- Le tablier est constitué de 17 dalles béton fortement ferrillées dont la pose, effectuée au moyen d'une grue automotrice, n'aura nécessité que 2 nuits d'intervention.

2- The deck is formed of 17 heavily reinforced concrete slabs which were placed by a self-propelled crane, requiring only two nights' work.

3- L'OA4, qui permet le franchissement en aérien de la RN 406, est un ouvrage mixte constitué d'un bipoutre entretoisé dont la charpente métallique offre une esthétique originale via l'adoption d'une chromatique de peinture particulière.

3- Structure OA4, which permits overhead crossing of highway RN 406, is a composite structure consisting of a double girder with spacers, whose steel structure offers an original appearance through the adoption of a special range of paint colours.



3

© FAZEL

d'y insérer les équipements de voies de type rails. Côté fondations, l'ouvrage repose sur des pieux chemisés à 18 m (diamètre 1 000 mm), 7 au niveau des culées et 6 pour la pile centrale, ces derniers ayant été réalisés au milieu de la circulation, avec tous les problèmes d'emprise et les mesures de sécurité qui en découlent. Un blindage périphérique a également dû être mis en œuvre, autour de la semelle, eu égard à l'impossibilité de taluter.

UNE DALLE ASYMÉTRIQUE

La charpente métallique de 50 t a été livrée en quatre colis, la présence des lignes électriques de RTE interdisant, là encore, toute possibilité d'implanter une grue à tour pour les manœuvres d'assemblage et de manutention. Le lancement s'est déroulé de nuit, après fermeture de la chaussée RN406, la réalisation de la dalle de 25 cm d'épaisseur, particulièrement élancée – la sous face suit le profil en travers, en forme de toit - s'effectuant quant à elle sous coupure partielle.

C'est en effet l'option de préfabrication qui a été retenue, cette solution impliquant bien entendu une très grande précision d'exécution puisque les connecteurs métalliques du tablier et les réservations dans les dalles doivent être implantés au millimètre près, sous peine d'évidents problèmes lors de la pose. Dans la pratique, le tablier est constitué de 17 dalles béton fortement ferrallées (ratio 380 kg/m³) dont la pose, effectuée au moyen d'une grue automotrice, n'aura nécessité que 2 nuits d'intervention. Au plan esthétique, l'ouvrage présente également une facette originale au niveau du parement des culées. Dans un souci de concordance architecturale avec l'ouvrage existant parallèle, dont les culées furent réalisées en Terre Armée, il a été nécessaire de mettre au point une matrice particulière insérée dans des coffrages indépendants afin de recréer une géométrie spécifique, sans continuité au niveau des joints horizontaux et verticaux. Côté matériel, un outil coffrant spécifique a été mis au point afin de pouvoir coffrer les barrières BN1 en toute sécurité, tout en garantissant une qualité optimale.

L'option préfabrication a également été adoptée sur l'OA5, un bipoutre entretoisé à deux travées, d'une portée totale de 85 m, bénéficiant de la même chromatique, qui permettra notamment le franchissement de la future extension de la ligne 8 du métropolitain. Cet ouvrage emblématique, qui sera

équipé d'un escalier majestueux assurant la liaison avec le stade limitrophe, comporte deux rampes d'accès de 150 et 200 m de longueur (hauteur maximale 8 m) réalisées en terre renforcée. Un local technique (Poste de Redressement) RATP est intégré dans la structure béton armé de la rampe Ouest, le futur bâtiment de la station de métro étant par ailleurs juxtaposé à l'ouvrage.

Sur le plan géotechnique, c'est le seul à reposer sur des fondations superficielles (après purge de 2 m), la consolidation préalable du terrain ayant requis des campagnes d'injection profondes, réalisées de manière inclinée, du fait de la présence de nombreux réseaux concessionnaires denses et serrés. Le tablier se distingue par sa complexité géométrique extrême, celui-ci présentant un plan en forme de S avec dévers variable. Résultats : une préfabrication difficile, seulement 10 des 37 dalles (2,50 x 15,00 m) ayant une forme identique. Une complexité géométrique qui a néanmoins été parfaitement maîtrisée puisque les 37 éléments, dont le poids moyen oscillait autour de 25 t, ont été posés sans fausse note en trois jours et demi.

Court mais complexe. C'est ainsi que pourrait se résumer ce projet de transport en commun en site propre du sud francilien. Les 6,45 km du tracé, qui reliera Thiais à la gare RER A de Sucy-Bonneuil via Créteil, serpentent à travers des terrains difficiles, parourus par de nombreux réseaux dont le franchissement a nécessité la construction de cinq ouvrages d'art originaux. La géologie très particulière, comportant une couche importante de matériaux « poubelliens », a requis des campagnes de renforcement systématique afin de stabiliser les différents matériaux et combler les vides karstiques. La présence d'un collecteur de fort diamètre, instrumenté durant la phase chantier, a considérablement gêné la réalisation des fondations des ouvrages d'art OA1, OA2 et OA3, ceux-ci étant fondés sur des pieux de très forts diamètres. Autre obstacle délicat : trois conduites gaz sous 70 bars de pression au niveau de l'OA2.

L'exécution des pieux, pour laquelle ce voisinage délicat interdisait toute possibilité de vibrofonçage s'est déroulée sous chemisage provisoire au moyen d'une machine rotative de très forte puissance, l'ensemble des interventions s'effectuant sous contrôle d'un système de mesure des vibrations

implanté sur les canalisations. L'OA4, qui permet le franchissement de la RN406, a fait l'objet d'une variante technique, en remblais allégé, permettant de limiter le volet fondations. La construction de la dalle en béton armé,

tout comme pour l'OA5 à la géométrie très complexe, a été réalisée en faisant appel à la technique de préfabrication, les dalles, dont le poids avoisinait les 25 t, étant posées par l'intermédiaire d'une grue automotrice. □

ABSTRACT

A COMPLEX, TRICKY LOCATION FOR A RESERVED RIGHT-OF-WAY BUS

CHRISTIAN POUMEAU, COTÉBA - CHRISTIAN LOCQUEVILLE, RAZEL - GÉRAUD GUILHEM, RAZEL

Short but complex. That is how one could summarise this reserved right-of-way public transport project in the southern part of the Ile-de-France region. The 6.45-km route that will link Thiais to the RER A train station of Sucy-Bonneuil via Créteil, winds through difficult ground, passed through by numerous networks which had to be crossed by building five original engineering structures. The very peculiar geology, including a large layer of refuse materials, required systematic strengthening campaigns to stabilise the various materials and fill the karstic voids. The presence of a large-diameter main drain, instrumented during the works phase, interfered considerably with execution of the foundations for engineering structures OA1, OA2 and OA3, which have very-large-diameter pile foundations. Another tricky obstacle: three gas pipes under a pressure of 70 bar at the level of OA2. Construction of the piles, for which these sensitive surrounds made vibropiling completely impossible, was carried out under a temporary casing using a very-high-powered rotary machine, all the operations being performed under the supervision of a vibration measuring system set up on the pipes. For the OA4 structure, which crosses highway RN406, a technical variant using light-weight backfill was employed to limit foundation works. For construction of the reinforced concrete slab, which, like the OA5 structure, is of very complex geometry, the prefabrication technique was used, with the slabs, weighing approximately 25 tonnes, being placed by a self-propelled crane. □

UNA IMPLANTACIÓN DIFÍCIL Y DELICADA PARA UN AUTOBÚS EN CARRIL RESERVADO

CHRISTIAN POUMEAU, COTÉBA - CHRISTIAN LOCQUEVILLE, RAZEL - GÉRAUD GUILHEM, RAZEL

Corto pero difícil. Así, se podría resumir este proyecto de transporte público en carril reservado para un autobús en el Sur de la región Ile-de-France. Los 6,45 kilómetros del trazado, que pondrá en comunicación la ciudad de Thiais con la estación de RER A de Sucy-Bonneuil vía Créteil, que se extienden a través de terrenos difíciles formando numerosas curvas, en que se encuentran muchas redes que ha precisado para su franqueo la construcción de cinco obras de fábrica originales. La geología sumamente particular, que consta de una importante capa de materiales denominados poubelliens, ha requerido diversas campañas de consolidación sistemática con el objetivo de estabilizar los diferentes materiales y rellenar los huecos kársticos. La presencia de una conducción de alcantarillado de gran diámetro, instrumentada durante la etapa de obra, ha venido a perturbar considerablemente la realización de los cimientos de las obras de fábrica OA1, OA2 y OA3, siendo estos últimos cimentados sobre pilotes de diámetro muy elevado. Otro obstáculo delicado: tres conductos de gas bajo 70 bares de presión a nivel del OA2. La ejecución de los pilotes, para la cual esta instalaciones cercanas no permitía cualquier posibilidad de vibroexcavación se ha desarrollado bajo protección provisional mediante una máquina rotativa de muy elevada potencia, todas las intervenciones se efectuaron bajo control de un sistema de medición de las vibraciones implantado en los conductos. La OA4, que permite el franqueo de la carretera nacional RN406, fue objeto de una variante técnica, en terraplén simplificado, que permite limitar el capítulo cimentaciones. La construcción de la losa en hormigón armado, del mismo modo que para la OA5 que presenta una geometría sumamente compleja, se ha ejecutado recurriendo a la técnica de prefabricación, las losas, cuyo peso rondaba las 25 toneladas, se han instalado por mediación de una grúa automotriz. □

MARSEILLE : LE PARKING DE STATIONNEMENT SOUS LA PLACE ARVIEUX CONTRIBUE A LA METAMORPHOSE DU QUARTIER DE LA JOLIETTE

AUTEURS : EMMANUEL VIDIL, DIRECTEUR AGENCE PROJETS INTEGRÉS, SOLÉTANCHE BACHY - GUILLAUME PIAR, DIRECTEUR D'EXPLOITATION AGENCE PROJETS INTEGRÉS, SOLÉTANCHE BACHY
ANTAR HADJHAMOU, RESPONSABLE DEVELOPPEMENT ARCADIS



Le parking de
stationnement
sous la place
Arvieux à
Marseille.

The car park
under Arvieux
square in
Marseille.

SOLÉTANCHE BACHY VIENT D'ACHEVER LE PARC DE STATIONNEMENT SOUTERRAIN DE LA PLACE ARVIEUX SITUÉE À MARSEILLE DANS LE QUARTIER DE LA JOLIETTE. CET OUVRAGE CYLINDRIQUE DE 40 MÈTRES DE DIAMÈTRE SE COMPOSE D'UN PLANCHER HÉLICOÏDAL DE 7 RÉVOLUTIONS, ENROULÉ AUTOUR D'UN NOYAU CENTRAL ABRITANT LES ESCALIERS. IL PEUT ACCUEILLIR 283 VOITURES ET EST EXPLOITÉ PAR LA SOCIÉTÉ MARSEILLAISE DE STATIONNEMENT (FILIALE DE Q-PARK). CE PARC DE STATIONNEMENT A ÉTÉ LIVRÉ CLÉS EN MAIN À LA FIN DU MOIS DE DÉCEMBRE 2008 APRÈS D'ULTIMES TRAVAUX D'EMBELLISSEMENT.



Sous l'impulsion du projet Euro-méditerranée, le quartier de la Joliette à Marseille est en train de vivre une véritable mutation.

Ce secteur en bordure des Docks se transforme en important pôle d'affaires international grâce à de vastes travaux de réaménagement.

La nécessité d'augmenter l'offre de stationnement, conjuguée au besoin d'améliorer la circulation et de remodeler l'architecture de la place, a conduit à la création d'un parking souterrain situé sous la place Arvieux.

L'Etablissement Public d'Aménagement d'Euroméditerranée a confié à l'entreprise Solétanche Bachy la réalisation de l'ouvrage en qualité de contractant général.

Solétanche Bachy est historiquement une entreprise spécialiste des technologies du sol, mais développe depuis de nombreuses années une activité d'entreprise générale de travaux dans les domaines des parcs de stationnement souterrains, des bassins enterrés et des tranchées couvertes.

Un parc de stationnement souterrain comporte fréquemment une part significative de travaux géotechniques. Ceux-ci se caractérisent par leur complexité et de nombreux aléas. Ils constituent cette interface sol / structure qui est la vraie valeur ajoutée de l'ouvrage.

Solétanche Bachy conçoit le soutènement et réalise les travaux géotechniques, mais également les travaux de génie civil avec ses moyens propres. Ces capacités lui permettent ainsi de proposer une offre globale qui va dans le sens de l'optimisation, avec les avantages sous-jacents de prix et de délai, tout en permettant d'éviter les litiges pouvant découler des interfaces de structure.

© E. GAFFARD-SOLÉTANCHE BACHY

UN SITE EXIGU

La Place Arvieux se situe immédiatement derrière la rue des Docks et le boulevard de Dunkerque. Le parking souterrain s'inscrit entre deux bâtiments de bureaux et le tunnel du métro sous le boulevard. L'opération permet d'augmenter l'offre de stationnement dans le contexte de réaménagement du quartier de la Joliette et de l'amélioration de la circulation.

UNE GÉOLOGIE HÉTÉROGÈNE

La Ville de Marseille repose sur un bassin sédimentaire cerné par des reliefs calcaires.

Le profil stratigraphique au droit de l'ouvrage est composé depuis la cote altimétrique moyenne du terrain naturel de 3 NGF jusqu'au fond de fouille situé 24 mètres plus bas, de deux formations géologiques principales :

→ Les terrains de couverture d'une épaisseur totale de 7 mètres : des remblais récents correspondant au terrain d'apport sur la mer, et des alluvions marines correspondant aux anciens rivages, de caractéristiques mécaniques assez faibles.

→ Le substratum : les poudingues, grès et marnes du Stampien de comportement mécanique variable, de sol meuble dans les marnes franches et argileuses à quasiment rocheux dans les poudingues, grès et marnes gréseuses.

La nappe réglée par le niveau de la mer, baigne les remblais et alluvions, terrains de couverture de forte perméabilité.

UN OUVRAGE COMPACT

L'ouvrage est un cylindre de 40 mètres de diamètre constitué :

→ d'une paroi moulée circulaire de 80 centimètres d'épaisseur fichée dans les marnes à 28 mètres de profondeur,

→ d'un noyau central cylindrique en béton armé d'une hauteur de

22 mètres abritant les circulations verticales,

→ d'un plancher hélicoïdal de 7 révolutions, continu, appuyé sur poutres radiales, permettant le stationnement de part et d'autre de la rampe à double sens de circulation, d'environ 40 véhicules légers par niveau pour un total de 283 emplacements,

→ d'une dalle de couverture recevant les aménagements architecturaux de la place et une nouvelle rue transversale entre la rue des Docks et le boulevard de Dunkerque.

UNE STRUCTURE INTEGRALEMENT REALISEE AVEC LES PROPRES MOYENS DE L'ENTREPRISE

Les travaux débutent au mois de juillet 2006. Solétanche Bachy va réaliser les travaux spéciaux ainsi que les travaux de génie civil, puis assurer le pilotage et la coordination de l'ensemble des entreprises intervenantes jusqu'à la livraison.

Le chantier commence par la réalisation de la paroi moulée périphérique définitive dont les panneaux juxtaposés sont excavés à l'hydrofraise dans les alluvions graveleuses et les marnes.

Pour tenir l'objectif de délai, l'équipe chantier du pôle 'Projets Intégrés' modifie les phasages et les méthodes constructives pour éviter la réalisation d'une dalle de couverture pleine étayée sur les 7 niveaux, et l'exécution concomitante du noyau central et du plancher hélicoïdal.

La poutre de couronnement, ainsi que la giga-poutre de 30 mètres de portée et de 3,30 à 6 mètres de hauteur, support de rampe, sont coffrées et bétonnées sur le sol. Cette seconde permet d'excaver les 28.000 m³ de terrain dur à ciel ouvert, tout en exécutant simultanément le bâtiment d'accueil.

Le noyau central prend appui sur une semelle. Huit levées successives sont nécessaires pour le réaliser à l'aide

de banches cintrées. Une plate-forme périphérique est fixée au travers du premier plot de cylindre exécuté. Elle sert à la mise en place des armatures, au support du coffrage et au bétonnage de la seconde levée. Par réplication de ces tâches, la plate-forme est remontée et fixée dans le plot précédemment coulé pour la réalisation du suivant.

La première révolution de dalle est un dallage drainant à pompage permanent, dont la première fonction est de rabattre les eaux de la nappe percolant au travers de l'horizon géologique d'ancrage de très faible perméabilité.

Ce choix technique est judicieux car le débit en fond de fouille se révélera insignifiant.

De l'amorce de la deuxième révolution jusqu'à la sortie du parc de stationnement sur le boulevard de Dunkerque, la dalle est un plancher hélicoïdal continu, exécuté indépendamment par tiers de révolution. Il repose sur des poutres radiales sans appui intermédiaire, cette contrainte ayant nécessité de les préfabriquer précontraintes. Elles sont liaisonnées aux porteurs verticaux, d'un côté par l'intermédiaire d'une lierne s'enroulant autour du noyau central et

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAITRE D'OUVRAGE
EPA Euroméditerranée

MAITRE D'ŒUVRE
Groupement Atelier du Prado (architecte) / Arcadis ESG (Ingénierie globale) / MA Studio (Designer mise en lumière)

ENTREPRISE GÉNÉRALE
Solétanche Bachy

SOUS-TRAITANTS
Terrassement : CMTF, Peinture : ST Groupe / Sud Tennis, Plomberie / Electricité / Ventilation : Forclum, Serrurerie : MBF, Ascenseurs : Otis

1- Réalisation de la paroi moulée.

2 - Terrassement à ciel ouvert avec réalisation du bâtiment accueil en parallèle.

3- Terrassement en fond de fouille.

1, 5, 6, 7, 8- Réalisation du noyau central et exécution des planchers hélicoïdaux.

1- Execution of the diaphragm wall.

2- Open-air earthworks with construction of the reception building in parallel.

3- Earthworks at bottom of excavation.

1, 5, 6, 7, 8- Construction of the central core and execution of the helical floors.

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Paroi moulée : épaisseur 0,80 m, profondeur 28 m, surface 3 600 m²
- Terrassement : 28 000 m³
- Ferrailage : 300 t
- Béton : 3 000 m³
- Plancher hélicoïdal : surface 8 200 m²

© M. DERUFFI (PHOTOS DE 1 À 7)



de l'autre par l'intermédiaire de corbeaux scellés dans les panneaux de la paroi moulée. Après ferrailage, le béton est coulé à la pompe sur un bac acier laqué blanc, servant de coffrage perdu, et permettant d'épouser la surface gauche générée par la pente de la rampe et son dévers extérieur.

L'ouvrage est couvert avec des poutres radiales préfabriquées précontraintes en I, d'une masse unitaire de 16 tonnes. L'extrémité de chacune de ces poutres repose sur l'arase supérieure du noyau central. L'autre extrémité s'insère dans l'emplacement spécifique

prévu dans la poutre de couronnement, ou bien est manchonnée dans la giga-poutre. Des prédalles précontraintes appuyées sur ces poutres achèvent le coffrage horizontal. Un béton est coulé à la pompe. Cette dalle est étanchée par un complexe adhérent protégé contre le poinçonnement.

INTERVENTION DES CORPS D'ETATS TECHNIQUES ET SECONDAIRES

Après l'exécution des ouvrages annexes (édicules de ventilation, cages d'ascenseur, local d'exploitation), les

travaux des corps d'états techniques et secondaires peuvent débuter. L'équipe du chantier organise et coordonne leur intervention. Il s'agit de réaliser la peinture des différents éléments porteurs et des sols jusqu'à la signalisation horizontale, de câbler l'ensemble de l'ouvrage pour alimenter en électricité les appareils d'éclairage et les dispositifs de secours, de bâtir les réseaux de la plomberie au travers de réservations laissées dans les planchers, d'installer dans les gaines techniques les dispositifs de ventilation et de désenfumage... La mise en place des ascenseurs inter-

vient lorsque les gaines sont libérées. Il reste à achever les travaux de second œuvre (menuiseries, carrelage...) du local d'exploitation, à positionner la signalétique verticale et à installer le contrôle d'accès. Le parc de stationnement a été livré à la fin du mois de décembre 2008 après 18 mois de travaux. La Place Arvieux peut achever sa transformation en accueillant une nouvelle rue transversale descendant entre la rue des Docks et le boulevard de Dunkerque et en recevant ses aménagements architecturaux en pierre massive étagée. □

ABSTRACT

MARSEILLE: THE CAR PARK UNDER ARVIEUX SQUARE HELPS TO METAMORPHOSE THE LA JOLIETTE DISTRICT

EMMANUEL VIDIL, SOLÉTANCHE BACHY - GUILLAUME PIAR, SOLÉTANCHE BACHY
ANTAR HADJHAMOU, ARCADIS

Solétanche Bachy recently completed the underground car park on Arvieux square, located in the La Joliette district of Marseille.

This cylindrical structure 40 metres in diameter consists of a helical floor with 7 spirals, wound around a central core housing the stairways. It can receive 283 cars and is operated by Société Marseillaise de Stationnement. This car park was delivered on a turnkey basis at the end of December 2008 after final embellishment works. □

MARSELLA: EL APARCAMIENTO BAJO LA PLAZA ARVIEUX CONTRIBUYE EN LA METAMORFOSIS DEL BARRIO DE LA JOLIETTE

EMMANUEL VIDIL, SOLÉTANCHE BACHY - GUILLAUME PIAR, SOLÉTANCHE BACHY
ANTAR HADJHAMOU, ARCADIS

Solétanche Bachy acaba de finalizar el aparcamiento subterráneo

de la plaza Arvieux ubicada en Marsella en el barrio de la Joliette. Esta obra cilíndrica de 40 metros de diámetro va compuesta por un forjado helicoidal de 7 revoluciones, que se desarrolla en torno a un núcleo central en que se alojan las escaleras. Este aparcamiento puede recibir 283 vehículos de turismo y su explotación se lleva a cabo por la Société Marseillaise de Stationnement. Este parque de estacionamiento se ha entregado llaves en mano a finales del mes de diciembre de 2008 después de los últimos trabajos de decoración. □



© E. GAFFARD