

TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

INTERNATIONAL. LE BETON COMPACTE AU ROULEAU : L'EXPERTISE DE RAZEL-BEC. L'ELARGISSEMENT DU PONT KENNEDY A BONN. THE WOLF CREEK DAM, EVEN WOLVES STAY SPELLBOUND. SHERATON PARK PROJECT AU QATAR : SOUS LES JARDINS, UN PARKING. THE MIAMI TUNNELS

N° 893 DÉCEMBRE 2012



PROJET IMMOBILIER
DE BARANGAROO AU
CŒUR DE SYDNEY
© ETHAN ROHLHOFF

**LES TRAVAUX
PUBLICS** FEDERATION
NATIONALE



Les Enrobés 3E[®], plus froids pour respecter l'environnement.

Avec des températures de fabrication et d'application inférieures de 40 °C à 45 °C par rapport aux enrobés traditionnels, les Enrobés 3E[®] (Environnementaux, Économiques en Énergie) permettent de réaliser 15% à 25% d'économies d'énergie et de réduire d'autant les émissions de gaz à effet de serre. Couplés à une technique de recyclage (Enrobés 3E[®]+R), ils peuvent incorporer jusqu'à 50% d'agrégats d'enrobés. Véritables éco-revêtements, les Enrobés 3E[®] et 3E[®]+R sont au cœur des enjeux du Grenelle de l'Environnement. Leurs performances environnementales répondent à l'ambition d'une route responsable.

Directeur de la publication
Patrick Bernasconi

Directeur délégué
Rédacteur en chef
Michel Morgenthaler
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 03
Email : morgenthalerm@fnfp.fr

Comité de rédaction
Laurent Boutillon (Vinci Construction
Grands Projets), Jean-Bernard Datry
(Setec TPI), Stéphane Monleau
(Solétanche Bachy), Louis Marracci
(Bouygues), Jacques Robert (Arcadis
ESG), Anne-Sophie Royer (Vinci
Construction Grands Projets),
Claude Servant (Eiffage TP), Philippe
Vion (Systra), Jean-Marc Tanis (Egis),
Michel Duviard (Egis), Florent Imbert
(Razel), Michel Morgenthaler (FNTP)

Ont collaboré à ce numéro
Rédaction
Monique Trancart, Marc Montagnon

Service Abonnement et Vente
Com et Com
Service Abonnement TRAVAUX
Bât. Copernic - 20 av. Édouard 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)

Publicité
Emmanuelle Hammaoui
9, rue de Berri
75008 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 41
Email : ehmmaoui@fnfp.fr

Site internet : www.revue-travaux.com

Réalisation et impression
Com'1 évidence
Immeuble Louis Vuitton
101, avenue des Champs-Élysées
75008 PARIS
Tél. : +33 (0)1 82 50 95 50
Email : contact@com1evidence.com

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°0116 T 80259
ISSN 0041-1906

DIVERSITÉ GÉOGRAPHIQUE ET DIVERSITÉ TECHNOLOGIQUE AU SERVICE DES PROJETS À L'INTERNATIONAL



©DR

Ces cinq années de crise montrent combien le modèle de développement d'entreprises françaises, leaders sur leurs marchés, et fortement exposées à l'international, est un atout décisif pour faire face aux incertitudes économiques, notamment en Europe. Une présence internationale solide passe par un ancrage local dans de nombreux pays et la capacité de projection d'équipes expérimentées pour gérer de grands projets.

Les entreprises françaises de construction sont visibles partout dans le monde sur des chantiers d'envergure. Le savoir-faire « France » sait s'exporter comme le montre la diversité des chantiers mis en avant dans ce numéro spécial.

Mais la dimension internationale ne fait pas tout, quand la concurrence est vive et la pression sur les prix, forte. Ce qui fait la différence : un savoir-faire de haute technologie, une capacité à concevoir des offres performantes au plus près des attentes des clients, une puissance d'intervention en matière de design exigeante et créative, pour faire face aux aléas que recèle tout chantier complexe.

Ce modèle est fondé sur l'équilibre entre ingénierie et travaux, pour rester à la pointe

des technologies et avoir une capacité d'optimisation des projets, durant la conception et la réalisation.

Les chantiers présentés dans ce numéro sont une illustration de la nécessité d'allier les deux compétences afin de pouvoir résoudre des problèmes complexes en phase d'études et en phase de travaux, grâce à une gamme étendue de procédés, de méthodes, de matériel et de matériaux. Les solutions proposées sont le fruit d'un investissement permanent en Innovation et R&D.

Le savoir-faire « France » dans notre métier, c'est aussi la rigueur et les exigences en matière de sécurité, quels que soient les pays d'opération.

Ces chantiers sont des exploits techniques ; ce sont aussi des aventures humaines, loin de nos bases, où des ingénieurs repoussent sans cesse les limites des connaissances dans leur spécialité, avec un haut degré d'autonomie lié à l'éloignement.

La France doit garder son avance dans le domaine du génie civil : continuons à attirer les meilleurs jeunes ingénieurs au sein de ce métier qui offre des opportunités de développement uniques et des carrières stimulantes. Donnons à nos ingénieurs la liberté de s'exprimer sur les plus beaux projets de par le monde et nous garderons notre rang.

Je souhaite à l'ensemble de la profession de très beaux succès en 2013 qui portent haut les couleurs de l'ingénierie française.

JÉRÔME STUBLER
DIRECTEUR GÉNÉRAL
SOLETANCHE FREYSSINET

LISTE DES ANNONCEURS : COLAS, 2^e DE COUVERTURE - WEBER, P.9 - STRRES, P.11 - T-INGENERIE, P.19 - RINCENT BTP, P.28 - SMA BTP, P.47 - WIRTGEN, 3^e DE COUVERTURE - PERI, 4^e DE COUVERTURE

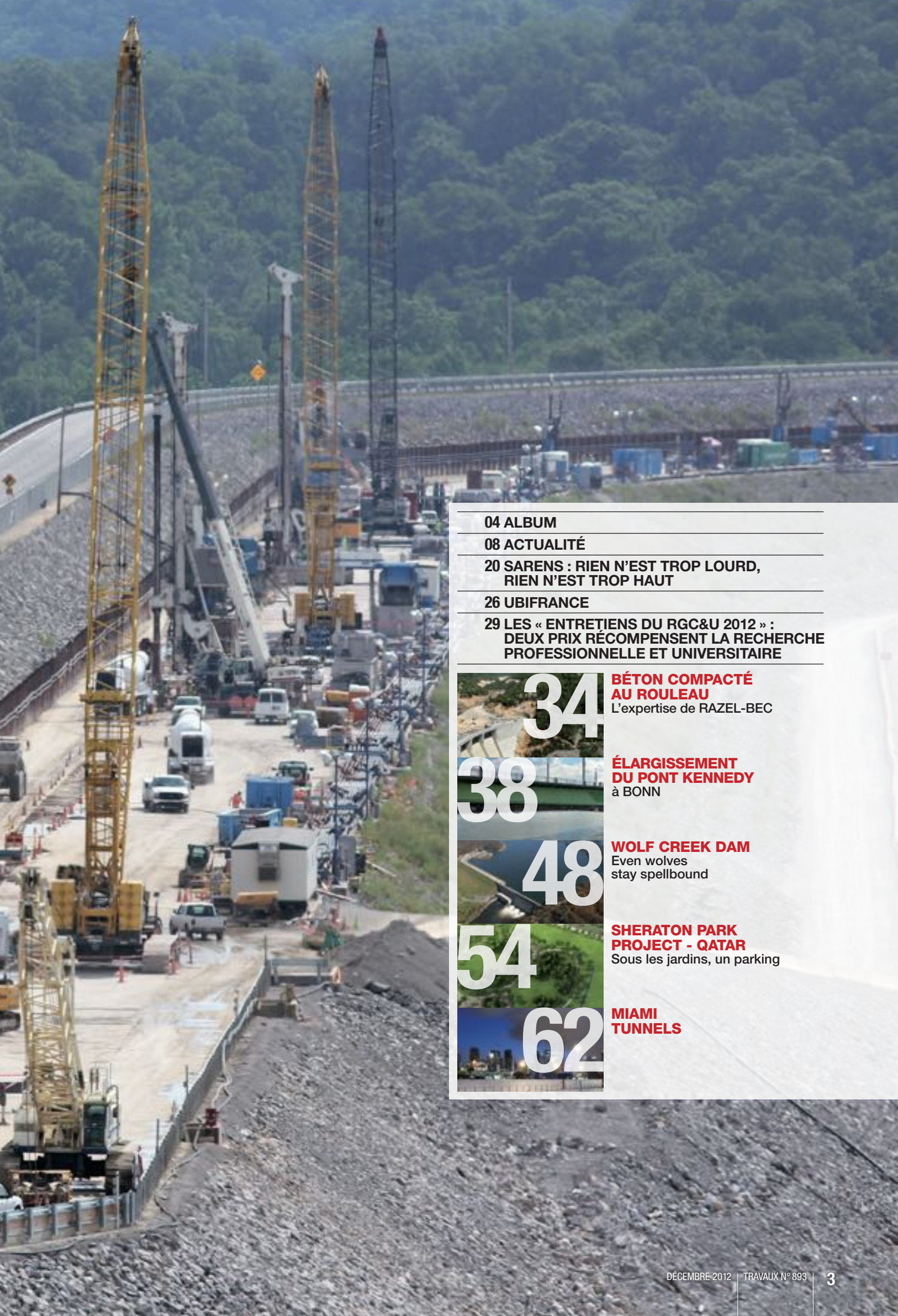
Photo couverture : Menard Bachy, représentant Soletanche Bachy et Menard en Australie, participe au projet immobilier de Barangaroo au coeur de Sydney. Situé sur le site d'un ancien terminal maritime dédiée au commerce de la laine, le chantier comporte plusieurs tours qui surmontent un parking souterrain le long du front de mer. Au programme, un soutènement en paroi moulée de 13000 m² et 650 tirants.



INTER NATIONAL

WOLF CREEK DAM © PHOTOTHÈQUE SOLEILS ET BACHY





04 ALBUM

08 ACTUALITÉ

20 SARENS : RIEN N'EST TROP LOURD,
RIEN N'EST TROP HAUT

26 UBIFRANCE

29 LES « ENTRETIENS DU RGC&U 2012 » :
DEUX PRIX RÉCOMPENSENT LA RECHERCHE
PROFESSIONNELLE ET UNIVERSITAIRE

34

**BÉTON COMPACTÉ
AU ROULEAU**

L'expertise de RAZEL-BEC

38

**ÉLARGISSEMENT
DU PONT KENNEDY
à BONN**

48

WOLF CREEK DAM

Even wolves
stay spellbound

54

**SHERATON PARK
PROJECT - QATAR**

Sous les jardins, un parking

62

**MIAMI
TUNNELS**





MIAMI TUNNELS

LES PREMIERS tunnels de grand diamètre (12,80 m) en Floride sont réalisés par Bouygues Civil Works Florida. Ces deux tubes de 1 275 m relieront l'autoroute I-395 et le port de Miami. Le chantier, commencé en 2009, se terminera en 2014. Il met en œuvre des techniques innovantes telles que le Cutter Soil Mixing ou le tunnelier hybride EPB à marinage hydraulique ainsi que plusieurs procédés de renforcement des sols.

Voir article page 62.





PONT KENNEDY À BONN

À BONN, ancienne capitale de la RFA, le pont Kennedy est le seul pont du centre ville franchissant le Rhin. C'est à l'origine un pont riveté construit en 1949. Entre 2007 et 2010, il a été entièrement restauré et élargi de 18 m à 27 m par des poutres en acier de grande portée ajoutées de chaque côté. Travaux réalisés par Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH, filiale d'Eiffage. **Voir article page 38.**



LA PROTECTION DE LA BIODIVERSITÉ SE PROFESSIONNALISE

La prise en compte du maintien de la biodiversité voire de sa restauration prend du galon notamment grâce à l'élaboration de méthodes communes à tous et à une norme. Les projets d'infrastructures contribuent à la professionnalisation de cette compétence.



© CDC BIODIVERSITÉ

Restauration d'une steppe favorable aux oiseaux qui nichent au sol dans la réserve d'actifs naturels de Cossure en compensation d'une pollution de la réserve naturelle de Saint-Martin-de-Crau (Bouches-du-Rhône).

Un monde professionnel se construit autour des mesures compensatoires à la perte de biodiversité. C'est un des enseignements de l'étude sur les expériences étrangères dans ce domaine et leurs enseignements pour la France, présentée dans le *Point sur* n°133 du Commissariat général au développement durable (CGDD, ministère du Développement durable, août 2012). Par exemple, le Royaume-Uni, le Brésil et la Suisse habilent des bureaux d'études ou certifient les compétences des écologues. En France où plus de 4 000 études d'impact environnemental sont réalisées chaque année, la réflexion en cours sur un code déontologique pourrait constituer la première pierre d'une reconnaissance officielle de la spécialité⁽¹⁾.

Le ministère français a consulté 29 pays sur leur pratique en matière de compensation aux atteintes à la biodiversité, afin de s'en inspirer pour renforcer le

cadre méthodologique et réglementaire. Il juge insuffisante la mise en œuvre des mesures compensatoires en France, faute de méthodologie et de suivi. Les pays étudiés par le CGDD⁽²⁾ appartiennent à l'Union européenne ou non (Suisse, Brésil, Australie, États-Unis, Inde, Vietnam, etc.). Rappelons que ces mesures sont des actions écologiques - restauration de mares, de prairies, etc. - qui viennent contrebalancer les pertes de biodiversité dues à des projets d'aménagement comme des infrastructures de transport, des lotissements, et lorsque ces pertes subsistent malgré les efforts de l'aménageur pour les éviter ou les réduire. L'étude souligne qu'elles ne sont qu'un dernier recours. La Suisse, par exemple, les refuse pour les corridors écologiques d'importance nationale. En France, le cadre méthodologique en préparation pour 2013⁽³⁾ insistera sur la priorité à donner à l'évitement et sur le fait que tout n'est pas compensable.

→ Compensation en nature ou financière

Théoriquement, la compensation a lieu à proximité du milieu impacté et pour les mêmes espèces menacées par un projet. Celles-ci peuvent ainsi migrer de « leur » zone à une nouvelle, voisine. Cette définition rencontre quelque liberté d'interprétation dans son application concrète. La Suisse semble le pays le plus rigoureux en la matière et obtient de bons résultats : en vingt-cinq ans, elle constate une perte de 1 % seulement de la surface des milieux humides. Dans la moitié des pays étudiés, l'atteinte

à la biodiversité est compensée en nature par l'aménageur. Mais dans 14 autres, il est possible de remplir cette obligation en versant une somme d'argent à un fonds, un organisme public ou une collectivité, avec tous les risques que cela peut comporter : détournement, désresponsabilisation de l'aménageur, sous-évaluation, etc. Cette solution est exclue en France. D'autres nations - États-Unis, Australie, Allemagne - proposent un stock de mesures de compensation géré par un tiers dans lesquelles les porteurs de projet viennent puiser leur lot. La France expérimente cette idée sur la réserve d'actifs naturels de Cossure proche de la Réserve naturelle des Coussouls de Crau, dans les Bouches-du-Rhône⁽⁴⁾, polluée en 2009.

« Une banque de compensation concerne un site naturel sur lequel un opérateur met en œuvre des actions écologiques, en anticipation des besoins de compensation liés à de futurs projets d'aménagement au sein d'un territoire concerné, » écrivent Delphine Morandau et Delphine Vilaysack, auteurs du *Point sur* n°133. Le rapprochement de l'offre et de la demande peut être organisé sur internet (États-Unis) ou être confié à des courtiers (Australie).

→ Manque de contrôle

L'étude pointe que le contrôle de la compensation fait défaut dans la plupart des 29 pays, les organisations non gouvernementales faisant seules office de garde-fous. Autre difficulté : le maintien dans le temps des mesures compensatoires qui, pour certaines, sont décrétées « à perpétuité ». En France, le futur cadre réglementaire retient une durée aussi longue que les impacts du projet. Les banques de compensation en nature se basent sur trente ans minimum. ■

⁽¹⁾ Rapport n°7411-01, mai 2011, Conseil général de l'environnement et du développement durable.

⁽²⁾ Par son service de l'économie de l'évaluation et de l'intégration du développement durable.

⁽³⁾ Titre du document que le ministère veut publier en 2013 : « Lignes directrices nationales sur l'évitement, la réduction et la compensation des impacts sur le milieu naturel. »

⁽⁴⁾ Voir *Travaux* n°874, septembre 2010, page 10.

COORDONNATEUR SPÉCIALISÉ

La norme NF X10-900 délivre une méthodologie de conduite de projet de génie écologique appliquée aux zones humides et aux cours d'eau. « Pour les pouvoirs publics, les ingénieurs, hydrologues, biologistes et naturalistes, c'est un outil précieux qui concourt à la professionnalisation d'une filière en plein essor, » écrit l'Afnor.

Ce document définit les méthodes d'intervention sur ces habitats naturels et leurs écosystèmes, depuis la prise de décision jusqu'au suivi sur le long terme. Elle décrit les opérations d'études, de maîtrise d'œuvre, de travaux et de gestion, et évoque la notion de coordonnateur biodiversité.



La norme NF s'applique aux zones humides et aux cours d'eau.

© HENRI CARMIGNONIA

nouvelle gamme **weber.rep**

LES MASQUES
TOMBENT

ET WEBER
DEVOILE
SA GAMME



Les nouveaux mortiers de réparation manuelle des bétons weber.rep augmentent les performances tout en réduisant la poussière !

R4*



weber.rep rapide

MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 5 à 100 mm par passe
- talochable à 30 minutes
- formule anti-poussière

R3*



weber.rep express

MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 5 à 50 mm par passe
- talochable à 30 minutes
- formule anti-poussière

R3*



weber.rep surface

MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 2 à 50 mm par passe
- talochable à 60 minutes

R2*



weber.rep façade

MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION NON STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 2 à 50 mm par passe
- talochable à 60 minutes

*Selon norme NF EN 1504-3

Découvrez la gamme



Ensemble, durablement !

weber
SAINT-GOBAIN

Retrouvez-nous sur www.weber.fr et sur smartphone avec **Weber FR**

SCHÉMA DE MOBILITÉ DURABLE EN 2013

« Le schéma national des infrastructures de transport (Snit) - 245 milliards investis sur vingt-cinq ans - n'est pas compatible avec l'objectif de retour à l'équilibre des finances publiques, » a déclaré Frédéric Cuvillier, ministre des Transports, lors de la création de la commission chargée d'élaborer un « schéma national de mobilité durable », autrement dit un Snit plus sobre.

Ce groupe de travail dirigé par Philippe Duron, président de l'Agence de financement des infrastructures de France (Afiif), émettra au printemps 2013 des recommandations sur les projets qui favorisent « les transports du quotidien, la rénovation des réseaux existants et l'amélioration à court terme du service aux usagers », recommandations présentées au Parlement ensuite.

Selon les orientations exprimées par le ministre début octobre, le nouveau schéma comprendrait, entre autres, la rénovation de 1 000 km de voies ferrées par an et un effort accru pour les trains Intercités. Des mesures en faveur du fret devraient être déployées dont les autoroutes ferroviaires et maritimes, et la desserte des grands ports autrement que par la route. Le 3^e appel à projets pour les transports en commun en site propre « ne sera pas uniquement destiné à construire des tramways ».

LA BANQUE POSTALE PRÊTE D'AVANTAGE AUX COLLECTIVITÉS



La banque vient d'ajouter des prêts à moyen et long terme à son offre aux collectivités locales.

L'offre de crédits à moyen et long terme de la Banque postale aux collectivités locales, lancée le 8 novembre, est effective avec une enveloppe de 1 milliard d'euros. Ces prêts sont à taux fixe (non précisé officiellement) ou révisable, sur des durées allant jusqu'à quinze ans. Afin d'être à l'écoute de cette famille de clients, la banque a créé un comité

d'orientation des finances locales composé d'élus, d'anciens parlementaires et d'experts. Il est présidé par Jean-Pierre Balligand, maire de Vervins (Aisne).

« Elle s'appuiera également sur le service des études issu de Dexia Crédit local chargé de suivre l'économie du secteur public local et de publier des analyses de référence, » écrit l'établissement bancaire.

Les prêts à moyen et long terme viennent compléter les solutions déjà proposées par la banque. Sa formule de lignes de trésorerie - prêt sur un an - lancée en juin a rencontré un certain succès puisque ses offres de crédits de ce type ont atteint 2,5 milliards d'euros alors que l'enveloppe initiale était limitée à 2 milliards. L'éventail des produits spécifiques aux collectivités locales devrait encore s'élargir courant 2013 avec une gamme accessible aux sociétés d'économie mixte, aux entreprises publiques locales, aux établissements publics de santé, etc., ainsi que des services de gestion de dette.

La Banque postale s'investit dans ce créneau en partenariat avec la Caisse des dépôts et vise à terme 5 milliards de crédits moyen/long terme accordés par an à des acteurs publics. Elle insiste sur la simplicité de ses produits, leur lisibilité, leur transparence et son approche responsable en matière de conseil et de risque. ■

PLUS D'EXPORT GRÂCE À LA BANQUE PUBLIQUE D'INVESTISSEMENT

La future Banque publique d'investissement (BPI) devrait démocratiser l'accès des entreprises aux financements à l'export, selon le ministère du Commerce extérieur. Le projet de loi relatif à sa création adopté mi-octobre par le conseil des ministres, doit encore être discuté au Parlement. En réalité, la BPI regroupe plusieurs structures existantes au sein d'une sorte de holding publique : Oseo (financement de PME), le Fonds stratégique d'investissement (capitaux), CDC entreprises (fonds capital-risque de la CDC), et Ubifrance

(développement international des entreprises). Une des missions du nouvel établissement public sera d'aider PME, TPE et entreprises intermédiaires à conquérir des marchés internationaux, résorbant ainsi le déficit du commerce extérieur (hors énergie). Dotée de 40 milliards d'euros au départ, elle proposera des prêts, des garanties de prêts et du renforcement de fonds propres pour accéder à des financements privés. Elle vise en particulier les entreprises qui innovent et celles situées dans des secteurs géographiques en récession.

Les régions, partenaires économiques des entreprises, entendent jouer un rôle majeur dans la BPI pilotée à part égale par l'État et la Caisse des dépôts et consignations. Elles sont présentes au conseil d'administration et président le comité national de pilotage qui devrait se décliner en comités régionaux. Cette création va dans le sens du partenariat entre le ministère du Commerce extérieur et les Régions dont un des objectifs est d'augmenter de 10 000 le nombre d'entreprises exportatrices en trois ans. ■

QUATRE GRANDS PORTS MARITIMES EN OUTRE-MER



Le Port autonome de la Guadeloupe devient le Grand port maritime de la Guadeloupe en 2013.

© STUDIO FLASH / PORT AUTONOME DE LA GUADELOUPE

Au 1^{er} janvier 2013, quatre ports d'Outre-mer seront dotés d'établissements publics chargés de leur aménagement, gestion, exploitation et promotion, et deviennent des grands ports maritimes : le Port autonome de la Guadeloupe, Fort-de-France (Martinique), Dégrad-des-Cannes (Guyane) et Port-Réunion (Réunion).

Les cinq décrets d'application de la loi du 22 février 2012 sont parus en octobre.

La réforme portuaire engagée en métropole sera ainsi achevée donnant à tous les grands ports français les moyens d'être plus compétitifs et de véritables moteurs de l'économie locale. ■



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

STRRES

Le STRRES est le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures.

Il rassemble 60 entreprises qui exercent, à titre principal ou secondaire, une activité d'entretien, de réparation et de réhabilitation des structures de Génie civil.

Le STRRES est adhérent de la FNTP.

Retrouvez sur **www.strres.org** :

Les guides



Pour mieux connaître et appliquer les règles de l'art en matière de réparation et de renforcement d'ouvrages, **consultez ou téléchargez gratuitement 12 guides techniques du STRRES.**

Les entreprises



Trouver une entreprise **par domaine d'activité, par région et/ou par identification professionnelle.**

SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS SPÉCIALISTES DE TRAVAUX
DE RÉPARATION ET RENFORCEMENT DE STRUCTURES
3 rue de Berri 75008 Paris • Tél. : 01 44 13 31 82 • Fax : 01 44 13 32 44 •
strres@strres.org • www.strres.org

ABS • ADS ouvrages d'art • AFGC • AGTP • ARREBA • ATS • AXIMUM • BASF CC France • BAUDIN-CHATEAUNEUF • BEC • BEKAERT France • BERTHOLD SA • BTPS • CHANTIERS MODERNES SUD • COFEX Ile-de-France • COFEX LITTORAL • COFEX REGIONS • COLAS RAIL • CTICM • CROBAM • DEMATHEU ET BARD • ECM • EGM TNC • EIFFAGE TP/ Département GCN • EIFFEL CONSTRUCTION MÉTALLIQUE • ENTREPRISE BONNET • ETANDEX • ETPO • EUROVIA BÉTON • FAURE SILVA • FAYAT • HOLCIM • FREYSSINET France • FREYSSINET International & Cie • GAUTHIER • GTS/Département ELITE • LAFARGE • LETESSIER • MAPI • MCCF • NOUVETRA • OUEST ACRO SA • PAGEL SAS • PAREXLENKO • PERRIER SAS • POA • RAZEL • RCA • RENOFORS • RESINA • RESIREP • SNC • RICHERT • SAINT GOBAIN WEBER France • SARL ROMOEUF • SEFI-INTRAFOR • SIKA • SIRCO TRAVAUX SPÉCIAUX • SNCTP • SOFRARES • SOLETANCHE BACHY • SOTEM • SORREBA TECHNOLOGIE • SOTRAIB EAU • SPIE BATIGNOLLES TECHNOLOGIES • STPL • TEMSOL • TSV • VIA PONTIS • VINCI CONSTRUCTION France • VSL France

STRRES



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

FONDS POUR L'INTER-CONNEXION EN EUROPE

Fin novembre, le Conseil des ministres européens devait discuter du « mécanisme pour l'interconnexion en Europe » pour la période 2014-2020 à la lumière du rapport sur ce fonds dédié au cofinancement d'infrastructures de transport, d'énergie et de télécommunications, rédigé cet été par des députés européens.

L'avenir de cette proposition dépend du dialogue entre Conseil et Parlement européens dans les mois qui viennent.

Fin octobre, la Fédération nationale des travaux publics a exprimé son soutien à ce mécanisme sur la base minimum des 50 milliards d'euros proposés et a appelé le gouvernement à faire de même.

Elle souligne la nécessité de « cibler des projets clairement identifiés, présentant une réelle valeur ajoutée européenne (traitement des goulots d'étranglement et de sections transfrontalières) et offrant un modèle de financement approprié. » La Fédération de l'industrie européenne de la construction a salué certaines orientations du rapport parlementaire comme la synergie de réalisation des différentes infrastructures.

RÉUNION DE RFF ET DE LA SNCF

Réseau ferré de France va rejoindre la direction de la circulation ferroviaire (DCF) de la SNCF et « SNCF Infra » dans une structure de gestionnaire d'infrastructures unifié (GIU) qui sera rattaché à la SNCF. Ainsi seront réunis le propriétaire et gestionnaire du réseau de voies ferrées, la gestion du trafic et l'entretien du réseau national, ces deux dernières activités déléguées par RFF et employant 50 000 cheminots.

Ce qui ressemble à un retour en arrière, à première vue, devrait améliorer le système ferroviaire, selon le ministère

des Transports qui reconnaît dans un communiqué « le caractère inabouti de l'organisation actuelle, (...) son incohérence et la dilution des responsabilités, (...) les interfaces artificielles entre les trois acteurs ». Il y a donc urgence à regrouper au sein d'une seule entité toutes les fonctions ayant trait à la gestion et à la maintenance du réseau. Le GIU, simplifiant les relations entre circulation et chantiers, devrait accélérer la mise en œuvre de travaux d'entretien hors lignes à grande vitesse. Il générera des économies de fonctionnement et

devrait accroître la performance du pôle public ferroviaire à l'international. Reste que RFF et la SNCF avaient été séparés en 1997 afin de répondre au droit européen qui sépare réseau et services de transport.

L'État assure que l'accès d'autres opérateurs que la SNCF au réseau français sera garanti en toute transparence et sans discrimination avec la nouvelle configuration.

Il envisage plusieurs garde-fous en ce sens : directory du GIU, code du réseau, haut comité, etc. ■

PROJET D'ARRÊTÉ LIMITANT L'ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR



© STUDIO CP PHOTOS

Lors du « Jour de la nuit », Lourdes (Hautes-Pyrénées) a éteint plusieurs monuments.

Il s'agit d'économiser 2 TWh par an (consommation annuelle de 750 000 ménages), d'éviter l'émission de 250 000 tonnes de carbone et de réduire les nuisances lumineuses. L'arrêté prévoit que les locaux professionnels éteignent leur lumière une heure après la fin de leur occupation. Les vitrines et les façades de bâtiments seront éteintes au plus tard à 1 heure du matin, sauf en période de fêtes. Cette réglementation vient confirmer l'engagement du Grenelle de l'environnement (action 6) et fait suite à la table ronde nationale pour l'efficacité énergétique.

Des communes agissent déjà en ce sens afin de réduire leur consommation d'éclairage.

Certaines dont Lourdes (Hautes-Pyrénées) ont coupé l'illumination de leurs monuments le 13 octobre lors de la 4^e édition du Jour de la nuit organisé par Agir pour l'environnement. ■

L'arrêté sur les durées de fonctionnement de l'éclairage non résidentiel pourrait entrer en vigueur le 1^{er} janvier

2013, selon la direction générale de la prévention des risques du ministère du Développement durable.

RECONSTRUCTION D'UN LYCÉE GRENOBLOIS

La reconstruction du Lycée Les eaux claires de Grenoble (Isère) se termine fin 2012 ou début 2013. Sur le site de l'ancien établissement scolaire, l'agence grenobloise r2k Architectes a conçu un bâtiment de 14 500 m² pouvant accueillir 1 122 élèves et 9 logements de fonction. Il est situé en zone sismique. Le bâtiment est isolé par l'extérieur, l'isolant étant « caché » derrière des façades non porteuses en béton ou en

bois. Les salles de cours reçoivent un maximum de lumière du jour. La toiture et des pignons sont végétalisés. IDBat Production a préfabriqué les 4 650 m² de panneaux de façade comportant une paroi grise et des encadrements de fenêtre blancs. « Le fait de couler deux types de béton de coloris différents dans la même élévation, impose une qualité industrielle garantie par la préfabrication, précise

Stéphane Perazio, responsable commercial d'IDBat Production. Ce principe est quasi irréalisable sur chantier sans reprise de bétonnage. »

Les ciments sont produits par Lafarge. Les panneaux dont les plus grands mesurent 7 m de long par près de 4 m de haut et pèsent entre 3,9 et 12 tonnes/pièce, sont posés sur une structure poteau-poutre coulée sur chantier par Sogrebat. ■



© LAFARGE

Encadrement de fenêtre et panneau sont préfabriqués ensemble malgré la différence de coloris.

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DE TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS



877 - INNOVATION & GÉNIE CIVIL



878 - L'EAU - TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX



879 - OUVRAGES D'ART



880 - SOLS & FONDATIONS



881 - TRANSPORTS & INFRASTRUCTURES



882 - PATRIMOINE & REHABILITATION



883 - TRAVAUX SOUTERRAINS



884 - INTERNATIONAL



885 - ROUTES ET TERRASSEMENTS



886 - VILLE DURABLE - ENERGIE - URBANISME



887 - EAU, BIODIVERSITE & INFRASTRUCTURES



888 - OUVRAGES D'ART



889 - SOLS & FONDATIONS



890 - TRANSPORTS, ROUTES ET TERRASSEMENTS



891 - PATRIMOINE & REHABILITATION

BON DE COMMANDE

À renvoyer à : Com et Com - Service Abonnements TRAVAUX - Bât. Copernic - 20 av. Édouard 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

JE COMMANDE LES NUMÉROS SUIVANTS (cochez les cases de votre choix en indiquant le nombre d'exemplaires) :

- 877 x ___ 878 x ___ 879 x ___
 880 x ___ 881 x ___ 882 x ___
 883 x ___ 884 x ___ 885 x ___
 886 x ___ 887 x ___ 888 x ___
 889 x ___ 890 x ___ 891 x ___

Soit un montant total de :
 _____ numéros x 25 € = _____ €

(Pour une commande de plus de 20 numéros le prix passe de 25 € à 20 € l'unité. Pour plus de 100 numéros commandés le prix est de 17 € l'unité. Pour les auteurs de la revue le prix est de 15 € l'unité.)

JE VOUS INDIQUE MES COORDONNÉES :

Nom _____ Prénom _____
 Entreprise _____ Fonction _____
 Adresse _____
 Code postal [] [] [] [] [] [] Ville _____
 Tél. : _____ Fax : _____
 Email : _____ Merci de ne pas communiquer mon adresse mail.

Je joins mon règlement d'un montant de _____ € TTC par chèque à l'ordre de ESI

ATTENTION : tous les règlements doivent être libellés exclusivement à l'ordre de ESI

- Je réglerai à réception de la facture
 Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date, signature et cachet de l'entreprise obligatoire

COFACE SE RENFORCE EN AFRIQUE

Coface, spécialiste de l'assurance-crédit, vient de signer un partenariat technique avec Axa en Côte-d'Ivoire et au Sénégal, ouvrant ses services aux entreprises de ces pays. Au Ghana, la filiale de Natixis a également conclu un partenariat, cette fois avec Activa International Assurances Ghana, membre du réseau d'assureurs africains Globus.

La contribution de Coface à la couverture du risque de crédit facilite l'accès de ses clients au financement bancaire et au rachat de créances.

Rappelons que le groupe était déjà présent au Cameroun et au Gabon, et qu'il gère également les garanties publiques à l'exportation de l'État français.

SPIE RACHÈTE EN BELGIQUE

Spie Belgium s'apprête à acquérir trois entreprises en Belgique. Deux sont spécialisées en électricité industrielle - G. Van Overschelde et Vanogroep -, la troisième, Vano Electro, l'étant en installation de panneaux solaires.

Ces sociétés, une fois reprises par la filiale de Spie, conserveront leur nom.

TROIS MISES EN LUMIÈRE PRIMÉES DONT UNE EN CHINE



Les couleurs jade et or valorisent le paysage aquatique qui traverse Dujiangyan, ville chinoise.

© CONCEPTO & ZONGTAI

La mise en lumière des berges du fleuve Minjiang à Dujiangyan en Chine (province du Sechuan) a obtenu le prix spécial du jury attribué par l'Association des concepteurs lumière et éclairagistes (ACE) à la mi-septembre. Mao Cheng et Roger Narboni de l'agence Concepto et Zongtai ont éclairé les rives du fleuve en jade (vert) et or sur 2 km. Ces illuminations visent à favoriser la renaissance de la ville victime d'un tremblement de terre en 2008. Elles révèlent la beauté des sites paysagers et des rivières canalisées.

Ce paysage très aquatique est classé au patrimoine mondial de l'Unesco depuis 2000.

Cette récompense a été remise par l'ACE dans le cadre de ses Rencards de l'acétylène, lors de la dixième édition du prix du même nom à Tours (Indre-et-Loire). Cette année, les candidats devaient proposer une mise en lumière d'un paysage urbain, datant de moins de trois ans et pérenne.

Il semble que l'eau ait inspiré les candidats. Les deux premiers « prix de la conception lumière » (ex-æquo) ont couronné des aménagements le long de rivières, mais cette fois, en France. Agathe Argod de l'agence Scène publique a conçu l'éclairage de berges de la Meurthe à Raon-l'Étape (Vosges). Le jury a apprécié la simplicité et la discrétion de son travail. Le nombre de points lumineux a été volontairement limité, privilégiant le cheminement piéton. La rivière reste dans l'ombre, propice à la réflexion, selon le descriptif du projet. Ce choix apporte un confort nocturne et une identité à ces espaces tout en respectant une utilisation maîtrisée de l'énergie.

Le second prix ex-æquo revient à Jean de Giacinto et David Durand, concepteurs lumière d'Architectures composites, pour l'éclairage de la passerelle Saint-Jean qui franchit la Garonne à Bordeaux. La passerelle ferroviaire a été construite par Eiffel au XIX^e siècle

et a été sauvée de la démolition il y a quelques années. Longue de 500 m et appartenant à RFF, elle est classée monument historique.

Des tubes en leds de couleur blanche posés sur les 22 raidisseurs de l'ouvrage imitent un code à barres et mettent en valeur ses structures en X.

« Depuis le train, les voyageurs découvrent un effet cinématique et, depuis les quais, les promeneurs, une écriture lumineuse contemporaine, » indiquent les concepteurs. ■



L'éclairage privilégie le cheminement piéton et laisse dans l'ombre la Meurthe, à Raon-l'Étape (Vosges).

© MICHEL DEMANCE

L'ÉCOLE CENTRALE À SACLAY EN 2016



Maquette du premier bâtiment de l'École centrale.

L'École centrale de Paris (ECP) va quitter Châtenay-Malabry (Hauts-de-Seine) pour emménager à Gif-sur-Yvette (Essonne) en 2016.

Les travaux du nouvel établissement doivent démarrer en 2014. Pour le moment, la conception architecturale d'un premier bâtiment de 36 000 m² a été confiée à l'agence OMA qui a également remporté une mission d'urbaniste coordonnateur du quartier Joliot-Curie (30 ha) dans lequel l'ECP s'inscrira. Le second édifice de l'école

devait être construit dans le cadre d'un partenariat public-privé mais la procédure est remise en cause aujourd'hui. Quoiqu'il arrive, l'ensemble ouvrira en 2016 et son coût est évalué à 220 millions d'euros.

Avec cette localisation sur le plateau de Saclay, l'École centrale se rapproche de Supélec (École supérieure d'électricité) située dans le même axe piéton, et de l'École normale supérieure de Cachan (Val-de-Marne) qui va, elle aussi, rejoindre le secteur. ■

TUNNEL DE 18 KM IMMERGÉ



Le tunnel ne devra nuire ni à l'environnement ni à l'activité touristique. Ici, côté allemand du détroit de Fehmarn.

Un tunnel de 18 km va relier le Nord de l'Allemagne au Sud du Danemark, probablement en 2021. Ce lien dont le principe a été signé entre les deux régions en 2007, est entré dans la phase de préqualification des entreprises, ceci jusqu'au 18 janvier 2013. Les autorités danoises et allemandes ont confié le projet à une entreprise danoise spécifique Femern A/S, filiale de la société nationale Sund & Bælt Holding A/S.

Le détroit de Fehmarn se situe entre l'île allemande de Fehmarn et l'île danoise de Lolland, entre les ports de Puttgarden et de Rodbyhavn. Cette route maritime entre Mer baltique et

Océan atlantique est fréquentée par de gros porte-conteneurs et pétroliers qui viennent croiser le trafic de véhicules, passagers et marchandises par ferry entre l'Europe du nord et la Scandinavie. La Région de Zealand (Danemark) et le Comté d'Ostholstein (Allemagne) réfléchissent au sein de l'Europe des détroits⁽¹⁾ à comment réaliser l'ouvrage d'art et les infrastructures terrestres associées sans nuire à l'environnement ni sacrifier l'activité touristique.

Des études approfondies ont déjà été réalisées.

Le tunnel de Fehmarn Belt mesure 17,6 km de long. Il sera construit à terre puis immergé. Tel que conçu

aujourd'hui, il comprend 89 éléments de 214 m de long, avec une section de 42 m de large par 9 m de haut. Il abrite quatre voies autoroutières, des voies ferrées ainsi que les tubes d'évacuation des personnes. La vitesse des trains de voyageurs pourra atteindre 200 km/h, celle du fret 140 km/h, et celle des véhicules, 110 km/h.

Les travaux devraient durer de 2015 à 2021 pour un montant estimé à 5,5 milliards d'euros dont une partie financée par l'Union européenne.

Il a été décidé, malgré un surcoût de 400 millions d'euros, de baser la production à Rodbyhavn (Danemark) au lieu d'un site en Pologne envisagé en 2010.

Quatre ou cinq consortiums seront préqualifiés pour quatre lots : dragage des fonds marins et assèchement aux entrées de tunnel, construction des sections nord et sud (2 lots), et aménagement des infrastructures portuaires, rampes et équipements à terre. Ensuite, Femern remettra un rapport complet aux autorités danoise et allemande qui devraient donner leur feu vert fin 2014 ou début 2015. ■

⁽¹⁾ Europe des détroits : voir sites www.europeanstaits.eu, www.femern.com et revue *Travaux* n°888, mai 2012, page 4.

UN SEUL AÉROPORT À ORLY

Les aéroports d'Orly Sud et Orly Ouest seront réunis en un seul terminal en 2018. Le projet comprend la création d'une salle d'embarquement internationale de 20 000 m², un bâtiment de jonction de 80 000 m² entre les deux sites actuels et le réaménagement des abords extérieurs. Les travaux sont estimés à 450 millions d'euros par Aéroports de Paris. L'architecte en chef du projet est François Tamisier.

L'aéroport accueille actuellement 27 millions de passagers par an sur 290 000 m².

Le projet devrait fluidifier le trafic des voyageurs et leur apporter plus de confort. Les postes avions seront directement au contact des salles d'embarquement et non plus éloignés (transport par bus). La salle de livraison des bagages va comporter un troisième tapis. Le nombre de postes de contrôle des frontières sera accru. Par ailleurs, l'aéroport se prépare aux connexions avec le futur tramway, la prolongation

de la ligne 14, les gares routière et TGV. Le réaménagement des abords et la réorganisation des parkings commenceront en 2013.

L'espace piéton sera étendu et une dépose-minute, créée.

La construction de la salle d'embarquement devrait également commencer

l'année prochaine et celle du bâtiment reliant les terminaux Ouest et Sud, à partir de 2015. Les appels d'offres des travaux préalables et préparatoires seront publiés à l'été 2013, et les autres, avant l'été 2014, sous réserve du permis de construire et des études d'impact. ■



Vue des abords de l'aéroport d'Orly en 2018.

CENTRAFRIQUE : 965 MILLIONS D'EUROS AU TRANSPORT

La Banque mondiale vient d'accorder un prêt de 965 millions d'euros à la République centrafricaine (RCA) dans le cadre d'un projet de transport qui vise à réduire les coûts et les délais entre Bangui et Douala (port au Cameroun), avec des travaux sur 400 km de Bangui à Bouar.

COLAS RAIL À ALGER

Colas Rail a remporté le contrat d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger (Algérie) en groupement avec KOU.G.G. La filiale de Colas se charge des voies, du troisième rail, du réseau électrique, des courants faibles, de la ventilation des tunnels et de la billetterie. Les travaux s'élèvent à 85 millions d'euros dont un peu plus de la moitié pour Colas Rail. Mise en service prévue en novembre 2014.

APPEL D'OFFRES POUR LA ROCADE DE MARSEILLE

Les réponses à l'appel d'offres pour la rocade de Marseille sont attendues pour janvier 2013 en vue d'un contrat de partenariat public-privé à signer pendant l'été.

La réalisation des tronçons nord et est devraient décongestionner le centre-ville. Les 10 km de la rocade L2 relieront l'autoroute A7, au nord, à l'autoroute A50, à l'Est.

GESTION DE VÉHICULES SUR PORTABLE

Le Fleet Express est une version d'un logiciel de gestion de flotte de véhicules pour téléphone portable (smartphone type Android ou compatible).

Il vient compléter la solution fixe Carcube de Trimble Transport et Logistics en prenant en charge les matériels roulants extérieurs d'une société.

Les aspects logistiques sont privilégiés, ce qui exclut le temps de conduite par chronotachygraphe, certains téléchargements, l'analyse de l'éco-conduite et des mesures de température, par exemple.

En revanche, il peut lire des codes à barres à condition d'être doté d'une caméra, et recueillir une signature électronique.



Application de gestion de flotte extérieure sur smartphone.

APPELS À PROJETS ADEME

Les réponses à l'appel à projets de l'Ademe Ile-de-France sur les installations de gestion de déchets devront être déposées au plus tard le 1^{er} février 2013 et privilégieront le réemploi, la réutilisation et le traitement. Le délai a été fixé au 21 février pour deux autres appels à projets sur la géothermie profonde et sur les réseaux de chaleur. La direction Ile-de-France de l'Ademe jugera l'efficacité énergétique et la pérennité des installations.

www.ile-de-france.ademe.fr

BRIQUES DE RÉSEAUX INTELLIGENTS EN TEST



L'intégration des énergies nouvelles renouvelables dans les réseaux intelligents est au cœur de plusieurs expérimentations. Ici, centrale photovoltaïque sur une coopérative fruitière (Lot-et-Garonne).

Le salon sur les réseaux intelligents (smartgrids) qui se tient du 19 au 22 février à Paris, sera la troisième édition de Smartgrid Expo. À celle de juin 2012, Électricité réseau distribution France (ERDF) a présenté les démonstrateurs auxquels il participe. Celui de Nice, par exemple, fait partie du projet européen Grid4EU qu'il coordonne avec Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (Enel, Italie). Ce programme 2011-2015 explore notamment la connexion au réseau de l'électricité issue d'énergies nouvelles renouvelables.

L'Espagne, l'Italie, l'Allemagne, la Suisse et la Suède ont aussi des pilotes dans ce cadre.

Rappelons que les réseaux intelligents d'énergie comprennent des compteurs (gaz et électricité) capables de recevoir et d'envoyer des informations.

→ Quartier solaire à Nice

L'utilisation de ces compteurs communicants est voulue par l'Union européenne⁽¹⁾ qui y voit un moyen d'encourager les économies d'énergie. Indirectement, ils permettront à Réseau de transport d'électricité (RTE) de mieux équilibrer demande des clients finaux et offre de tous les producteurs, petits et gros.

À Nice (Alpes-Maritimes), ERDF expérimente cet équilibre entre production et consommation dans un quartier à forte concentration de capteurs photovol-

taïques. Il y teste différents leviers de contrôle de la basse tension en cas d'injection massive d'électricité solaire, l'effacement de la zone (1 500 clients, 5 MW), le stockage et l'ilotage du solaire.

Parmi les expérimentations déjà lancées par ERDF à ce jour, citons le smartgrid d'un quartier d'Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine) ainsi que la communication d'informations et la commande à distance sur les Iles de Houat et Houédic (Morbihan) afin d'éviter le recours à des groupes électrogènes dimensionnés pour les pointes de consommation. ERDF et RTE étudient comment fluidifier les échanges de données entre leurs réseaux au niveau des postes sources. À Lyon et Grenoble, le distributeur d'électricité basse et moyenne tension teste un système électrique intelligent chez 1 000 clients (projet Greenlys).

→ Projets à l'étude

Des projets sont au stade de l'étude en Vendée (intégration d'énergies nouvelles renouvelables), dans l'Aube, département à forte implantation d'éoliennes (projet Venteea), et à Lyon (test de systèmes incitant aux économies d'énergie par envoi de signaux tarifaires aux clients).

Voir aussi <http://grid4eu.info> et www.erdfdistribution.fr

⁽¹⁾ Directive 2009/72/CE (électricité) et version du 22 avril 2009 abrogeant la directive 2003/55/CE (gaz). Cf. Gazette des communes, 24 janvier 2011, page 34.

COMPTEURS GAZ COMMUNICANTS

Les compteurs intelligents sont aussi installés sur l'alimentation en gaz et font l'objet d'expérimentations. Gaz réseau distribution France (GRDF) a constaté qu'ils aidaient à améliorer l'efficacité énergétique et étaient rentables pour les particuliers. « Après avoir testé les compteurs, nous avons observé ce qu'avaient fait 400 usagers des relevés de consommation reçus une fois par mois pendant huit mois, sous différentes formes (en kWh, euros, m³, par jour, semaine ou mois), informe Isabelle Drochon, pilote opérationnelle du projet. Un quart a fait ou décidé une action d'économie d'énergie. »

Sur la base de cette expérimentation terminée à mi-2011, GRDF a proposé une « solution technique » à la Commission de régulation de l'énergie (CRE) qui en a autorisé la construction. Le distributeur de gaz a pris des contacts avec des industriels mais attend la décision gouvernementale de généraliser les compteurs communicants - peut-être à mi-2013 - pour lancer une fabrication qui pourrait déboucher en 2015. Le nouveau modèle ne comprend pas de vanne de coupure à distance.

Parallèlement, GRDF a presque terminé le déploiement de compteurs communicants chez ses 100 000 plus gros clients (plus de 300 000 kWh de gaz consommés par an). L'Union européenne ne se préoccupe pas de la rentabilité technico-économique de ces appareils car le distributeur les amortit rien que par la fiabilité des relevés et les gains en interne.

SIX INNOVATIONS ROUTIÈRES À EXPÉRIMENTER

Six propositions ont été retenues dans le cadre du prix innovation 2012 piloté par le Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements⁽¹⁾. Ces procédés innovants feront l'objet d'expérimentations officielles. Ce prix, remis tous les ans depuis 2006, vise à mieux répondre aux besoins des maîtres d'ouvrage et des usagers.

Pour la première fois, y figure une technologie applicable aux tunnels. Etandex a conçu trois procédés moins coûteux de 30 à 50% que les techniques existantes. Ils forment une coque intérieure d'étanchéité, soit adhérente ultramince (3 cm, verre/epoxy), soit adhérente mince en trois couches (10 cm), soit encore semi-indépendante, ancrée dans l'ouvrage, en trois composants (10 cm).

Le tablier X'Press de la société Composants précontraints (CPC) a été apprécié pour sa rapidité d'exécution avec des moyens légers et son intérêt à l'export. Ce système de remplacement de tablier d'ouvrage d'art se compose de coffres autoportants en U préfabriqués en béton fibré à ultra hautes performances (BFUP) posés sur les appuis.



L'Écoforme composé de particules fines et gravillons nobles récupérés dans des boues de béton et de chantier.

Dans ces coffrages, sont coulés des nervures et un hourdis en béton armé. Les travées mesurent 12 m maximum, longueur adaptée au transport par conteneur de 45 pieds. Le BFUP forme une gaine autour du béton armé, protection intéressante en atmosphère marine ou humide. Le léger surcoût de la solution s'amortit grâce à la rapidité de chantier et à un entretien moindre.

Le jury du prix a également retenu Ecoforme que Clamens a développé en récupérant les particules les plus fines et les gravillons nobles des boues de béton et de chantier. Le produit a une résistance après compactage identique

à celle d'une grave concassée et une étanchéité similaire à l'argile. Il convient en corps de chaussée, en remblai et en étanchéité de bassin.

Les autres prix sont allés à une structure de rail bas (Eurovia Management) et à deux couches de roulement : la première à granulométrie optimisée baptisée BB5 (Eiffage Travaux publics) et la seconde, de faible épaisseur, destinée à entretenir un support fatigué et fissuré (Colbifibre de Colas). ■

⁽¹⁾ Nouvelles coordonnées du Sétra : 110 rue de Paris, 77171 Sourdun, tél.: 01 60 52 31 31.

FAÇADE EN VERRE ÉMAILLÉ

Le verre émaillé est mis à contribution dans ce revêtement mural extérieur. Lite-Point permet de réaliser des façades ventilées opaques et esthétiques. Le matériau et ses couleurs résistent aux intempéries et au vieillissement. Le parement se présente soit en uni dans une large palette de teintes, soit avec des motifs sérigraphiés.

Le verre émaillé s'incorpore dans un système de bardage comprenant les profilés en aluminium sur lesquels il est fixé, eux-mêmes solidarités par vis et boulons à la structure porteuse du bâtiment à recouvrir. Un avis technique, selon son fabricant Glassolutions (Saint-Gobain).

Le Lite-point peut contribuer à la performance thermique d'une construction, la lame d'air entre parement en verre et isolant constituant un espace de régulation des températures.

RÉSIDENCE UNIVERSITAIRE EN BOIS ET BÉTON



Les panneaux de bois participent au contreventement assuré également par les cages d'escalier en béton.

Versailles Habitat, office public d'HLM, construit une résidence universitaire à l'endroit d'une ancienne maison de jeunes. À la rentrée 2013, le bâtiment abritera 60 logements sur cinq niveaux. La nouvelle construction allie bois en structure et panneaux, et béton. Après la démolition de l'équipement culturel, le sous-sol est repris et adapté. La dalle du rez-de-chaussée doit être parfaitement plane afin de recevoir les

panneaux de bois usinés au millimètre près. Sur le socle en béton, les deux cages d'escalier situées au centre du bâtiment sont elles aussi alignées avec soin. Elles contribuent au contreventement. Le reste de la construction est réalisée en bois en grande partie. Les panneaux contrecollés Leno de Metsä Wood (ex-Finnforest) reprennent davantage d'efforts de charge verticale et horizontale dont le contreventement,

que ne le ferait une structure en ossature bois, selon Ithaques, architecte mandataire⁽¹⁾.

Cependant, l'entreprise de charpente Ecologgia a optimisé leur utilisation en adaptant leur sens de portée en plancher, en employant des panneaux massifs uniquement pour les murs à rôle structurel, et des cloisons, ailleurs. Afin d'obtenir un résultat acoustique satisfaisant, Bouygues Bâtiment Ile-de-France-Habitat social, entreprise générale, a fait appel au bureau d'études spécialisé Venathec.

L'ensemble des intervenants du chantier collaborent afin que la réalisation ne remette pas en cause les qualités acoustiques et thermiques des matériaux.

Les interfaces entre bois et béton ont été identifiées en amont. L'emploi du bois en filière sèche convenait particulièrement ici du fait du manque de place. ■

⁽¹⁾ Maître d'œuvre associé à l'atelier WRA et au bureau d'études Mecobat.



Le parement existe dans une large palette de teintes.

INFIRMERIE DE CHANTIER

Le guide « Infirmier de chantier » publié par l'Organisme professionnel de prévention du BTP (OPPBT) aidera à organiser les secours d'urgence sur les chantiers, qu'il y ait une infirmière sur place ou non. Il s'applique aussi aux premiers secours et à l'évacuation de blessés dans l'entreprise.

Des règles d'urgence doivent être intégrées dans des protocoles spécifiques dont fait partie l'infirmier de chantier. L'ouvrage rappelle la législation, propose un cahier des charges du dispositif et des recommandations d'aménagement et d'équipement du local. Les protocoles sont présentés en 15

fiches correspondant aux situations d'urgence les plus courantes avec les médicaments adaptés. Il comprend également des informations sur la vaccination et des questionnaires médicaux.

Téléchargeable sur : www.oppbtp.fr



LES TECHNOLOGIES DE L'ÉNERGIE D'ICI À 2050

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a publié son rapport sur l'avenir des technologies de l'énergie – Energy Technology Perspectives (ETP). Ce document qui sort tous les deux ans, détaille en 700 pages les scénarios et stratégies énergétiques jusqu'en 2050 afin de limiter le réchauffement climatique à 2°C.

L'ETP propose aux gouvernements trois grands axes de travail pour y parvenir : créer un climat d'investissement favorable aux énergies propres ; libérer le potentiel de l'efficacité énergétique considérée comme l'énergie du futur ; accélérer l'innovation, la recherche et le développement notamment avec des actions pilotes. L'AIE estime que

les dépenses nécessaires à la mise au point de nouvelles technologies seront inférieures aux bénéfices économiques qu'elles vont générer. Le rapport souligne l'interdépendance entre sécurité énergétique et énergies à faible contenu en carbone. Il met en évidence l'importance grandissante des systèmes électriques flexibles et l'inté-

rêt de ceux qui combinent réseau intelligent, stockage et production variable. L'hydrogène pourrait se développer dans certaines conditions qu'il cite et les combustibles fossiles ne seront pas amenés à disparaître.

À consulter sur : www.iea.org/etp/

MISE EN LUMIÈRE NOCTURNE

Le cahier pratique du Moniteur (n°5678) porte sur la mise en lumière nocturne. Il présente les évolutions de l'éclairage public depuis ses caractéristiques

jusqu'à la mise en œuvre - aspects sécuritaires, techniques, mise en scène - à travers schémas et dessins. Le document d'une cinquantaine de pages reprend d'abord l'historique

de l'éclairage, aborde la notion d'éblouissement et reprend les notions essentielles à connaître. Il précise les liens entre lieu et éclairage, et les grands principes d'une mise en lumière

adéquate avant de proposer conseils, méthode et références des textes officiels.

www.groupe-moniteur.fr

SÉCURITÉ INCENDIE : MAINTENANCE ET VÉRIFICATION

La 5^e édition de l'ouvrage du CNPP sur les opérations de contrôle, d'entretien, de vérification et de maintenance des installations et matériels de sécurité incendie, a fait

l'objet d'une mise à jour complète pour l'adapter au cadre réglementaire et normatif en vigueur. Elle détaille chaque type de matériel dans un tableau avec les opérations

à effectuer, leur périodicité et les compétences que le personnel doit avoir.

www.cnpp.com



AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 19 AU 22 FÉVRIER

Expoblogaz (filière méthanisation)

Lieu : Paris (Porte de Versailles)
www.bepositive-events.com

• 19 AU 22 FÉVRIER

Smartgrid Expo

Lieu : Paris (Porte de Versailles)
www.bepositive-events.com

• 19 AU 22 FÉVRIER

Salon des énergies renouvelables

Lieu : Lyon (Eurexpo)
<http://lyon.bepositive-events.com/enr>

• 9 AU 11 AVRIL

Rencontres géosynthétiques

Lieu : Dijon (Côte-d'Or)
www.rencontresgeosynthetiques.org

• 6 AU 8 MAI

Évaluation, amélioration, rénovation et maintenance des infrastructures

Lieu : Rotterdam (Pays-Bas)
www.iabse2013rotterdam.nl

• 28 ET 29 MAI

Bâti Energie (BBC et énergie positive)

Lieu : Paris (Porte de Versailles)
www.reseau-batienergie.fr

• 3 AU 7 JUIN

World Dredging Congress (congrès mondial du dragage)

Lieu : Bruxelles
www.wodcon.org

FORMATIONS

• 22 AU 24 JANVIER

Inspection des ouvrages d'art courants (connaissances de base, niveau 1)

Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

NOMINATIONS

ADF :

Jean-Christophe Baudouin remplace Jean-Christophe Moraud à la direction générale de l'Association des départements de France.

BANQUE PUBLIQUE D'INVESTISSEMENT :

Nicolas Dufourcq (Capgemini) devrait être directeur général, et Jean-Pierre Jouyet (CDC), président de la future BPI.

BOUYGUES :

Jean-Luc Letouze est promu directeur de la communication de Bouygues Construction. Nathalie Watine a été nommée directrice générale Logement France de Bouygues Immobilier.

COFACE :

Cécile Fourmann est la nouvelle directrice des ressources humaines du groupe Coface.

CULTURE :

Vincent Berjot succède à Philippe Bélaval à la direction générale des patrimoines du ministère de la Culture, M. Bélaval présidant désormais le Centre des monuments nationaux.

EIFFAGE :

Stéphane Abry prend la direction générale d'Eiffage Construction métallique.

FINANCES LOCALES :

André Laigniel devient le président du Comité français des finances locales suite au départ de Gilles Carrez. Il en était déjà le vice-président.

FNTP :

Bruno Cavagné (groupe Giesper) a été nommé vice-président de la Fédération nationale des travaux publics, et Jean-Yves Martin, vice-président honoraire ainsi qu'administrateur honoraire du Syndicat de France.

MÉDIATION :

Le conseil des ministres a nommé Jean-Lou Blachier (vice-président de la CGPME) médiateur des marchés publics, et Pierre Pelouzet (vice-président de l'Observatoire des achats responsables) médiateur interentreprises.

MISSION PPP :

Une mission d'information sur l'évaluation des partenariats public-privé a été confiée aux sénateurs Jean-Pierre Sueur et Hugues Portelli (commission des lois du Sénat).

ONEMA :

Élisabeth Dupont-Kerlan remplace Patrick Lavarde à la direction générale de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques.

POINT P :

Michel Daniel ajoute une carte

immobilier à sa fonction de directeur du patrimoine, de l'environnement et de la prévention des risques qu'il occupe depuis un peu plus d'un an dans le groupe.

PORTS DE PARIS :

Maria Ruclli remplace Gérard Chataigner au secrétariat général.

REDRESSEMENT PRODUCTIF :

Samia Buisine a été nommée conseillère technique chargée des industries écologiques au cabinet du ministre du Redressement productif, Arnaud Montebourg.

UIE :

L'Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE) a élu Didier Haegel, directeur général de Vinci Environnement, président. Il succède à Alain Rousse.

Passion et Créativité au service de Vos Projets

ingénierie

T




Ranno Fontaine - La Réunion


ECCS Award 2010: Prix Européen de la construction métallique



Remplacement de la piste d'aéroport de Genève par ripage

fib Award for outstanding structures 2010: Special mention





T Ingénierie SA
Ingénieurs civils
epf ssa vstc

quai de saject 18
cp 91398
genève 11

+41 22 716 00 00
+41 22 716 00 09
www.t-ingenierie.com
gen@t-ingenierie.com



1

© SARENS

SARENS

RIEN N'EST TROP LOURD RIEN N'EST TROP HAUT

ENTRETIEN AVEC HENDRIK SARENS ET PATRICK JOHN NEGRE - REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

AVEC UN PARC DE 1 500 GRUES AUTOMOTRICES ET À FLÈCHE TREILLIS DE 30 TONNES À 3 500 TONNES ET 1 000 LIGNES D'ESSIEUX SPMT (SELF-PROPELLED MODULAR TRAILERS), PLUS CONNUS SOUS LE NOM DE « MILLE-PATTES », UNE PRÉSENCE DANS 52 PAYS DANS LE MONDE, UN EFFECTIF DE 3 200 PERSONNES DONT 600 EN BELGIQUE ET UN CHIFFRE D'AFFAIRES DE 510 MILLIONS D'EUROS, SARENS EST LE NUMÉRO 1 EUROPÉEN DU LEVAGE LOURD ET LE NUMÉRO 2 MONDIAL. C'EST ÉGALEMENT UNE ENTREPRISE FAMILIALE QUI ÉTAIT DIRIGÉE EN 2005, L'ANNÉE DES 50 ANS, PAR CINQ DES PETITS FILS DU FONDATEUR FRANS SARENS : HENDRIK, BENNY, JAN, MARC ET LUDO SARENS.

HENDRIK SARENS, MEMBER OF THE BOARD DE SARENS ET PATRICK JOHN NEGRE, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE SARENS FRANCE, NOUS RAPPELLENT LES GRANDES ÉTAPES DE CETTE EXTRAORDINAIRE AVENTURE, DE 1955 À NOS JOURS.

Le premier Sarens du nom, Frans, travaillait avec une charrette et des chevaux. La dernière génération, la quatrième, est à la tête de l'une des flottes d'engins de levage des plus impressionnantes au monde. Tout a basculé en 1955 lorsque Frans Sarens, chef d'une famille de 12 enfants

et propriétaire d'une exploitation forestière à Steenhuffel, à une trentaine de kilomètres au nord-ouest de Bruxelles, en terre flamande, est passé de son activité initiale qui s'était déjà élargie au transport de grumes, au transport d'un pylône pour une ligne électrique haute tension dans un site d'un accès

très difficile. L'opération fut réalisée avec succès à l'aide... d'une charrette tirée par des chevaux. Fort de cette expérience concluante, Frans Sarens s'est alors lancé dans l'activité du levage, parallèlement à l'exploitation forestière et au transport, et ce jusqu'à la seconde mondiale.

DES CHEVAUX AUX CHEVAUX VAPEURS

En 1940, la charrette est remplacée par un premier camion qu'il faut temporairement abandonner en raison du manque de carburant durant la guerre. Entretemps, Frans Sarens a récupéré nombre d'équipements militaires dispo-



© SARENS
2

1- À Chandler, en Arizona, une grue Sarens SGC-120's de 3 500 tonnes, le porte-étendard de la firme, a joué un rôle déterminant dans la construction d'un centre de haute technologie, l'un des projets les plus importants actuellement en construction aux États-Unis.

2- En octobre dernier, transport de la cargaison peut-être la plus précieuse à ce jour : la navette spatiale Endeavour. La « dernière mission » de Endeavour est le résultat de plusieurs mois de planification minutieuse des ingénieurs de Sarens.

3- Hendrik Sarens, Member of the Board de Sarens.

4- Patrick John Negre, directeur général de Sarens France.

nibles dans les stocks américains pour remplacer les chevaux. Il équipe ainsi des camions de dépannage de l'armée américaine de grues à flèche caissonnée ou à flèche treillis pour poursuivre et développer l'activité levage.

Ainsi les pneus succèdent aux roues en bois, puis les moteurs aux chevaux. Entre 1955 et 1960, l'entreprise poursuit sa percée dans le transport routier exceptionnel et débute dans le levage de produits pondéreux.

La deuxième génération de Sarens est déjà aux commandes. D'importants investissements sont réalisés dans les grues et le matériel de transport à l'oc-

casion du montage et du démontage de l'Expo 58 de Bruxelles, dont l'Atomium. L'Atomium qui a été récemment restauré en particulier avec les moyens de levage de l'entreprise, demeure la référence la plus emblématique.

Entre 1960 et 1965, plusieurs grues sont ainsi adaptées sur des porteurs de récupération : Manitowoc 3900 de 120 tonnes, Demag de 100 tonnes, tandis que les opérations de levage prennent de plus en plus d'ampleur.

En 1970, le premier matériel lourd est acheté : il s'agit d'une Gottwald MK650 de 500 tonnes, représentant un investissement de 850 000 euros.

LE LEVAGE PREND LE DESSUS

L'activité transport demeure plus importante que l'activité levage jusqu'au début des années 80 à partir desquelles c'est le levage qui prend vraiment le dessus. Parallèlement au levage proprement dit, Sarens conçoit et fabrique, dans les mêmes années 70, une génération de porteurs automoteurs « maison » qui précède la première vague de 40 trains d'essieux Goldhofer ajoutée au parc de matériel de transport en 1971. Dès lors, les investissements en matériel, personnel et connaissance technique sont incessants et le transport routier classique est progressivement abandonné au profit d'opérations de transport tout à fait exceptionnelles. En 1980, un record mondial est obtenu avec l'installation dans le port de Rotterdam d'une bouée de 3 290 t. Pendant les dernières années de la décennie 80 et jusqu'à aujourd'hui, les activités de transport de Sarens évoluent vers le déplacement de charges extrêmement lourdes.

DES APPAREILS SPÉCIAUX

Outre les 1 500 grues de 30 t à 3 500 t de son parc de matériel (automotrices sur pneus et sur chenilles à flèche treillis), Sarens dispose d'un arsenal d'appareils spéciaux pour les déplacements verticaux ou horizontaux de charges lourdes. Il s'agit généralement de développements « maison » à partir d'expériences acquises sur le terrain. C'est le cas des Sarlift, Sarskid (opérations de coulissement), Sarpad, Sartower (levage de tours) et Sartrain. Ce dernier a été mis au point spécialement pour la mise en place de ponts sur les lignes de TGV en France, en utilisant la voie existante. ▷



© SARENS
3



4

L'ENTRÉE DANS LE 21^e SIÈCLE

La maintenance des grues et des véhicules de transport se fait entièrement en propre dans les ateliers de la société. Le matériel est donc toujours utilisable à 100 % et fiable. Sarens dispose également d'un grand nombre de tracteurs et de remorques pour le transport de ses équipements.

La plus grande grue du parc est la SGC 120 (pour Sarens Giant Crane), de la catégorie des 3 500 tonnes. Cette grue a été développée en interne. Elle est le porte-étendard de la firme. Le parc comprend également d'autres grues exceptionnelles : une Liebherr LR1800, deux Gottwald AK680, six Terex-Demag CC2600, deux Liebherr LR750 sur chenilles. Ces grandes grues sont utilisées partout dans le monde : de l'Europe en Australie en passant par l'Amérique, du Moyen-Orient au Kazakhstan et en Asie.

DES PROJETS QUI SONT DÉJÀ DES RÉFÉRENCES

Parmi les projets les plus importants en cours, celui de la mise en place de la future écluse du Canal de Panama constituera une réalisation particulièrement spectaculaire. Les portes de cette écluse pèsent 1 600 tonnes pour la plus petite et 4 000 tonnes pour la plus lourde.

Les 16 portes seront transportées en quatre voyages successifs depuis l'Italie, d'abord par barges sur le canal reliant San Giorgio di Nogaro au port de Trieste, transférés ensuite en RoRo sur un navire de haute mer équipé spécialement, puis acheminées jusqu'au Panama.

Le 1^{er} chargement sera effectué le 18 février 2013 et l'ensemble des voyages s'étalera sur 10 mois auxquels s'ajouteront les opérations de déchargement et de montage des portes, également confiées à Sarens.

IMAGES DE FRANCE

La filiale française de l'entreprise, dirigée par Patrik John Negre est très active depuis sa création en 1999.

On lui doit plusieurs opérations de références mettant en évidence son savoir-faire dans le levage lourd mais aussi dans les opérations nécessitant des études sur mesure, quelle que soit leur importance. Certaines d'entre elles ont déjà quelques années, d'autres sont très récentes.

D'HIER...

Sarens France a transporté et « verticalisé » les mâts supports de haubans



5



6



7

© SARENS

du viaduc de Millau pour les mettre en position de réception des haubans et d'autoportance du tablier : transport exceptionnel, dispositif de levage sur mesure, mise en place. Une prestation complète clé en main.

Lors de la construction du Stade de France, l'entreprise a transporté, levé et assemblé l'ensemble de la structure métallique qui forme le toit de l'ouvrage. Sur le chantier du pont de Normandie, Sarens a mis en place le viaduc de franchissement du canal du Havre qui donne accès à l'ouvrage principal à partir de la rive droite de la Seine.

5- 1955 : les débuts de l'épopée « levage lourd » avec la mise en place d'un pylône pour une ligne à haute tension.

6- 1968 : première grue de 20/22 t sur porteur à flèche télescopique avec jib.

7- 1970 : la grue Gottwald MK650 représente un investissement de 850 000 €.

À côté de ces références anciennes mais emblématiques, les plus récentes n'ont rien à leur envier.

...D'AUJOURD'HUI...

À proximité de Saint-Nazaire, Sarens vient d'assurer le levage et le montage de la nacelle de l'éolienne-test de 6 mégawatts du programme offshore remporté par un consortium piloté par Alstom. La nacelle de cette éolienne, d'un poids de 450 tonnes, a été montée on-shore (à terre) à une hauteur de 130 m avec une grue CC8800 d'une capacité de 2 000 tonnes.

À Cepoy, l'opération est peut-être moins spectaculaire mais elle met en évidence les capacités de l'entreprise à s'adapter à tous les projets qui lui sont soumis. Il s'agissait de remplacer, dans le centre du village, à un endroit où l'espace n'était pas suffisant pour installer une grue, un pont ancien en béton de 220 tonnes par un nouvel ouvrage en acier. Deux lignes de 2 x 6 axes de chariots SPMT sont intervenues pour lever et transporter le pont ancien sur un site où il sera démolé et lui substituer ensuite le nouvel ouvrage métallique. Dans ce cas particulier, deux rampes RoRo de 23 m ont été mises en œuvre pour lever l'ouvrage et assurer son déplacement.

...ET DE DEMAIN

Pour le pont Bacalan-Bastide à Bordeaux, véritable vaisseau reliant les deux rives de la Garonne, Sarens est en train d'assurer le transport et la

8- En 1980, record mondial avec le transport d'une bouée de 3 290 tonnes dans le port de Rotterdam.

9- En 2005, pour les 50 ans, la quatrième génération de « Sarens » à la tête de l'entreprise : de gauche à droite, Hendrik, Benny, Jan, Marc et Ludo.

10- Mise en place des supports de haubans du viaduc de Millau.

mise en place des travées de rive et de la travée centrale levante. Les travées ont été fabriquées en Italie par Cimolai, dans la région de Venise. Elles ont été ensuite acheminées par voie maritime depuis le port de Trieste - un voyage de 5 000 km - ce qui constitue également un choix écologique : l'économie d'une centaine de poids lourds.

Pour mener à bien l'opération, l'entreprise a conçu deux barges - Louis et Paula - de 100 m de longueur, 33 m de largeur et 14 m de hauteur - capables de transporter, lever et mettre en place par rotation à l'aide de plusieurs lignes de SPMT, avec une précision de moins de 1 centimètre, les trois éléments d'un poids unitaire de l'ordre de 1 300 tonnes et d'une longueur de plus de 96 m. Parmi les réalisations prestigieuses à venir, à Flamanville 3, l'entreprise interviendra en 2013 pour la pose du dôme du réacteur nucléaire dit « EPR » à l'aide d'une grue de concep-

tion et fabrication Sarens d'une capacité de 3 500 tonnes, l'une des plus puissantes actuellement au monde.

« NOTRE CŒUR DE MÉTIER : LA CRÉATION »

« *Le cœur de métier de l'entreprise, indique Hendrik Sarens, c'est de créer des solutions de transfert dans les trois directions X, Y et Z, pour des colis extrêmement lourds par combinaison tous les moyens de levage disponibles et de ceux qui sont créés pour les circonstances. Une part importante de notre activité est hors standard et hors conventionnelle. L'association d'éléments de levage, de dispositifs de préhension, de transport, d'élévation conçus et fabriqués spécialement pour les besoins de nos clients, constitue l'une des spécificités de l'entreprise. Pour qualifier la compétition, c'est la solution de technique de levage proposée qui détermine la faisabilité du projet.* » ▷



8



9



10



« Nous faisons des opérations classiques avec des moyens existants disponibles sur le marché, fabriqués par des constructeurs pour la plupart allemands, américains et asiatiques, précise Patrick John Negre. Nous exploitons ces machines de façon classique, en location, mais nous pouvons également être amenés à les utiliser dans le cadre de projets élaborés en interne où nous combinons plusieurs équipements différents - grues, portiques, remorques - et où nous mettons en œuvre des solutions sur mesure développées par notre bureau d'études ».

11- À Cepoy, en France, un exemple de la capacité de l'entreprise de s'adapter à tous les projets, grands ou petits.

12- Mise en place de la nacelle de 450 t d'une éolienne de 7 MW à Estinnes, en Belgique à l'aide d'une CC9800.



11



12

© SARRENS



13

© SARENS

SARENS EN FRANCE

Sarens dispose d'une filiale en France, Sarens France, dirigée par Patrick John Negre, dont le siège est basé à Dunkerque, avec une agence à Orléans. Elle est également implantée en Normandie - Sarens Normandie - avec trois agences à Rouen, Le Havre et Notre-Dame de Gravenchon ainsi que dans le sud de la France - Sarens Sud - à Fos-sur-Mer. En France, l'entreprise emploie 200 personnes et réalise un chiffre d'affaires de l'ordre de 40 millions d'euros.

SARENS : CHIFFRES-CLÉS

CHIFFRE D'AFFAIRES TOTAL : 510 millions d'euros

CHIFFRE D'AFFAIRES EUROPE : 150 millions d'euros

ENGINS DE LEVAGE : 1 500 unités de 30 t à 3 500 t (automotrices sur pneus et sur chenilles à flèche treillis)

SPMT (SELF-PROPELLED MODULAR TRAILERS) : 1 000 lignes d'essieux motorisés

EFFECTIF TOTAL : 3 200 personnes

EFFECTIFS BELGIQUE : 600 personnes

OUVERTURE ACCRUE VERS L'EXPORT

Aujourd'hui, près de 60 ans après sa création, Sarens est actif dans 52 pays et dispose d'implantations dans 29 pays et sur 6 continents.

La troisième génération de Sarens était aux commandes en 1988 sous la houlette de Ludo Sarens.

En 2012, c'est la quatrième, pilotée par Wim Sarens. La tradition familiale est poursuivie sans que cela ne nuise en rien au développement de l'entreprise. Les domaines d'activité et donc le chiffre d'affaires sont en train d'évoluer.

13- Transport des éléments de tablier du pont de Bacalan-Bastide à Bordeaux.

14 & 15- À Bourgas, en Bulgarie, nouveau record du monde avec le transport et le levage d'un réacteur de 1 500 tonnes.

Si ce dernier a diminué sensiblement en Europe, il s'accroît de façon régulière dans des pays où la croissance est forte, aussi bien sur le continent sud-américain que sur le continent africain mais aussi en Australie, en Asie et au Moyen-Orient.

La croissance est très marquée en Australie et en Amérique du Sud.

Le potentiel est important en Afrique mais le démarrage est plus lent.

Le rebond est également très fort au Moyen Orient (Arabie Saoudite, Bahrein, Koweït, Qatar, Oman).

L'entreprise est basée à Worweltem, à

quelques kilomètres du village d'origine de sa création - Steenhuffel -, au cœur des Flandres belges.

Mais, si elle affirme avec fierté son identité belge et flamande, elle s'appuie avant tout sur une vision panoptique de son activité.

C'est de plus en plus vers des horizons très lointains, vers les pays où le développement économique et, notamment industriel, est encore loin d'être achevé qu'elle a les yeux tournés en permanence, pour y proposer son savoir-faire et ses compétences, en s'appuyant sur les piliers de son riche passé. □



© SARENS

14



15

UBIFRANCE



UBIFRANCE, L'AGENCE FRANÇAISE POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL DES ENTREPRISES, REGROUPE AUJOURD'HUI PRÈS DE 1400 COLLABORATEURS AU SERVICE DES EXPORTATEURS FRANÇAIS ET S'APPUIE SUR 80 BUREAUX, RÉPARTIS DANS 70 PAYS À TRAVERS LE MONDE. CE RÉSEAU DE TERRAIN A PERMIS DE RÉALISER PRÈS DE 60 000 ACCOMPAGNEMENTS D'ENTREPRISES SUR LES 3 DERNIÈRES ANNÉES.



Avec une organisation en 4 grandes filières sectorielles⁽¹⁾, UBIFRANCE offre aux PME des interlocuteurs spécialistes de leur secteur d'activité, capables de comprendre leurs besoins et leurs contraintes et de les suivre durablement dans leurs projets.

Elle permet de déployer non pas une stratégie généraliste de soutien à l'export, mais des stratégies sectorielles adaptées aux spécificités et au potentiel international de chaque secteur.

Cette organisation est mise en place en France et dans les bureaux à l'étranger, afin de constituer de véritables communautés sectorielles capables d'analyser les opportunités d'affaires propres à chaque secteur sur une zone ciblée.

LES MISSIONS D'UBIFRANCE

→ Informer les entreprises sur l'environnement économique, juridique, réglementaire, fiscal et concurrentiel des pays étrangers ;

→ Conseiller les entreprises dans leur approche des marchés et soutenir



LE VOLONTARIAT INTERNATIONAL EN ENTREPRISE

Le Volontariat International en Entreprises (V.I.E), permet aux entreprises françaises de confier à un jeune, homme ou femme, jusqu'à 28 ans, une mission professionnelle à l'étranger durant une période modulable de 6 à 2 ans, renouvelable une fois dans cette limite.

UBIFRANCE met à la disposition des entreprises un vivier riche de plusieurs milliers de jeunes diplômés aux profils et formations très variés, ayant souvent une première expérience de l'international. Candidats motivés et formés au plan professionnel, ils sont ingénieurs, informaticiens, commerciaux, techniciens, contrôleurs de gestion...

UBIFRANCE a développé ces dernières années, une chaîne de savoir-faire permettant d'assurer autour des missions V.I.E un accompagnement sur-mesure des PME, ou des grands groupes, depuis le sourcing de jeunes talents jusqu'à leur encadrement à l'étranger.

Le contrat V.I.E bénéficie d'aides nationales et régionales : crédit import-export et contrat d'assurance-prospection COFACE, prise en charge subventionnelle d'une part importante du coût du V.I.E. dans de nombreuses régions françaises. Les dépenses liées aux VIE sont également éligibles au PPE (Prêt pour l'Export) d'Oséo.

Pour que l'accès à la formule V.I.E soit le plus simple possible, UBIFRANCE met en place des solutions d'accompagnement adaptées aux problématiques des PME.

Contact Entreprises V.I.E : 0 810 659 659 (prix d'un appel local).

leurs efforts commerciaux grâce à une gamme de services variée et adaptée à chaque étape de la démarche export : missions de prospection, salons à l'étranger, rencontres de partenaires ou d'acheteurs, communication dans la presse internationale, Volontariat International en Entreprise (V.I.E) ;

→ Organiser des actions collectives d'envergure et porteuses d'une image forte et du savoir-faire français destinées à accroître la visibilité et la notoriété des entreprises françaises à l'étranger : salons, rencontres, séminaires... ;

→ Accompagner les entreprises françaises de façon personnalisée dans leur développement international, depuis la définition de plans d'action export fait avec chaque entreprise à l'échelon régional, jusqu'à la mise en œuvre de ses projets sur les marchés étrangers.

Pour toute information sur les services et les programmes d'UBIFRANCE, www.ubifrance.fr

UBIFRANCE ET SES PARTENAIRES : UNE ACTION COORDONNÉE POUR OFFRIR DES SOLUTIONS INTÉGRÉES AUX PME

UBIFRANCE, OSEO et COFACE ont réuni leur expertise pour proposer aux PME et ETI les « clés de l'export » : prospection, financement, assurance...

OSEO :

→ Des prêts sans garantie pour financer des projets : le Prêt Pour l'Export

2012-2014 : UN ENGAGEMENT DE RÉSULTATS POUR UBIFRANCE

Dans le cadre de son Contrat d'Objectifs et de Performance signé avec l'État pour la période 2012-2014, UBIFRANCE s'est engagé sur cette période à :

- Placer 15 000 jeunes V.I.E. auprès des entreprises françaises dans le monde ;
- Maintenir un haut niveau d'accompagnements de terrain (plus de 60 000 missions d'entreprises) ;
- Générer 10 000 nouveaux courants d'affaires à l'export pour les entreprises.

Aucune agence publique de soutien à l'export au monde ne s'est engagée dans une telle démarche. Afin de mesurer l'impact réel de son action durant cette période, UBIFRANCE a fait appel à l'institut IPSOS.

Les premiers enseignements de cette étude sont très positifs puisqu'ils montrent que, sur une période de 6 mois, près d'un tiers des entreprises clientes au premier semestre 2011 ont d'ores et déjà conclu au moins un courant d'affaires. Il faut y ajouter 28% d'entreprises clientes qui prévoient d'en conclure au moins un à court terme.



- Mise en contact : 4 entreprises sur 5 déclarent avoir identifié de nouveaux contacts à potentiel grâce à l'action d'UBIFRANCE.



- Perspectives commerciales : 3 entreprises sur 5 ont développé ou prévoient de développer au moins un courant d'affaires.

(PPE) et les Contrats de Développement pour financer les investissements immatériels.

Avec le Duo Export +, les PME disposent de services autour du conseil, de l'aide au montage de projets, de l'accompagnement personnalisé jusqu'au financement.

COFACE :

→ L'assurance prospection : garantir les entreprises contre le risque d'échec

commercial lors de leurs démarches de prospection et leur apporter un soutien en trésorerie.

INPI :

→ Le Pré-diagnostic : protéger les produits des PME, leur savoir-faire et optimiser leur potentiel d'innovation.

Des partenaires privés :

→ Via UBIFRANCE, les PME accèdent à des offres exclusives proposées par

INTERVIEW DE JÉRÉMIE VANDORME, PRÉSIDENT DE EMULBITUME

Quelle est l'activité d'Emulbitume ?

Emulbitume est spécialisée dans la conception (au travers de notre Bureau d'étude), la fabrication, la commercialisation et la mise en service de laboratoires, d'unités de production d'émulsions bitumineuses, de cut-back et de pompes dilacératrices. Nous nous positionnons sur le marché mondial pour la construction et la rénovation des routes basé sur les techniques dites « à froid » c'est-à-dire à l'émulsion de bitume (enduits superficiels, enrobés à froid, grave d'émulsion...). Nous sommes également présents dans le marché du bâtiment à travers nos émulsions de bitume pour l'étanchéité (waterproofing). Emulbitume est impliquée dans tout le processus de fabrication : Le design, la fabrication jusqu'à la mise en service des unités de production – sous forme de solutions clefs en main.

Avec 8 salariés, Emulbitume est présent sur 68 pays. Comment avez-vous réussi une telle implantation depuis votre création en 1976 ?

À travers le monde, la France est reconnue comme un pays leader des techniques routières. Notre savoir-faire basé sur notre bureau d'études, des ateliers de fabrication ainsi que notre système breveté « moulin colloïdal ATOMIX® » qui permet de produire une émulsion de qualité et stable sont des arguments commerciaux forts et rassurants pour nos clients. Nous avons également réussi cette implantation par la mise en place d'un réseau de relations avec des agents à travers le monde - une vingtaine en date d'aujourd'hui facilitant la communication au sein de chaque pays.

Y a-t-il des pays sur lesquels votre technologie perce particulièrement ?

Oui, tous les pays ayant mis en place une politique de gestion de sauvegarde des ressources fossiles, d'amélioration au point de vue écologique par l'utilisation de cette technologie à froid et tous les pays souhaitant se positionner sur la même ligne de conduite.

Quelle est votre approche commerciale à l'international ?

Nous avons la chance de pouvoir nous appuyer sur notre réseau d'agents qui nous permet de faire de la veille commerciale et d'être réactif partout dans le monde. En complément, nous faisons connaître nos produits lors de salons ciblés BTP ainsi qu'en approche directe par un marketing B to B. Étant donnée notre petite structure, nous nous déplaçons surtout dans le cadre de finalisation de contrat avec le client.

Allez-vous à l'export au travers de grands groupes très bien implantés à l'export ?

Nous fournissons des équipements à de grands groupes Français qui les expédient à l'étranger mais plus généralement nos clients sont des sociétés privées étrangères avec lesquelles nous travaillons directement.

Comment voyez-vous la conjoncture et les contraintes de votre activité export dans les mois et les années à venir ?

Tout reste à se développer dans certaines régions du monde et notre activité liée à l'enrobé à froid est en plein développement. C'est un secteur d'activité en pleine rénovation avec des remises en question permanentes nous permettant de penser à un futur prospère.

Retrouvez nos partenaires sur www.ubifrance.fr

1- **Agrotech** pour les produits et équipements agroalimentaires, **ITI** pour l'industrie, les transports et les infrastructures, **MHS**, pour les secteurs orientés vers la personne (mode, habitat, santé, tourisme, etc.) et **NTIS** qui rassemble les nouvelles technologies, l'innovation, les services et la distribution.

INTERVIEW DE **BÉNÉDICTE JORROT**, CHEF DE PROJET TP, ROUTE - UBIFRANCE

Quelle zone géographique et quels sous-secteurs ciblent le plus les entreprises que vous accompagnez à l'export ?

Au cours des derniers mois, les pays qui ont attiré le plus l'attention des entreprises que nous accompagnons sont les pays comme le Maghreb, l'Afrique francophone, certains pays du Moyen Orient (Oman, Qatar) ainsi que le Brésil.

Quelles sont les tendances dans la démarche des entreprises que vous accompagnez ?

Les secteurs prédominants varient selon la zone couverte. Ainsi nous avons pu relever que, sur les pays du Maghreb par exemple, nous accompagnons des entreprises plutôt spécialisées dans la construction d'engins et matériels de travaux publics et mines (mini-pelles, chargeuses, bras brise roche pour le déblocage de concasseurs, matériels de forage) ou encore de matériel de topographie, de géotechnique.

Tandis que sur d'autres zones comme le Brésil, il s'agit, outre les équipements de construction et de démolition, de PME et grands groupes dans les domaines de l'ingénierie, la construction et la maîtrise d'ouvrage ou encore la formation technique.

INTERVIEW DE **YANNICK DOLOU**, INGÉNIEUR ÉTUDE DE PRIX CHEZ SOGEA SATOM

Qu'est-ce qui vous poussé à tenter l'aventure du Volontariat International en Entreprise (V.I.E) ?

J'ai dans un premier temps effectué mon stage de fin d'études au Niger durant 6 mois au sein de la société SOGEA SATOM.

En 2008, c'est dans cette même entreprise que j'ai ensuite réalisé mon Volontariat International en Entreprise.

Cela a représenté une véritable opportunité, car je me suis vu confier des responsabilités professionnelles qui n'auraient pas été les mêmes si j'étais rentré travailler en France.

Votre expérience en tant que V.I.E a-t-elle joué un rôle dans le poste que vous occupez aujourd'hui ?

En effet, le V.I.E a joué un rôle moteur : l'expérience acquise durant cette période m'a permis d'être embauché en tant que conducteur de travaux sur un chantier important de Génie Civil au Burkina-Faso.

Après 4 ans passés en Afrique, je suis aujourd'hui en poste chez SOGEA SATOM, mais au siège, en France, en tant qu'ingénieur études de prix.

www.rincentbtp.fr



Essai de chargement statique
> FRANCE



Essais de chargements dynamiques
> BRÉSIL



Travaux de sondages
> MALL, TCHAD



Dynaplaque portable
> RINCENT ND TECHNOLOGIES



Essais non destructifs sur fondations
> BRÉSIL

> Suivi de chantiers

- > Laboratoires d'essais (béton, matériaux, route)
- > Essais sur chaussées aéroportuaires et routières
- > Essais non destructifs sur fondations
- > Essais statiques et dynamiques, Instrumentations
- > Environnement Expertise de sites et de sols pollués
- > Localisation de cibles et de réseaux enterrés
- > Perfectionnement technique et formation



20 agences en France
8 agences à l'international

Parc Elysée - 39, rue Michel-Ange - 91026 Evry cedex
Tél. +33 (1) 60 87 21 25

LES « ENTRETIENS DU RGC&U 2012 » : DEUX PRIX RÉCOMPENSENT LA RECHERCHE PROFESSIONNELLE ET UNIVERSITAIRE

CHAQUE ANNÉE, LA FÉDÉRATION NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS (FNTP) ET L'ASSOCIATION UNIVERSITAIRE DE GÉNIE CIVIL (AUGC) S'ASSOCIENT AU RÉSEAU DE GÉNIE CIVIL ET URBAIN (RGC&U) POUR TENIR LES DÉSORMAIS BIEN CONNUS « ENTRETIENS DU RGC&U ». CETTE MANIFESTATION RÉCURRENTÉ A POUR OBJET DE METTRE EN CONTACT LA RECHERCHE ET L'ENTREPRISE. ELLE COMPORTE UNE « EXPOSITION POSTERS » METTANT EN VALEUR AUX YEUX DU PUBLIC LES SUJETS DE RECHERCHE DES DOCTORANTS EXPOSANTS. UN PRIX DU JURY ET UN PRIX DU PUBLIC SONT DÉCERNÉS.

« PRIX DU JURY » DÉCERNÉ À NGOC TAN NGUYEN VERS UNE FIABILISATION DE L'ÉVALUATION DESTRUCTIVE DES OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ

AUTEURS : NGOC TAN NGUYEN, DOCTORANT, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX 1 - ZOUBIR-MEHDI SBARTAI, MAÎTRE DE CONFÉRENCES, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX 1 - JEAN-FRANÇOIS LATASTE, MAÎTRE DE CONFÉRENCES, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX 1 - DENYS BREYSSE, PROFESSEUR, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX 1 - FRÉDÉRIC BOS, PROFESSEUR, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX 1

CONTEXTE ET ENJEUX – VERROUS SCIENTIFIQUES

La France, comme l'ensemble des pays occidentaux, est dotée d'infrastructures vieillissantes. La maîtrise des risques dus au vieillissement et l'optimisation des budgets d'entretien est un enjeu essentiel pour les gestionnaires. Ils doivent donc disposer d'une image précise et fidèle de l'état des ouvrages, afin de programmer leurs actions (travaux de sécurisation, de jouvence ou de remise à niveau, restrictions éventuelles d'utilisation).

Les méthodes de contrôle non destructif (CND) constituent l'une des voies adaptées pour établir et actualiser cette connaissance au fil du temps. Ces techniques reposent sur des principes physiques bien connus (propagation d'ondes mécaniques ou électromagnétiques, mesures de champs électriques...) et les sociétés de service

en proposent aujourd'hui un emploi courant, mais de nombreux verrous subsistent.

Les deux besoins majeurs sont celui de l'optimisation de la stratégie de reconnaissance (où mesurer ? en combien de points ? avec quelle(s) technique(s) et quelle précision ?), et celui de la quantification des propriétés mécaniques, telles que le module élastique ou la résistance en compression (comment déduire ces propriétés des mesures faites ? quelle est la précision ?). Fiabiliser les techniques, définir des stratégies efficaces d'investigation (avec la possibilité de combiner plusieurs techniques) et des procédures de recalage sont donc des enjeux essentiels.

Les experts français du domaine se sont mobilisés depuis une dizaine d'années sur ces questions. Après avoir rédigé un état de l'art collectif sur

les possibilités des techniques, ils se sont engagés dans des projets collaboratifs de recherche. Ils coordonnent aussi une réflexion internationale très active sur les mêmes thèmes, au sein de la RILEM.

Cela fait maintenant une quinzaine d'années que le développement des techniques (résistivité électrique, thermographie, radar) et de leur emploi est une des priorités de recherche de l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) de l'Université Bordeaux 1, au sein du Département de Génie Civil et Environnemental (GCE).

Les travaux proposés dans cette thèse, cofinancée par le projet C2D2-ACDC portent sur l'évaluation des différents niveaux de variabilités afin de maîtriser la représentativité des mesures et, à terme, de les intégrer dans les modèles probabilistes pour une réévaluation plus juste des ouvrages.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

La variabilité spatiale du béton est une caractéristique importante qui représente l'hétérogénéité du béton des ouvrages.

La connaissance de la variabilité des propriétés d'un béton sur ouvrage représente un intérêt pour l'évaluation de l'endommagement des différentes parties d'ouvrage, ainsi que pour l'évaluation de la pertinence et de la représentativité d'essais plus locaux.

Le travail repose sur des séries de mesures réalisées sur corps d'épreuve en site-test, et sur ouvrage (figure 1). Le site-test est constitué de cinq dalles (2*2.45*0.2m³), de différents BPE¹ (25 à 45 MPa). Les techniques de CND considérées sont choisies parmi les plus usuelles en bureau d'étude : vitesse ultrasonore (US), radar, résistivité électrique et rebond. ▷



1- (a) Fer-
rillage,
(b) Bétonnage,
(c) Mesure
par ultrason,
(d) Mesure de
résistivité sur
le site-test ;
(e) Pont de
Marly à Valen-
ciennes, France.

© BORDEAUX1

Les données sont ensuite étudiées avec les outils de la statistique et de la géostatistique pour quantifier la variabilité spatiale du béton.

ÉCHELLE DE LA VARIABILITÉ DES BÉTONS

La variabilité des bétons est étudiée à différentes échelles :

1- La variabilité V_R provient de la réperabilité imparfaite des mesures sur le même point. Elle correspond à l'erreur de mesure due à l'équipement.

2- La variabilité locale V_L provient de la variabilité intrinsèque du matériau à une petite échelle. Elle représente l'hétérogénéité du matériau (ex. distribution spatiale des granulats, surface rugueuse) liée, par exemple, à la mise en œuvre.

3- La variabilité globale V_G provient de la variabilité du matériau à plus grande échelle dans une gâchée. Cette variabilité est étudiée sur chaque dalle du site-test et sur différentes zones de la pile du pont.

ÉVALUATION DES VARIABILITÉS (LOCALE ET SPATIALE)

Une des questions essentielles abordée est celle de la variabilité spatiale des mesures : en quoi est-elle représentative d'un réel contraste (entre zones saines et zones altérées par exemple), ou due à d'autres facteurs (imprécision des mesures, effets de facteurs influents mal contrôlés) ? Sur le site-test, les différentes échelles de variabilités sont donc estimées pour plusieurs techniques (Ultrason, radar, résistivité,

et rebond - Table 1). Par exemple, la figure 2 présente les différents niveaux de variabilité pour la vitesse ultrasonore. La connaissance de ces variabilités permet d'optimiser le nombre de mesures en fonction d'un niveau de confiance visé et pour une technique donnée (figure 3).

Une fois le nombre nécessaire de mesures de CND choisi en fonction de la précision souhaitée, il est important d'évaluer l'ampleur et l'étendue de la variabilité spatiale à l'échelle de l'élé-

2- Distributions cumulatives des incertitudes de la vitesse ultrasonore à différentes échelles.

3- Variation du niveau de confiance sur l'évaluation de la moyenne en fonction du nombre de mesures.

4- Variogramme (relation entre la variance et la distance entre mesures ultrasonores).

5- Carte d'interpolation spatiale réalisée par la méthode géostatistique du Krigeage.

TABLEAU 1 : COEFFICIENTS DE VARIATION DES TECHNIQUES DE CND À DIFFÉRENTES ÉCHELLES

Technique	Coefficient de variation (%)		
	V _R	V _L	V _G
US	0.3	2.8	4.2
Radar	0.5	4.2	5.6
Résistivité électrique	0.6	4.8	8.4
Rebond	-	7.1	7.2

ment de structure. Cette variabilité a été évaluée par technique géostatistique. Le principe est basé sur l'évaluation de la corrélation spatiale entre mesures par une courbe de variance qui montre une longueur de corrélation de 40 cm (figure 4).

La modélisation statistique de cette corrélation couplée à un processus d'interpolation par minimisation de l'erreur fournira au gestionnaire d'ouvrage une image de la variabilité spatiale de l'élément ausculté. La figure 5 présente une image d'interpolation spatiale des

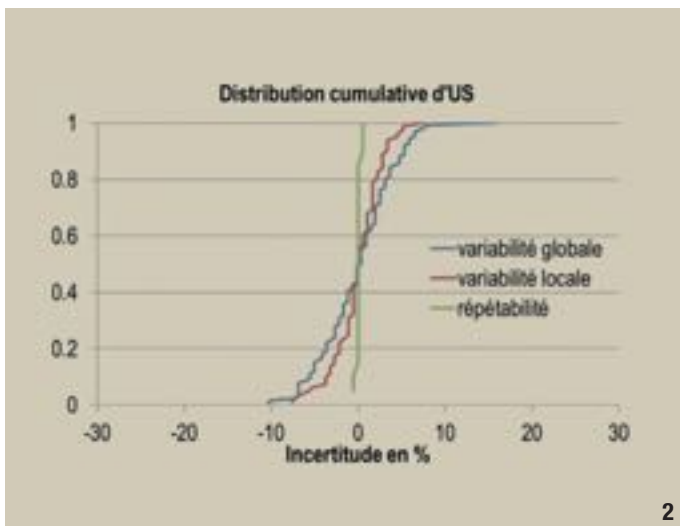
mesures ultrasonores effectuées sur la pile d'un pont. Dans le cas de cet ouvrage, le pas d'échantillonnage optimal entre qualité de l'interpolation et le nombre de mesures est de 70 cm, ce qui correspond à 3 mesures par m² ausculté pour garantir 2% d'erreur. Cette méthodologie a l'avantage de visualiser et de localiser les zones de faiblesse, afin d'optimiser le coût d'auscultation par des techniques non destructives complémentaires ou de prélèvement d'échantillons pour des analyses destructives.

CONCLUSIONS

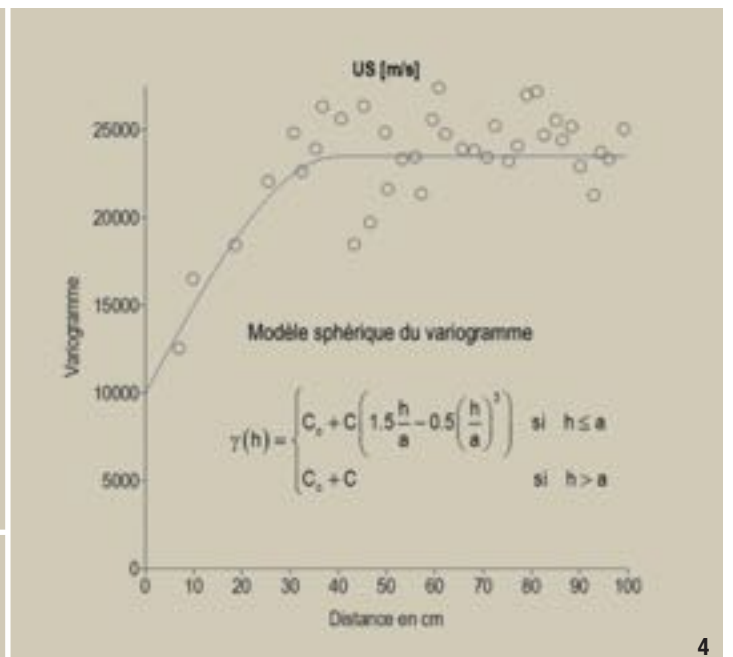
L'évaluation de la variabilité des mesures à différentes échelles montre que les techniques de CND sont des outils adaptés pour estimer la variabilité spatiale du béton des ouvrages en béton armé. Le nombre des mesures est optimisé pour les différentes échelles de variabilité. Par exemple, pour quantifier la variabilité locale du béton avec une précision de 5%, le nombre minimal de mesures est de 3 pour l'ultrason, 4 pour le radar, 5 pour la résistivité électrique et 10 pour le rebond. Cette méthodologie est validée pour les mesures (ultrason et rebond) sur un ouvrage réel.

La mise en œuvre des techniques géostatistiques permet de représenter (par des cartographiques) la variabilité spatiale des bétons. Il est ainsi possible de déterminer les limites des zones homogènes et de positionner de manière pertinente les mesures destructives, en nombre limité.

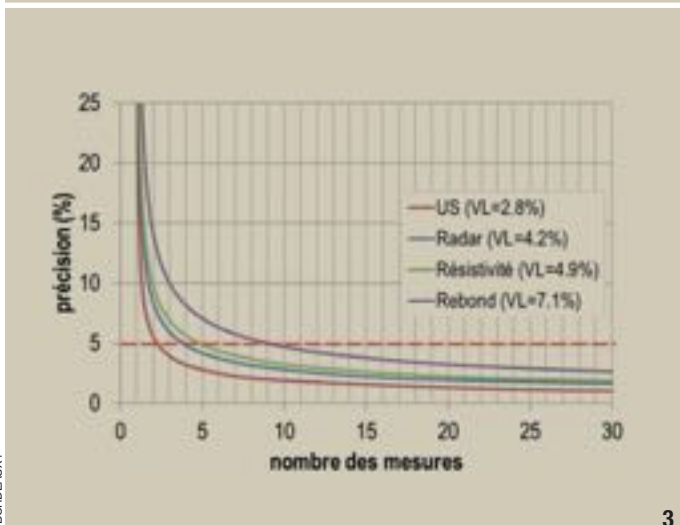
(1) BPE : Béton Prêt à l'Emploi.



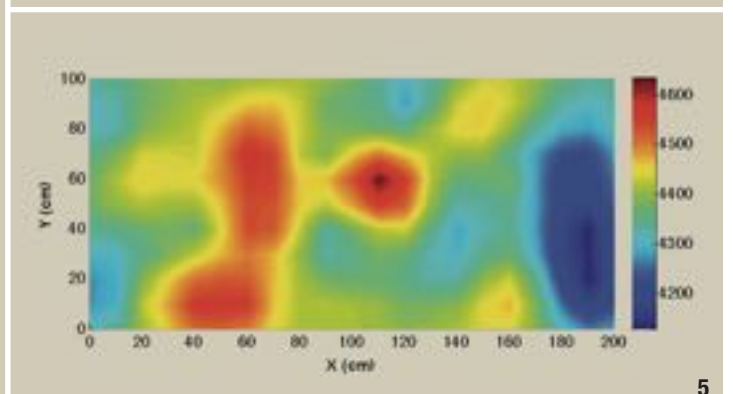
2



4



3



5

« PRIX DU PUBLIC » DÉCERNÉ À GUILLAUME GRAMPEIX

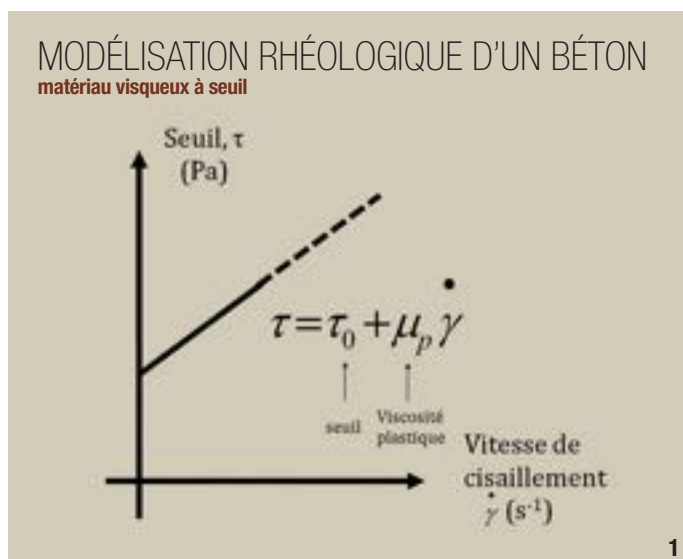
LA PERVIBRATION DES BÉTONS MODERNES

AUTEURS : GUILLAUME GRAMPEIX, ÉTUDIANT EN THÈSE, ENTREPRISE EIFFAGE CONSTRUCTION ET IFSTTAR, NICOLAS ROUSSEL, DIRECTEUR DE THÈSE, IFSTTAR, JÉRÔME DUPOIRIER, RESPONSABLE SCIENTIFIQUE INDUSTRIEL, ENTREPRISE EIFFAGE CONSTRUCTION

CONTEXTE

La vibration appliquée au béton frais a été développée dans les années 1920. Elle avait pour objectif de faciliter la mise en œuvre des premiers éléments en béton armé. Jusqu'alors, les bétons étaient damés manuellement, à l'aide d'une barre métallique, pendant plusieurs dizaines de secondes jusqu'à obtention d'un léger ressuage de surface. La vibration a permis une liquéfaction suffisante de ces matériaux fermes pour assurer le remplissage des coffrages et de réduire la pénibilité du travail des ouvriers. Avec le temps, la fonction de la vibration a évolué. Elle vise désormais à améliorer l'enrobage des armatures, augmenter la compacité et diminuer la quantité de bulles d'air du matériau en place. La pervibration ou vibration interne par aiguille vibrante est devenue la méthode de vibration la plus courante sur chantier.

Au cours des dernières décennies, de façon à améliorer la fluidité et les performances mécaniques, la formulation des bétons a évolué significativement avec une utilisation croissante des agents réducteur d'eau, des retardateurs de prise, des ciments avec addition,... Les recommandations tra-



ditionnelles de mise en œuvre semblent peu adaptées à ces bétons modernes car de plus en plus de cas d'incompatibilité entre ces nouveaux matériaux et ses pratiques habituelles (fréquences et amplitudes des aiguilles, temps de vibration...) sont recensés ces dernières années. Notre étude se focalise sur la prédiction du rayon d'action d'une aiguille vibrante plongée dans un maté-

- 1- Modélisation rhéologique d'un béton : matériau visqueux à seuil.
- 2- Modélisation du rayon d'action d'une aiguille vibrante.
- 3- Pâte de ciment en cours de vibration.

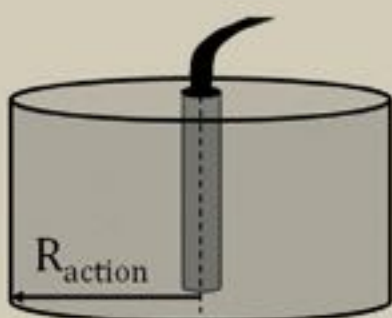
riau cimentaire. Un modèle analytique simple est développé puis validé par une approche expérimentale.

Ces travaux ont été menés au sein de l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) dans l'équipe formulation et mise en œuvre des matériaux de construction.

MÉTHODOLOGIE

Les bétons sont des fluides visqueux à seuil, *i.e.* ils s'écoulent sous l'action d'une contrainte minimale. La pervibration fait disparaître ce seuil en liquéfiant le matériau dans une zone dont la taille dépend du matériau vibré et du matériel utilisé. Dans le cas des bétons ordinaires, le seuil est de l'ordre de quelques milliers de Pascals (Pa) et la viscosité est de l'ordre de plusieurs dizaines de Pascals Seconde (Pa.s). Les bétons modernes à l'origine des difficultés évoquées plus haut sont, en général, formulés avec un faible rapport massique Eau/Ciment et sont fortement adjuvants. Ils présentent un seuil de l'ordre de quelques centaines de Pascals (Pa) et une viscosité de l'ordre de quelques centaines de Pascals Seconde (Pa.s).

MODÉLISATION DU RAYON D'ACTION D'UNE AIGUILLE VIBRANTE



MODÈLE MATHÉMATIQUE

de prédiction du rayon d'action d'une aiguille vibrante

$$R_{action} \propto \sqrt{\frac{\mu_p}{\tau_0} f a R_0}$$

R_{action} : le rayon d'action maximal de l'aiguille vibrante (m)

R_0 : le rayon extérieur de l'aiguille vibrante (m)

μ_p : la viscosité apparente du matériau (Pa.s)

τ_0 : le seuil du matériau (Pa)

f : la fréquence de l'aiguille (Hz)

a : l'amplitude de l'aiguille (m)

4

Pour mesurer le rayon d'action d'un pervibrateur plongé dans des matériaux cimentaires, nous avons disposé des marqueurs à la surface du béton frais. Soumis à une vibration interne, les marqueurs s'enfoncent dans la zone liquéfiée à proximité du vibreur indiquant ainsi le diamètre d'action de l'aiguille vibrante. L'utilisation d'une aiguille à fréquence variable et l'étude de matériaux cimentaires de consistances variées ont permis d'explorer une large palette de configurations de vibration/fluidité.

Un modèle simple d'équilibre des forces entre la surface de l'aiguille et la zone non vibrée permet d'identifier le rayon d'action d'une aiguille en fonction des propriétés rhéologiques du matériau testé et des caractéristiques mécaniques du vibreur.

Ce modèle prédit que le rayon d'action d'un pervibrateur augmente tant que la viscosité croît plus vite que le seuil du matériau et tant que le rayon du vibreur augmente.

4- Modèle mathématique de prédiction du rayon d'action d'une aiguille vibrante.

5- Rayon d'action théorique en fonction du rayon d'action expérimental dans le cas des bétons modernes.

6- Trou laissé par une aiguille vibrante dans un béton moderne après vibration.

RÉSULTATS

Dans un premier temps, pour des bétons ordinaires, nous retrouvons analytiquement et expérimentalement les recommandations actuelles stipulant que le rayon d'action d'une aiguille vibrante est égal à dix fois le rayon du vibreur. De plus, les essais sur pâtes de ciment indiquent une bonne corrélation entre le modèle mathématique et les expériences. Ce constat est aussi valable dans le cas des bétons ordinaires ayant un seuil et une viscosité standards.

Cependant, les essais montrent aussi que les bétons modernes présentent des singularités. Avec ces matériaux, le diamètre d'action des pervibrateurs mesuré est systématiquement inférieur au diamètre prédit. La vibration ne semble pas se transmettre au matériau et se localise à proximité de l'aiguille. Nos premiers résultats suggèrent qu'une migration des particules de ciment a lieu au sein de ces nouveaux matériaux à très forte viscosité.

Une couche d'eau se forme alors à la surface de l'aiguille limitant la zone où se manifestent les effets bénéfiques de la vibration. Un rhéo-épaississement local semble être à l'origine de cet effet.

CONCLUSIONS

Ces résultats valident les règles de bonnes pratiques des ingénieurs pour des bétons courants et montrent une limite d'application de la vibration actuelle avec le matériel utilisé dans la pratique dans le cas de bétons à faible rapport Eau/Ciment. Une évolution technologique semble nécessaire pour espérer conserver le même rendement sur ces bétons modernes.

PERSPECTIVES

Cette étude sera complétée par des coulages d'éléments en béton armé de dimensions représentatives des éléments de structures habituels. Des essais en laboratoire et *in situ* sont en cours d'élaboration.

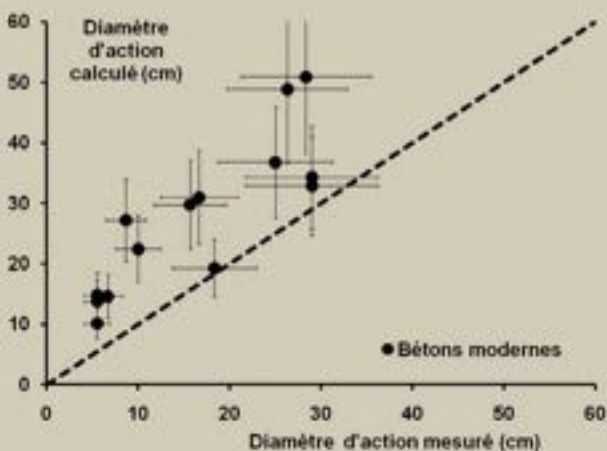
REMERCIEMENTS

Ces travaux sont financés dans le cadre d'une thèse Cifre encadrée par l'entreprise EIFFAGE Construction.

Les auteurs remercient la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) et la Fédération Française du Bâtiment (FFB) pour leur participation financière. Les auteurs remercient les comités de suivi de la FNTP et de la FFB pour les commentaires constructifs. Enfin, les auteurs remercient la société Atlas Copco pour la mise à disposition d'une aiguille vibrante à variateur de fréquence. □

RAYON D'ACTION THÉORIQUE

en fonction du rayon d'action expérimental dans le cas des bétons modernes



5



6



BÉTON COMPACTÉ AU ROULEAU : L'EXPERTISE DE RAZEL-BEC

AUTEUR : JEAN-PHILIPPE CATTIN, DIRECTEUR PROJETS INTERNATIONAUX DE RAZEL-BEC

DEPUIS LA RÉALISATION DES PREMIERS PETITS OUVRAGES EN BCR, AU DÉBUT DES ANNÉES 1980, CETTE SOLUTION CONSTRUCTIVE N'A CESSÉ DE SE DÉVELOPPER JUSQU'À PERMETTRE, AUJOURD'HUI, D'ÉRIGER DES BARRAGES DE PLUS DE 100 M DE HAUTEUR, À LA GÉOMÉTRIE PARFOIS COMPLEXE. PRÉSENTES SUR CE CRÉNEAU DEPUIS SON APPARITION LES ÉQUIPES DE RAZEL-BEC, QUI ONT SUIVI LES GRANDES ÉVOLUTIONS TECHNIQUES DU MATÉRIAU, DÉTIENNENT DÉSORMAIS UN SAVOIR-FAIRE INDÉNIABLE QUI OFFRE AUJOURD'HUI, À L'ENTREPRISE, L'OPPORTUNITÉ DE S'IMPOSER SUR DES PROJETS INTERNATIONAUX.

La technique du béton compacté au rouleau (BCR) - RCC (Roller Compacted Concrete) pour sa déclinaison anglaise - est une solution constructive relativement récente puisque les premiers barrages en BCR ont été réalisés en 1980, au Japon d'abord, puis aux États-Unis et

en Grande-Bretagne par la suite. Depuis cette époque, plus de 250 ouvrages ont été érigés dans le monde, une trentaine seulement dépassant les 100 m de hauteur, le record actuel étant détenu par le barrage de Longtan (216,50 m de hauteur pour 832 m de long), sur la rivière chinoise Hongshui.

UNE EXPERTISE HISTORIQUE

En France, les premiers barrages en BCR, construits pour le compte d'EDF par BEC Frères (aujourd'hui société RAZEL-BEC), ont vu le jour au début des années 1980, le premier projet d'envergure étant celui des Olivettes, implanté sur la commune de Vailhan (34).

Un ouvrage de 36 m de hauteur maximale, réalisé également par BEC Frères, dont l'objectif était de contrôler les crues du haut bassin de la Peyne, affluent de l'Hérault, tout en offrant une fonction de stockage pour l'irrigation des plaines situées en aval, notamment dans la zone nord de Pézenas.



1
© SÉBASTIEN AUDE

1- Barrage du Rizzanèse, Corse.
2- Barrage de Petit-Saut, Guyane.

1- Rizzanèse Dam, Corsica.
2- Petit-Saut Dam, French Guiana.

Le dernier projet national important - dans lequel figuraient à l'époque BEC Frères et RAZEL - a été celui de Petit-Saut, dans le département de Guyane. Ce barrage de 47 m de hauteur maximale, situé à la confluence du moyen Sinnamary, a été mis en service en 1994 et a nécessité la mise en œuvre de 400 000 m³ de BCR (figure 2). Depuis cette date, le marché hydro-électrique français, arrivé à une quasi maturité, s'est ensuite brutalement tari et c'est à l'étranger, notamment en Afrique, que la technique a continué à s'implanter et se développer. Mais, à l'inverse des références hexagonales, il s'agit le plus souvent de barrages de très grandes dimensions, la solution BCR apparaissant comme une alternative entre les ouvrages poids (qui réclament des volumes de remblais trois à quatre fois plus importants et ne permettent pas d'incorporer des ouvrages de prise et d'évacuation dans le corps) et les structures voûtes, en béton conventionnel, qui nécessitent des méthodologies plus pointues. Cette dernière assertion est d'ailleurs à tempérer assez fortement car la hauteur désormais atteinte par les barrages en BCR, qui dépassent fréquemment les cent mètres, fait qu'aujourd'hui le matériau à produire est de plus en plus élaboré et complexe.

L'EXPÉRIENCE ALGÉRIENNE

Il doit en effet offrir des qualités intrinsèques et des propriétés spécifiques lors de la mise en œuvre (résistance, densité, imperméabilité, durabilité, maniabilité, ségrégation) afin de garantir l'absence de zones de faiblesse dans l'ouvrage, en particulier au niveau de l'étanchéité. Principale contrainte : la maîtrise de la température, celle-ci ne devant pas être supérieure à 25°C tant durant la fabrication que lors du coulage, celui-ci s'effectuant en continu par

plot de longueur donnée. La durée qui sépare la mise en œuvre du BCR de sa sortie de centrale ne doit par ailleurs pas excéder une heure, tandis que les délais de recouvrement entre deux plots consécutifs - le barrage est construit par « tranches » verticales successives afin d'éviter les phénomènes de fissuration résultant du retrait thermique - ne doit pas, quant à lui, dépasser quelques heures en plein été pour garantir le mariage à chaud par simple pression de compactage entre les couches.

Si la possibilité d'employer les granulats locaux constitue, bien entendu, un des avantages économiques inhérent à la technologie du BCR, elle peut néanmoins se solder par de grandes difficultés techniques lorsque la qualité des matériaux se révèle moins performante qu'escomptée. Une situation que nous avons rencontrée sur le chantier du barrage algérien de Koudiat Acerdoune, un ouvrage remporté par RAZEL à la suite d'un appel d'offre international et mis en service en 2008 qui, avec ses 121 m de hauteur et 492 m de longueur en crête (largeur de 134 m à la base), figure aujourd'hui parmi les 20 barrages en BCR les plus importants de la planète (figure 4). Les matériaux issus du lit et des terrasses de l'oued Isser sont en effet très rapidement apparus comme devant nécessiter un traitement lourd pour obtenir des granulats conformes aux spécifications, leur nature réelle s'avérant bien différente des prévisions initiales.

S'ADAPTER AUX CONTRAINTES LOCALES

La composition pétrographique des matériaux alluvionnaires démontra la présence d'une fraction importante de schistes, composante préjudiciable à la qualité des bétons, les granulats produits se révélant par ailleurs très fragiles, avec une forte tendance à se

dégrader dans le temps. Cette fragilité, couplée à l'élimination des fines nocives, se traduisait par une perte en matériaux dans la frange située en-deçà des 80 microns, déficit qu'il était néanmoins théoriquement possible de corriger moyennant l'ajout de cendres volantes ou de pouzzolanes. Des additifs minéraux qui permettent, en outre, de réduire la chaleur d'hydratation durant la prise du béton, autrement dit les risques de fissuration par retrait thermique lors du refroidissement du béton. L'impossibilité de disposer de ces composants au plan local nous a conduit à choisir un filler calcaire qui apportait, par ailleurs, un gain en terme de résistance. Dans la pratique, ce calcaire, livré par camion en granulométrie 20/40 mm, devait donc être réduit sous forme de poudre afin d'obtenir une majorité de fines inférieures à 80 microns, cette contingence conduisant à l'obligation de greffer une unité de production de filler à l'intérieur de la chaîne, déjà complexe, de fabrication du BCR.

Une installation qui consommait, à elle seule, et ce en dépit de sa taille relativement modeste, 20 % des besoins énergétiques du chantier, alors même que, dès le début du projet, nous avions fait le choix de nous organiser afin de dépendre au minimum de l'extérieur eu égard à l'isolement géographique et au contexte politique du pays. Et donc, notamment, d'être entièrement autonome sur le plan énergétique, tous les besoins du chantier étant couverts par huit groupes électrogènes qui représentaient une puissance totale installée de 11 050 kVA. Soit, à titre comparatif, une installation capable de subvenir aux besoins d'une ville de 10 000 habitants, la distribution s'effectuant par le biais d'un réseau local 20 000 V ceinturant le site via une boucle de 10 km de circonférence raccordée à 12 postes de transformation. ▶



2
© PHOTOTHÈQUE RAZEL-BEC/DR



3

© GEIE FAZEL/ONCWA/DR

LUTTER CONTRE LA TEMPÉRATURE

Cette contrainte supplémentaire, au niveau de la chaîne de production, est ainsi venue compliquer une installation déjà passablement complexe, une des clefs de la réussite d'un barrage en BCR résidant dans la capacité d'assurer des cadences industrielles, celles-ci atteignant les 1 000 t/h sur le projet de Koudiat Acerdoune.

Un paramètre qui excluait, bien évidemment, tout risque de panne, l'installation étant en l'occurrence constituée de deux lignes de production indépendantes qui offraient surtout, en plus de la souplesse, la possibilité de continuer à produire en cas de problème rencontré sur l'une d'entre-elles. Même souci de sécurité au niveau de l'alimentation du chantier à proprement parler, les casiers béton ayant été équipés d'un quai de déchargement latéral qui permettait, en cas de panne sur le convoyeur, de les alimenter directement par dumpers, des trémies de réalimentation ayant été également prévues tout le long du circuit.

L'autre grosse difficulté du BCR réside, comme précédemment mentionné, dans la maîtrise de la température

UN GÉANT SUR L'OUED DJEN-DJEN

Limitées, vulnérables et inégalement réparties, les ressources en eau de l'Algérie subissent depuis plus de vingt ans les effets combinés et néfastes de la sécheresse, de la pollution alors que, parallèlement, les besoins du pays ne cessent d'augmenter sous les effets conjugués de la croissance économique et démographique. Pour relever les défis posés par le déficit chronique en eau, le gouvernement algérien, sous l'égide de l'ANBT (Agence Nationale des Barrages et Transferts), a mis en place un ambitieux programme de gestion de l'eau et de valorisation des ressources hydriques, celui-ci intégrant toutes les solutions existantes en la matière : forages avec exploitation de la nappe, dessalement de l'eau de mer, barrages avec transferts d'eau. Le projet de Tabellout, qui s'inscrit dans ce dernier volet, portera à 58 le nombre de barrages en exploitation, l'objectif algérien étant d'atteindre un patrimoine de 70 ouvrages qui permettront de disposer d'une capacité de 8 milliards de mètres cubes. Cet ouvrage hydraulique de 121 m de hauteur, qui comprend la réalisation d'une galerie de transfert de 13 km de longueur exécutée au tunnelier, assurera le transfert des eaux vers les hauts plateaux de la région sétifiennne. Il se situe dans la wilaya de Jijel, le long de la côte est algérienne, à 7,7 km de la ville de Texenna et à un peu plus de 350 km de la capitale. Ce barrage offre la particularité d'être une des rares structures de ce type présentant un profil arqué, cette spécificité résultant de la mise en évidence d'une faille géologique plus ou moins active, à 200 m en amont, qui n'avait pas été prise en compte lors de la mise au point de l'avant projet détaillé (APD), en raison d'une réglementation sismique différente. Il nécessitera, par ailleurs, la réalisation de deux galeries de dérivation provisoires, d'environ 400 m de longueur chacune, sa construction requérant la mise en œuvre de plus d'un million de mètres cubes de béton compacté au rouleau (BCR).

3- Barrage de Tabellout, Algérie.

3- Tabellout Dam, Algeria.

du matériau, le mélange produit puis acheminé jusqu'au barrage par l'intermédiaire d'un convoyeur (465 m de longueur à Koudiat Acerdoune) ne devant pas excéder les 25°C lors de sa mise en œuvre, alors que les 45°C sont fréquemment atteints en plein été sous ces latitudes algériennes !

Pour respecter cette contrainte, l'installation disposait de deux groupes de refroidissement capables de délivrer 15 m³/h d'eau de gâchage à 4°C, les granulats étant, quant à eux, refroidis avant le malaxage par l'intermédiaire d'une centrale de réfrigération abaissant leur température jusqu'à 15°C. Sur le plan organisationnel, sept horaires différents avaient été mis en place sur le chantier pour pouvoir



© NICOLAS VERCELLINO
4

bétonner 24h/24 et 7 jours sur 7. La réussite de ce projet emblématique, dans un environnement géographique (notamment au niveau des amplitudes thermiques, les -5°C étant fréquents en hiver) et un contexte difficile, a démontré le savoir-faire et la maîtrise de RAZEL-BEC dans cette technologie des bétons compactés au rouleau. Une expérience reconnue qui a été,

4- Barrage de Koudiat-Acerdoune, Algérie.

4- Koudiat-Acerdoune Dam, Algeria.

depuis, couronnée par l'attribution et la réalisation de deux autres projets: le barrage corse du Rizzanèse, un ouvrage de 45 m de hauteur, réalisé pour le compte d'EDF et mis en eau le 23 mai 2012 après 43 mois de travaux (figure 1), et celui de Tabellout (figure 3 et encadré « Un géant sur l'oued Djen-Djen »), en Algérie, qui présente la particularité d'offrir un profil en arc.

Fort de cette expertise, RAZEL-BEC a initié une stratégie de partenariats avec un certain nombre d'entreprises étrangères en vue de répondre aux grands projets internationaux en BCR qui émergent actuellement, plus particulièrement, en Malaisie (aménagement hydroélectrique dans la région du Sarawak), mais aussi pour des ouvrages plus modestes au Liban. □

ABSTRACT

ROLLER-COMPACTED CONCRETE: THE EXPERTISE OF RAZEL-BEC

JEAN-PHILIPPE CATTIN, RAZEL-BEC

RAZEL-BEC has been involved with the roller-compacted concrete technology since the execution of the first engineering structures in France employing this construction solution. The company now has undisputed expertise which opens up to it the market for large international dams made of roller-compacted concrete. The Tabellout project, an arch-shaped structure 121 m high - which also involves the drilling of a transfer gallery 13 km long dug by TBM - undergoing construction on Wadi Djendjen about 350 km from Algiers, attests this recognised know-how and expertise. The company's previous experience in Algeria, on Koudiat Acerdoune Dam, enabled it to acquire a mastery of this increasingly sophisticated material, which now requires the development of cutting-edge production methodologies and allowance for difficult processing requirements. □

HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO: LA ESPECIALIZACIÓN DE RAZEL-BEC

JEAN-PHILIPPE CATTIN, RAZEL-BEC

Presente en la tecnología de los Hormigones Compactados con Rodillo (HCR) desde la realización de las primeras estructuras hexagonales que recurrieron a esta solución constructiva, RAZEL-BEC cuenta actualmente con una indudable experiencia que le abre el mercado de las grandes presas internacionales en HCR. El proyecto de Tabellout, una estructura de 121 m de altura en forma de arco que también incluye la perforación de una galería de transferencia de 13 km de longitud perforada con tuneladora que se está construyendo sobre el oued Djen-Djen, a unos 350 km de Argel, demuestra esta pericia y estos conocimientos técnicos y prácticos reconocidos. La anterior experiencia argelina, la presa de Koudiat Acerdoune, ha permitido a la empresa adquirir unos profundos conocimientos de este material cada vez más sofisticado que requiere la puesta a punto de metodologías de producción punteras, así como el cumplimiento de delicados requisitos de aplicación. □



ÉLARGISSEMENT DU PONT KENNEDY À BONN

AUTEURS : MICHAEL ARZ (INGÉNIEUR DIPLÔMÉ), UWE HEILAND (INGÉNIEUR DIPLÔMÉ), BERND THAUERN (INGÉNIEUR DIPLÔMÉ),
EIFFEL DEUTSCHLAND STAHLTECHNOLOGIE GMBH, HANNOVER

CE PONT FRANCHIT LE RHIN AU CENTRE DE BONN, VILLE DE NAISSANCE DE BEETHOVEN, ANCIENNE CAPITALE DE LA RFA DEVENUE AUJOURD'HUI VILLE FÉDÉRALE. C'EST UN ANCIEN PONT RIVETÉ CONSTRUIT EN 1949. C'EST AUSSI LE SEUL PONT DU CENTRE-VILLE. LA CHAUSSÉE A ÉTÉ ÉLARGIE DE 9 m ET LE RESTE DU PONT A ÉTÉ RESTAURÉ DE MANIÈRE À SATISFAIRE AUX NORMES ACTUELLES.

CONSTRUCTION

Jusqu'en 1896, existait une connexion par transbordeur entre les villes de Bonn et Beul. La construction d'un pont en arc à trois travées entre avril et décembre de cette même année, remplaça alors le transbordeur (figure 1). Le pont fut détruit au cours des derniers jours de la Seconde Guerre mondiale par les troupes allemandes en retraite, qui le firent sauter en mars 1945. Peu après, il fut décidé de reconstruire

cette importante connexion de trafic du centre-ville avec une structure en acier. Suite à une procédure d'appel d'offres qui envisageait plusieurs options, le contrat fut attribué pour la construction d'un pont à tablier en arc à âmes pleines (figure 2), tout en conservant les mêmes longueurs de travées que le pont original.

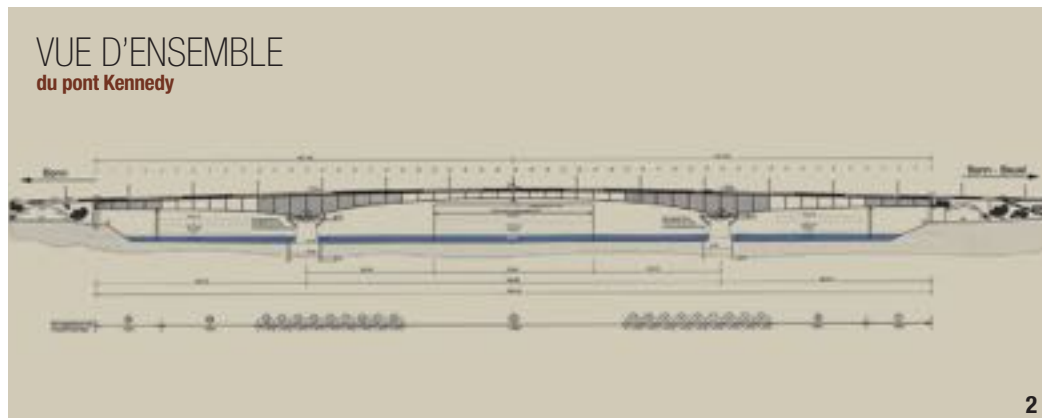
Construit entre mai 1947 et septembre 1949, le pont fut achevé en un temps exceptionnellement court.

Avec un poids total d'environ 4.550 tonnes, il était à l'époque le pont à poutres à âme pleine en acier possédant les plus grandes portées qui enjambait le Rhin.

SYSTÈME ET DIMENSIONS

Le pont Kennedy de Bonn est un pont à tablier en arc à trois travées en acier, avec des travées latérales de 99,216 m et une travée centrale sur le fleuve de 195,858 m. Du fait des arcs, la hau-

teur de la construction en acier varie entre 3 m aux culées et au centre de la travée centrale et 10,5 m aux piles. La construction est basée sur quatre poutres à âme pleine en acier sur toute la longueur, parallèles, espacées de 3,85 m et jointes entre elles par des traverses espacées de 2,5 m. Des tôles formant une catène, appelées ci après plaques en arc, d'épaisseur 10 mm à 14 mm, connectent les semelles supérieures des poutres



à âme pleine et servent de coffrage à une dalle béton pour assurer la répartition des charges. Des voies pour piétons et pour cyclistes sont positionnées en encorbellement de chaque côté du pont sur 3,225 m, donnant au pont une largeur totale de 18 m (figure 4). Des poutres de ponts sont espacées tous les 15 m (7,632 m dans les travées latérales et 7,533 m dans la travée centrale du fleuve). Combinées aux plaques en arc au niveau de la semelle supérieure et au contreventement au niveau de la semelle inférieure, ces diaphragmes sont conçus pour conférer à la superstructure une forte rigidité en torsion et assurer la compatibilité du comportement en torsion des quatre poutres porteuses principales. La chaussée est constituée de béton avec un revêtement asphalté. Deux lignes de tramway traversent le pont parallèlement aux voies de circulation pour véhicules.

RÉNOVATION DE L'OUVRAGE

La rénovation consistait essentiellement à renforcer l'ancien pont pour répondre aux normes techniques ZTV-ING et DIN, et à élargir latéralement de chaque côté le pont jusqu'à obtenir une largeur totale de 26,80 m en ajoutant de nouvelles poutres principales.

1- Ancien pont sur le Rhin vers l'année 1900.

2- Vue d'ensemble du pont Kennedy.

3- Vue générale du pont depuis l'amont.

1- Old bridge over the Rhine around the year 1900.

2- General view of Kennedy Bridge.

3- General view of the bridge from upstream.

STRUCTURE ET CONCEPTION STRUCTURELLE

L'élargissement du pont devait aussi être accompagné d'une rénovation visant à prolonger la durée de vie du pont et d'un renforcement de l'ancienne structure rivetée. Un examen structurel de l'ancienne structure révéla des niveaux d'usure élevés. Des inspections plus poussées de la structure montrèrent que de grandes zones de l'ancien pont étaient affectées par la corrosion. La structure principale n'était

que modérément corrodée, alors que des zones au droit des voies pour piétons et cyclistes étaient sérieusement endommagées. La chaussée du tablier consiste en des plaques en arc de 10 à 14 mm d'épaisseur, recouvertes de béton, rivetées aux semelles supérieures des poutres principales (figure 5). Ces plaques en arc sont placées de telle manière qu'elles travaillent conjointement avec la semelle supérieure de la poutre principale. Le béton sert à la fois à transmettre les charges du tablier et à rigidifier les plaques en arc de 3 m de portée libre. Au début des travaux, la condition structurelle des plaques en arc et du béton de revêtement n'était pas clairement déterminés. L'utilisation intensive de l'ancien pont et le manque d'indications claires sur l'état de la chaussée du tablier ont conduit à adopter l'hypothèse de conception que la charge sur la structure existante devait être réduite de manière à pouvoir rénover l'ancienne structure en toute sécurité. À cette fin, les ingénieurs de structure, les responsables de projet et les clients ont tous convenu de la procédure de construction suivante, basée sur le concept de l'appel d'offres⁽³⁾ :

- Réduction de la charge statique du pont en démolissant les voies pour piétons et cyclistes, construites en dalles préfabriquées massives

sur une infrastructure en acier ;

- Réduction de la charge dynamique en supprimant les voies pour piétons et cyclistes et en limitant la charge de trafic de circulation restante ;
- Suspension de plates-formes de travail et d'échafaudages de protection, de manière à effectuer les travaux de protection contre la corrosion et à renforcer et rénover l'ancienne structure en acier. Les échafaudages ont par conséquent été montés tout le long du pont, en fonction des opérations de réduction de charge en cours (figure 5).

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES TRAVAUX SUR LA STRUCTURE EN ACIER

Après une procédure publique d'appel d'offres européenne, le contrat de reconstruction du pont Kennedy fut attribué en janvier 2007 à un consortium constitué par les sociétés Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH et Alpine Bau Deutschland AG.

Le détail des travaux comprend les éléments suivants :

- Modification des rampes d'accès du pont pour installer une nouvelle chaussée plus large ;
- Élargissement des piles et culées de manière à ce qu'elles puissent supporter des nouvelles poutres principales (5 et 6), voir figure 6 ;

- Détermination du comportement de la superstructure existante en effectuant un essai de chargement et un suivi des déformations ;
- Fourniture et installation de 2.500 t de poutres à âme pleine neuves et d'un platelage orthotrope ;
- Précontrainte des poutres à âme pleine additionnelles en les accouplant à la structure existante pour assurer un transfert de charge partiel ;
- Remplacement de tous les appuis et joints de chaussées ;
- Changement de tous les panneaux de signalisation, garde-corps, poteaux d'éclairage et mâts ;
- Rénovation de la chaussée, y compris le remplacement des joints et la mise en œuvre d'un nouveau revêtement asphalté ;
- Peinture complète de la structure existante et application d'un système de peinture tel qu'établi sur le plan 87.

PROCÉDURE DE CONSTRUCTION

Il était prévu que les travaux de construction commencent par le côté amont avec l'élargissement par phases successives à partir du côté Beul du fleuve vers le côté opposé. Tous les travaux seraient ainsi effectués deux fois, au cours d'une période d'environ neuf mois :

- Élargissement des piles aval ;
- Puis montage de la structure en acier en aval ;
- Puis élargissement des piles en amont ;
- Et finalement montage de la structure en acier en amont.

Un autre prérequis pour commencer la planification en atelier était d'effectuer des essais de chargement pour contrôler les déformations de la superstructure existante du pont. L'accouplement des nouveaux éléments structurels à la structure existante devait être effectué avec des tolérances maximum de l'ordre de 20 mm. Il était nécessaire d'effectuer des essais de déformation sur la structure existante de manière à pouvoir déterminer précisément son degré d'élasticité. Les résultats de ces essais ont ensuite permis de prévoir la géométrie des nouveaux éléments.

INSTALLATION DES NOUVEAUX APPAREILS D'APPUIS

Les essais de chargement ont démontré :

- Que les appuis existants étaient tellement endommagés (figure 7) qu'il était impossible d'effectuer des essais de chargement ;
- Qu'il était nécessaire de contre-

venter la superstructure sur la culée de Beul.

Sans essais de chargement, il était impossible de déterminer le comportement de la structure existante qui était nécessaire pour définir la géométrie

des nouvelles poutres principales. Cela signifiait que les appuis devaient être rénovés sans délai.

Les points de vérinage prédéterminés ne permettaient toutefois pas de remplacer les appareils d'appuis. Une autre

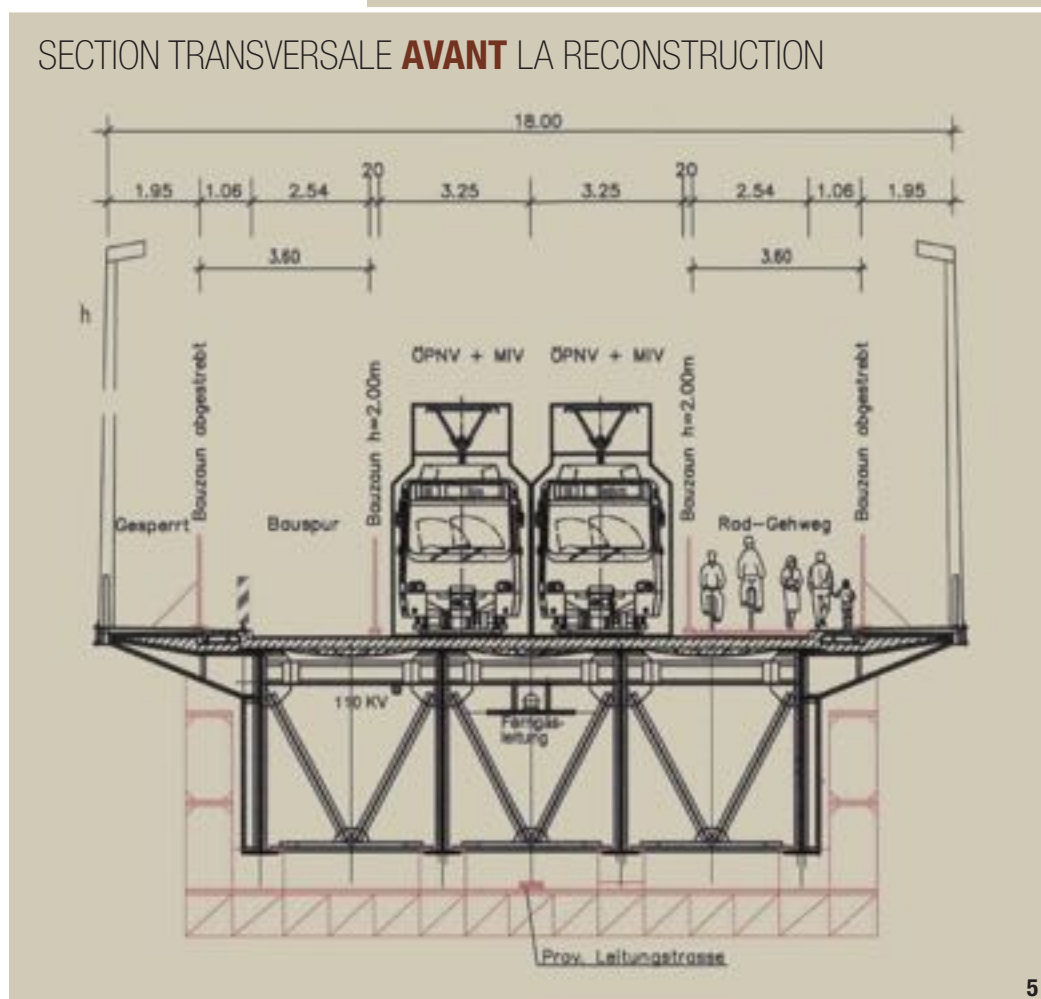
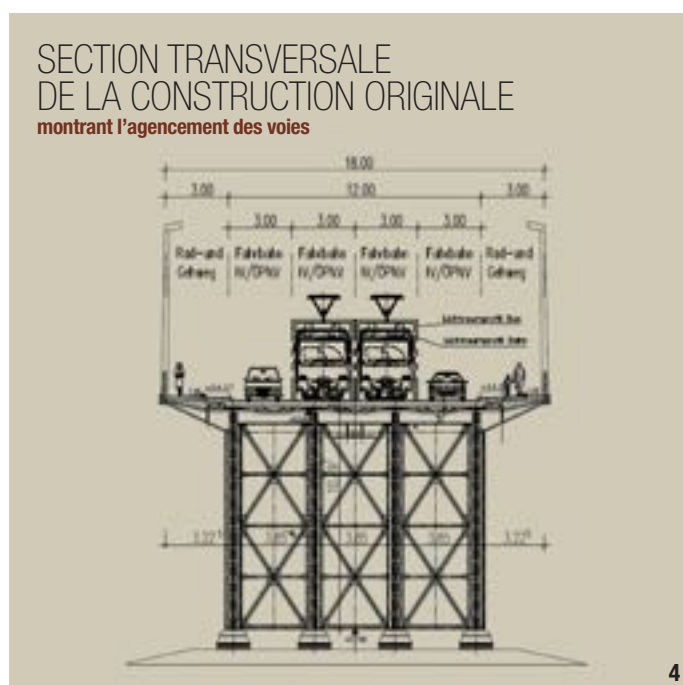
solution a par conséquent été conçue, consistant à renforcer localement les poutres pour pouvoir déplacer la zone d'appui de vérinage et libérer les appuis existants en utilisant un système de bascule.

4- Section transversale de la construction originale montrant l'agencement des voies.

5- Section transversale avant la reconstruction.

4- Cross section of the original construction showing the layout of the lanes.

5- Cross section before reconstruction.



Le transfert des charges entre les semelles inférieures de la poutre principale et la face supérieure de l'appareil d'appui se fait par contact (pression). Pour assurer la stabilité verticale, la poutre de vérinage doit saisir la structure sous la partie supérieure de l'appui tout en bloquant horizontalement les éléments des semelles rivetées. Du fait du déport de 0,95 m par rapport à l'axe du vérinage, la poutre de vérinage s'appuie sur la semelle inférieure de la poutre principale (figure 8). La force d'appui est par conséquent transférée au bras de vérinage sur le côté supérieur de l'appui et vers le point de pression arrière dans la poutre principale. Durant le remplacement des appareils d'appuis, la structure auxiliaire devait pouvoir supporter 1 500 t par appui. Ceci exigeait une construction en caisson soudés à 3 âmes pour les poutres de vérinage, avec des tôles jusqu'à 90 mm d'épaisseur en acier S460. L'application de charge sur l'ancienne structure exigeait un raidissement important local de la poutre principale à l'aide de raidisseurs pour augmenter la résistance en contrainte et en stabilité.

RENFORCEMENT DE LA CHAUSSEE

Les tests sur la dalle béton supportée par les plaques en arc réalisées à la construction ont révélé la détérioration du béton avec le temps, entraînant un risque pour la capacité fonctionnelle à long terme du transfert de charge et du raidissement contre le voilement des plaques en arc^[3].

En outre, les charges dynamiques actuelles, qui sont significativement supérieures aux charges prévues pour la structure existante, ont conduit à des niveaux de contrainte clairement excessifs sur les traverses du tablier et les connexions des plaques en arc. Le pont Kennedy est le seul pont du

centre-ville traversant le Rhin à Bonn, et il devait donc rester en service durant la construction aussi bien pour le trafic des tramways que le trafic routier. Il n'était dès lors pas possible de remplacer les dalles du tablier. C'est pourquoi une solution a été développée pour renforcer la structure en acier du tablier afin de procurer un transfert de charge localisé similaire à celui d'un platelage orthotrope. La dalle de béton sert uniquement à transférer des charges verticales et ne sera soumise, après la rénovation, qu'à des niveaux de contrainte limités. Le renforcement est indiqué sur les figures 9 et 10. Dans la structure originale, il n'y avait aucun contact entre les plaques en arc et les traverses.

La connexion entre la semelle supérieure de la traverse et la plaque en arc s'est aussi avérée efficace pour renforcer la traverse et minimiser les coûts de renforcement de la structure.

LA RECONSTRUCTION

Pour élargir le pont, des poutres en T à âme pleine furent installées de chaque côté et le tablier de pont fut construit

sous forme d'un platelage orthotrope, conformément aux normes prescrites dans les rapports techniques DIN 103 (figure 11).

FABRICATION ET TRANSPORT

La fabrication des éléments de structure métallique fut réalisée à l'usine de Hanovre de la société Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH.

Des éléments mesurant 3,80 x 5,90 x 52 m et pesant jusqu'à 117 t furent produits (figure 12). Les éléments furent amenés au port voisin sur des wagons plats, chargés sur des péniches et transportés sur site via le canal Mittelland et le Rhin.

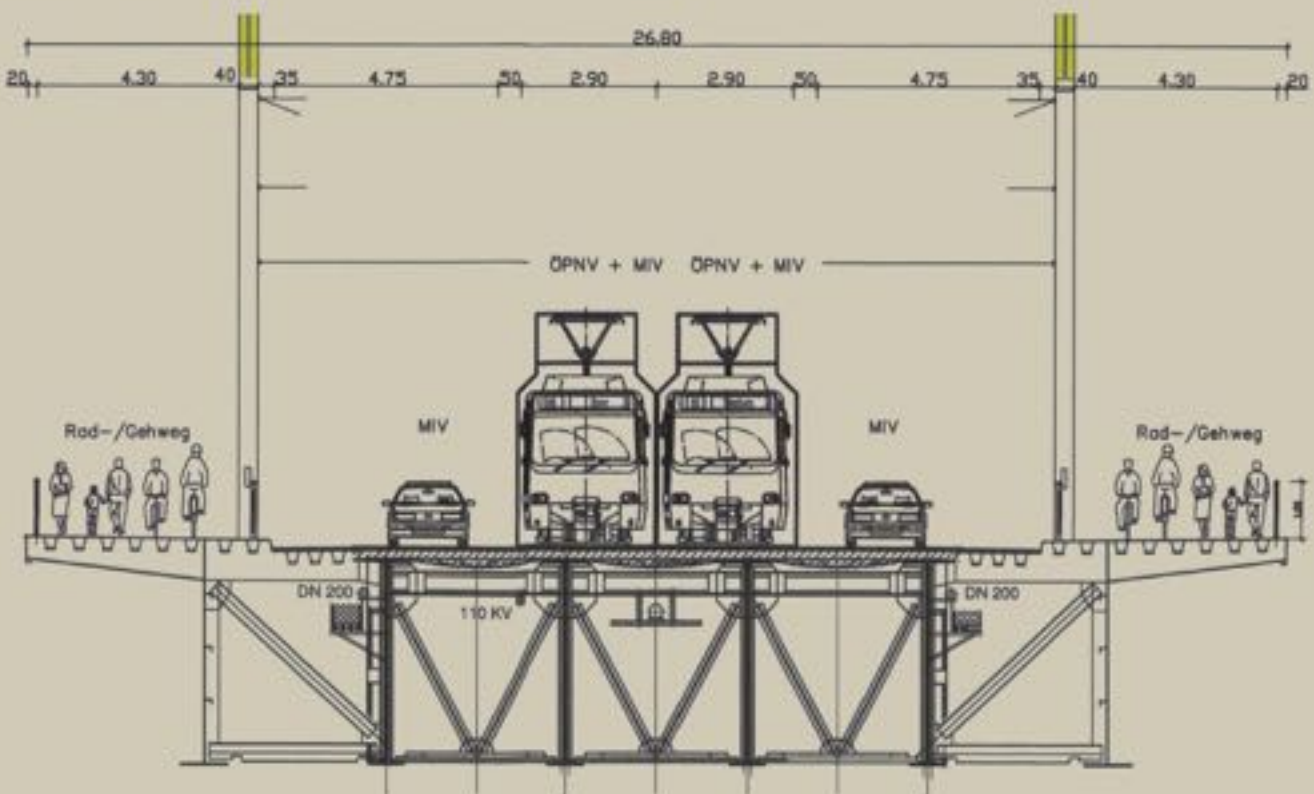
Du fait de leur longueur (90 m) et de leur hauteur (4,50 m), les poutres de la travée centrale ne purent pas être transportées en une seule pièce sur le canal Mittelland.

Elles furent donc divisées en 4 éléments chacune, mesurant environ 22,5 m, et amenées par bateau sur un site de pré montage sur le Rhin, où elle furent assemblées et finalement transportées sur le Rhin jusqu'au site de construction à l'aide d'une barge. ▷

6- Section transversale après reconstruction.

6- Cross section after reconstruction.

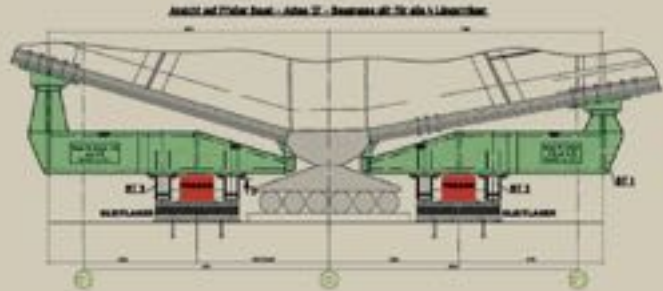
SECTION TRANSVERSALE APRÈS RECONSTRUCTION





7

POUTRE DE VÉRINAGE pour changer les appareils d'appuis



8

7- Anciens appuis de rouleaux, non fonctionnels.

8- Poutre de vérinage pour changer les appareils d'appuis.

9- Renforcement du tablier.

10- Solution finale.

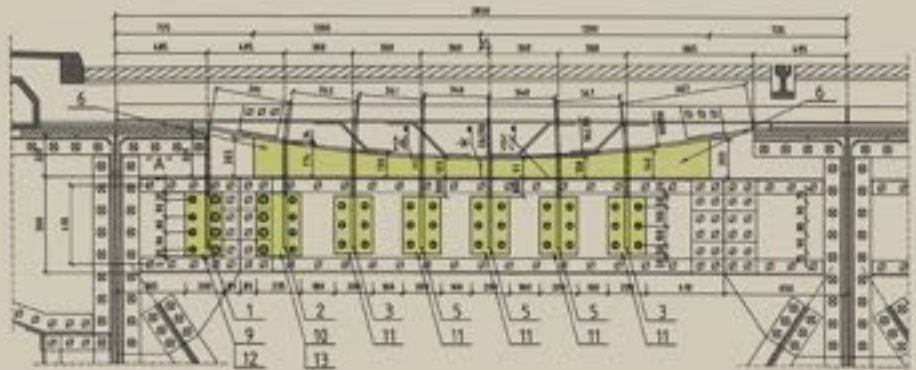
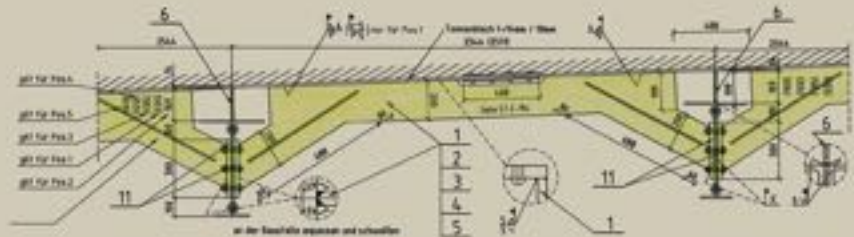
7- Former roller bearings, non-functional.

8- Jacking beam to change the support devices.

9- Strengthening the deck.

10- Final solution.

RENFORCEMENT DU TABLIER

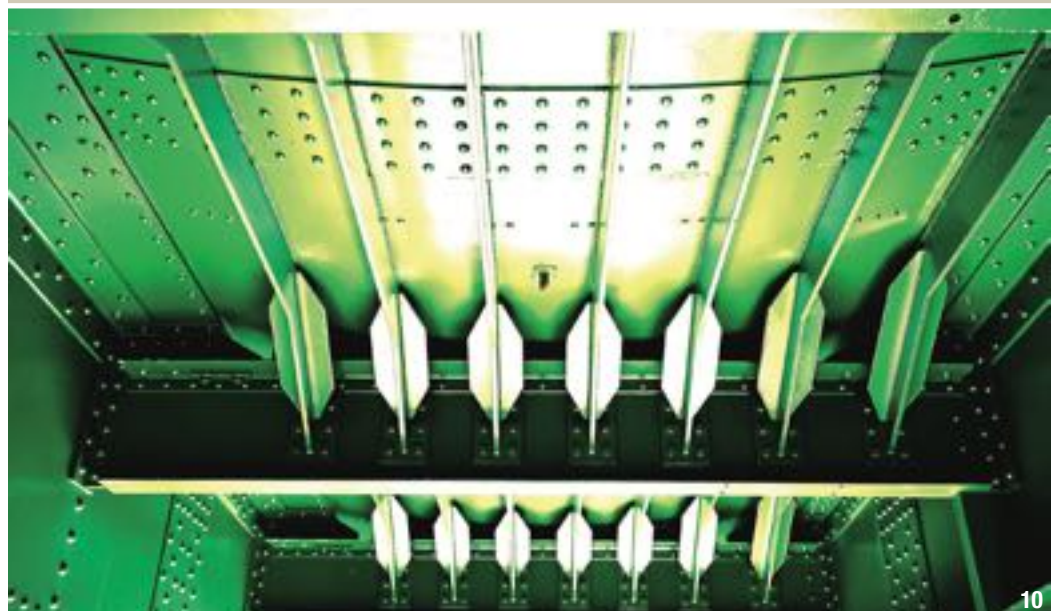


9

ASSEMBLAGE SUR LE RHIN

Les nouvelles poutres principales ont la même forme que les poutres existantes. La chaussée et les voies pour piétons et cyclistes sont également construites sous forme d'un plâtrage orthotrope, les ancienne et nouvelle poutres principales étant connectées au droit des 14 traverses principales à l'aide d'entretoises diagonales et de connexions soudées entre le plâtrage support de chaussée et la semelle supérieure de la poutre principale existante.

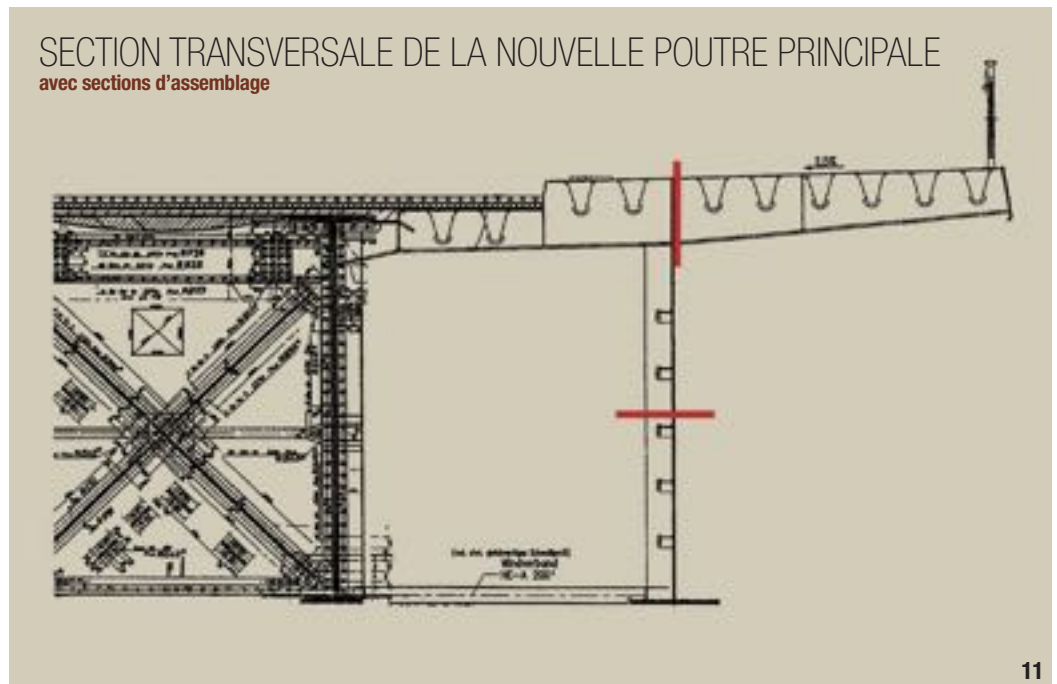
Tous les travaux sur le pont devaient être exécutés sans interruption majeure du trafic, qui devait être dévié durant les différentes phases de la construction, c'est-à-dire que les composants structurels additionnels étaient déjà partiellement en service avant d'être soudés à la structure existante.



10

11- Section transversale de la nouvelle poutre principale, avec sections d'assemblage.
 12- Production à l'atelier de Hanovre.
 13- Pièce de liaison temporaire entre l'ancienne construction et la nouvelle.

11- Cross section of the new main girder, with assembly sections.
 12- Production in the Hanover workshop.
 13- Temporary joining part between the old structure and the new one.



La stabilisation de la poutre principale fut assurée au moyen de bracons fixés par paires à chaque traverse principale (figure 13).

Les éléments des nouvelles poutres principales furent positionnés à l'aide d'une grue flottante, en commençant par les piles et dans l'ordre indiqué sur la figure 14.

Deux grues flottantes furent nécessaires pour mettre en place les poutres de la travée centrale, qui pesait 330 t. Elles étaient ancrées à un groupe de bateaux (figure 15).

La circulation sur le Rhin fut interrompue pour cette opération avec les grues flottantes, mais elle fut maintenue

durant toutes les autres opérations de grue flottante, telles que l'installation des platelages en encorbellement pour les voies pour piétons et cyclistes.

L'une des hypothèses initiale de la procédure de montage était l'installation de supports provisoires auxiliaires dans le Rhin de manière à supporter provisoirement des éléments de poutres en cours d'assemblage. Ces éléments auraient eu un impact majeur sur le trafic fluvial, et auraient aussi impliqué un travail difficile dans le lit du fleuve, ce qui aurait à son tour exigé des essais, des permis et des procédures d'autorisation avant de pouvoir commencer les travaux. Pour éviter cela,

une solution technique fut développée de manière à ce que les poutres principales puissent être installées sans utiliser de support dans l'eau.

L'idée de base pour l'installation des poutres sans utiliser de supports était d'employer une poutre auxiliaire suspendue sous les poutres principales existantes et connectée de telle manière que deux des poutres principales existantes pouvaient reprendre, également distribuée, la résultante en traction et les 2 autres la résultante en compression (figure 16) induite par le supportage en extrémité de la poutre neuve en cours d'assemblage avec la structure existante.

PRÉCONTRAINTES

Le document de l'appel d'offres spécifie ce qui suit :

« Lors de l'élargissement, l'objectif est de réduire la charge sur les poutres existantes du pont Kennedy. Pour cela, les nouvelles poutres principales seront connectées à la structure existante, puis relevées d'environ 20 cm sur les piles. Ceci devrait assurer qu'une partie de la charge statique sur la structure existante est transférée sur les nouvelles poutres. »^[2]

Cette spécification est illustrée sur la figure 17.

Pour obtenir le relevage minimal requis et pendre en compte des tolérances ▷





15

dimensionnelles de ± 5 cm, la bande de structure au droit de l'assemblage, de 20 cm à 30 cm de large, fut examinée dans l'analyse structurelle. La nouvelle structure est connectée, à une même hauteur, à la structure existante au droit des axes 21 et 21' en utilisant des structures transversales. Le déplacement imposé au droit des axes 13 et 13' d'environ la valeur nominale de 25 cm procurait une réduction de charge totale sur la travée centrale d'environ $4 \times 100 = 400$ t. Du fait de la taille de la structure, l'impact de la réduction de charge sur les contraintes de la poutre principale existante est modéré, soit ± 20 N/mm² par rapport à la limite élastique de $355/1,1 = 323$ N/mm².

Il était prévu de fermer le pont entre Noël et Nouvel An 2009 afin d'exécuter les travaux de précontrainte.

Pour la préparation, les anciennes et nouvelles structures furent d'abord toutes mesurées et de légers ajustements en hauteur furent effectués pour minimiser les tolérances d'assemblage en levant et abaissant les nouvelles poutres principales dans les axes des piles. La traverse de renfort fut alors fixée au droit des axes d'accouplement 21 et 21'.

La précontrainte fut ensuite réalisée en vérinant les nouvelles poutres principales sur les axes de pile d'environ 25 cm en alternant des phases de vérinage et de calage.

14- Vue longitudinale montrant l'assemblage des éléments préfabriqués assemblage et mettant en évidence les poutres auxiliaires.

15- Assemblage de la section de 90 m.

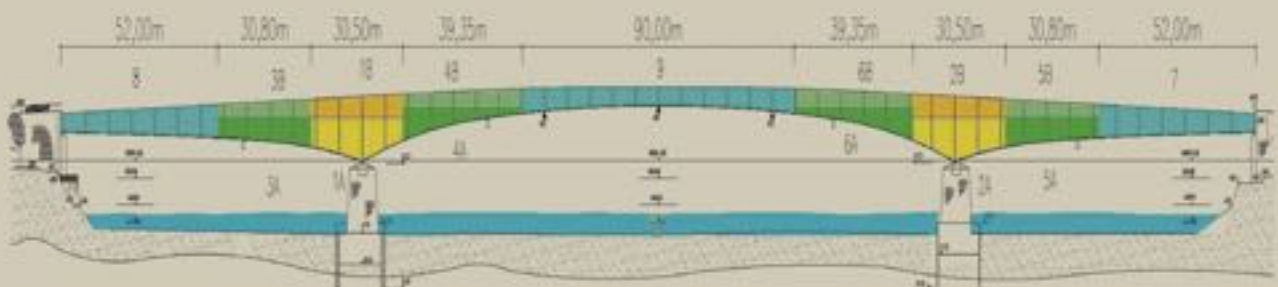
14- Longitudinal view showing assembly of the prefabricated elements and highlighting the auxiliary girders.
15- Assembly of the 90-metre section.

PROTECTION CONTRE LA CORROSION

La rénovation de la protection contre la corrosion de l'ancien pont fut effectuée par Tiefenbach, conformément à toutes les exigences environnementales et techniques. Les travaux de protection contre la corrosion sur l'ancienne structure ont commencé immédiatement après l'attribution du contrat du fait de la nécessité de minimiser la durée totale du chantier. Cela a impliqué certains arrêts des travaux de protection contre la corrosion, ainsi que la nécessité de travaux de retouche postérieurs, du fait des travaux prolongés de renforcement qui étaient requis et ne sont devenus apparents que lors de l'avan-

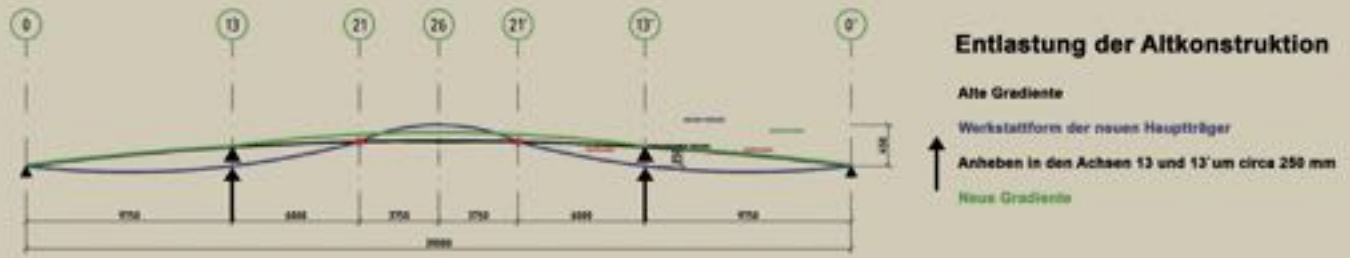
VUE LONGITUDINALE

montrant l'assemblage des éléments préfabriqués assemblage et mettant en évidence les poutres auxiliaires



14

RÉDUCTION DE LA CHARGE PAR RELEVAGE



17

DESSIN ISOMÉTRIQUE DE LA STRUCTURE AUXILIAIRE avec des profils simples



16

16- Dessin isométrique de la structure auxiliaire avec des profils simples.

17- Réduction de la charge par relevage.

18- Vue de l'ancien pont rénové.

16- Isometric drawing of the auxiliary structure with simple profiles.

17- Reducing the load by raising.

18- View of the renovated old bridge.

cement des travaux de construction et d'ingénierie. Des signes de pénétration d'humidité sont aussi apparus, provenant de parties de l'ancienne chaussée qui n'étaient plus étanches. Il ne fut possible de rénover et étancher la chaussée qu'une fois tous les travaux de construction achevés.

Les nouvelles poutres principales reçurent une couche de protection finale sur site avant la peinture des surfaces externes.

ACCESSOIRES DU PONT

Un nouveau système de drainage fut construit sous le pont, ainsi que

des fourreaux pour des câbles et des plates-formes de maintenance entre les poutres principales.

Le travail fut achevé par l'ajout d'un système de protection dans la zone de la semelle inférieure des poutres principales pour empêcher les oiseaux de passer.



18



19

CONCLUSION

Grâce à la rénovation, au renforcement et à l'élargissement par une construction neuve, l'ancien pont sur le Rhin âgé de 60 ans et construit en 1949 pourra encore être utilisé durant de longues années.

L'apparence esthétique du pont a été conservée (figure 18).

Durant les travaux, le trafic routier et des tramways a été maintenu. Le pont Kennedy est par conséquent encore une excellente démonstration de l'endurance unique des constructions de pont en acier pour une utilisation durable. □

19- Cérémonie d'ouverture.

19- Opening ceremony.

[Références]

- [1] Erneuerung einer historischen Stahlkonstruktion - Kennedybrücke Bonn. Michael Arz, Josef Epple, Uwe Heiland. Stahlbau Nachrichten, Brückenbau, février 2009.
- [2] Documents de l'appel d'offres de la ville de Bonn pour la reconstruction du pont Kennedy, 2006.
- [3] Verbreiterung und Sanierung der Kennedybrücke in Bonn. Christof Dieckmann, Uwe Heiland, Bernd Thauern, Ulrich Weyer, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin, Stahlbau 80(2011), No. 3.

INTERVENANTS DU PROJET

MANDANT : Ville fédérale de Bonn, Tiefbauamt 66-4, Berliner Platz 2, 53103 Bonn. Stadtwerke Bonn Verkehrs GmbH, Postfach 2651, 53016 Bonn

CONCEPTION : Grontmij / BGS Ingenieurgesellschaft mbH, Münsterstr. 20, 53111 Bonn

TRAVAUX DE CONSTRUCTION : ARGE. Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH, Hackethalstr. 4, 30179 Hannover. ALPINE Bau Deutschland AG, Alpinestr. 1, 06254 Zöschen

ANALYSE STRUCTURELLE : Weyer Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH. Martin-Schmeißer-Weg 5, 44227 Dortmund

INGÉNIERIE D'INSPECTION : Prüflingenieurgesellschaft Kennedybrücke Bonn. Dipl.-Ing. W. Henneker, Prof. Dr.-Ing. D. Ungermann, Dr.-Ing. W. Heusen, Königswinterer Str. 329, 53227 Bonn

ABSTRACT

WIDENING THE KENNEDY BRIDGE IN BONN

MICHAEL ARZ, UWE HEILAND, BERND THAUERN: EIFFEL DEUTSCHLAND STAHLTECHNOLOGIE GMBH, HANNOVER

The Kennedy Bridge, in the centre of Bonn, carries national highway B56 across the Rhine. Between April 2007 and the autumn of 2010, the carriageway of this bridge straddling the Rhine was widened from 18 m to 26.80 m and the rest of the bridge was completely restored and renovated. The original riveted construction of 1949 was extended by installing identical welded steel bridge girders on either side, of span lengths 99.22 m, 195.86 m and 99.22 m. The solid web girders of the main steel structure reach a height of 11.50 m above the two piers and 3.40 m above the main span. The existing carriageway formed of arched plates with a layer of concrete was widened by adding an orthotropic slab bearing on the upper members of the new steel girders. The widening also allowed a significant strengthening of the original structure, thus ensuring compliance with present-day standards. Given that Kennedy Bridge is the only bridge in the Bonn city centre crossing the Rhine, the technical and logistic solutions applied had to take into account the need to maintain tramway, vehicle and pedestrian traffic throughout the period of the works. □

ENSANCHAMIENTO DEL PUENTE KENNEDY EN BONN

MICHAEL ARZ, UWE HEILAND, BERND THAUERN: EIFFEL DEUTSCHLAND STAHLTECHNOLOGIE GMBH, HANNOVER

En el centro de Bonn, el puente Kennedy permite que la carretera nacional B56 cruce el Rin. Entre abril de 2007 y otoño de 2010, la calzada del puente que franquea el Rin se amplió de 18 a 26,80 m y el resto del puente se restauró y reformó completamente. La construcción remachada original de 1949 se amplió instalando vigas de puente de acero soldadas idénticas a cada lado, con una luz de 99,22 m, 195,86 m y 99,22 m. Las vigas de alma llena de la estructura de acero principal llegan a una altura de 11,50 m por encima de los dos pilares y de 3,40 m por encima del tramo principal. La calzada existente, constituida por planchas en arco con una capa de hormigón, se amplió añadiendo una losa ortótropa que se apoya en las cabezas superiores de las nuevas vigas de acero. La ampliación también ha permitido reforzar en gran medida la estructura original, respetando las normas actuales. Dado que el puente Kennedy es el único puente del centro urbano de Bonn que cruza el Rin, las soluciones técnicas y logísticas aplicadas debían tener en cuenta la necesidad no interrumpir el tráfico de los tranvías, vehículos y peatones durante la realización de las obras. □

Bâtis-moi une retraite sereine



Pour percevoir une rente complémentaire une fois à la retraite, c'est aujourd'hui qu'il faut agir. Avec la gamme de contrats **BATIRETRAITE Initiative** dédiés aux professionnels indépendants, vous pouvez bâtir à votre rythme une épargne-retraite et profitez dès à présent de réductions d'impôts dans le cadre de la loi Madelin. **BATIRETRAITE Initiative** c'est, pour les indépendants, une solution souple, sûre et fiscalement avantageuse. Parlez-en à votre conseiller de la SMAvie BTP et rejoignez les professionnels sociétaires de votre société d'assurance mutuelle.

**Pour découvrir l'offre de la SMAvie BTP
prenez rendez-vous avec un conseiller :**

- par téléphone : 01 40 59 73 00
- ou sur smabtp.fr, rubrique "votre conseiller"

92%*

des sociétaires de la SMAvie BTP
sont prêts à nous recommander
auprès de leurs proches.

16,6/20*

C'EST LA NOTE DE SATISFACTION
ATTRIBUÉE À LA SMAvie BTP
PAR SES SOCIÉTAIRES

WOLF CREEK DAM EVEN WOLVES STAY SPELLBOUND

AUTEUR : LYNDON BEDFORD, TECHNICAL MANAGER, SOLETANCHE BACHY

WOLF CREEK DAM, IN THE HEART OF KENTUCKY, IS THE NINTH LARGEST RESERVOIR IN THE UNITED STATES, WITH THE LAKE BEING SOME 162 KILOMETRES LONG AND OVER 2.4 KILOMETRES WIDE AT ITS WIDEST POINT. THE DAM PROVIDES FLOOD CONTROL, POTABLE WATER, HYDROPOWER AND WATER QUALITY BENEFITS FOR THE CUMBERLAND RIVER SYSTEM AND THE SURROUNDING AREA. DESIGNED AND CONSTRUCTED BETWEEN 1938 AND 1952, THE 1748 METRE LONG DAM IS A COMBINATION ROLLED EARTH FILL EMBANKMENT WITH A CONCRETE GRAVITY STRUCTURE. AT ITS MAXIMUM HEIGHT, IT IS 87 METRES ABOVE ITS FOUNDATION (figures 1 and 2).



**GEOTECHNICAL ISSUES
(figures 3 and 4)**

Built in an area of Karst geology, the dam has been plagued with seepage problems since completion of construction in the 1950's. In 1968 muddy flows were observed in the tailrace and two sinkholes appeared near the toe of the downstream embankment indicating the seriousness of the seepage (figure 5).

The United States Army Corps of Engineers (USACE) embarked on an emergency investigation and grouting campaign from 1968 to 1970 while a more permanent solution was sought. After considering a number of options, the construction of a concrete seepage barrier through the earthen embankment and into the underlying limestone bedrock was chosen, and construction

**1- Aerial view of
Wolf Creek Dam and
Lake Cumberland.**

**2- Wolf Creek
Dam, Jamestown,
Kentucky, USA.**

**3 & 4- Caves and
features along the
new barrier wall
alignment.**

**1- Vue aérienne
du barrage de
Wolf Creek et du
lac Cumberland.**

**2- Le barrage
de Wolf Creek,
Jamestown,
Kentucky, USA.**

**3 & 4- Grottes et
caractéristiques
notables le long du
tracé du nouveau
mur-barrière.**

took place between 1975 and 1979. The dam has been closely monitored by the USACE since the completion of the Barrier Wall in 1979. A number of key indicators from instrumentation readings, persistent and increasing wet areas on the downstream embankment and zones of soft, wet material at depth within the embankment have confirmed that further erosion and seepage through the foundation of the embankment continue and that the dam is still at risk.

In 2007, a review panel commissioned by the USACE put the status of the dam at the highest level of risk. A number of immediate actions were taken:

→ The lake elevation was lowered some 12 metres to relieve the pressure on the dam.

→ An immediate grouting campaign

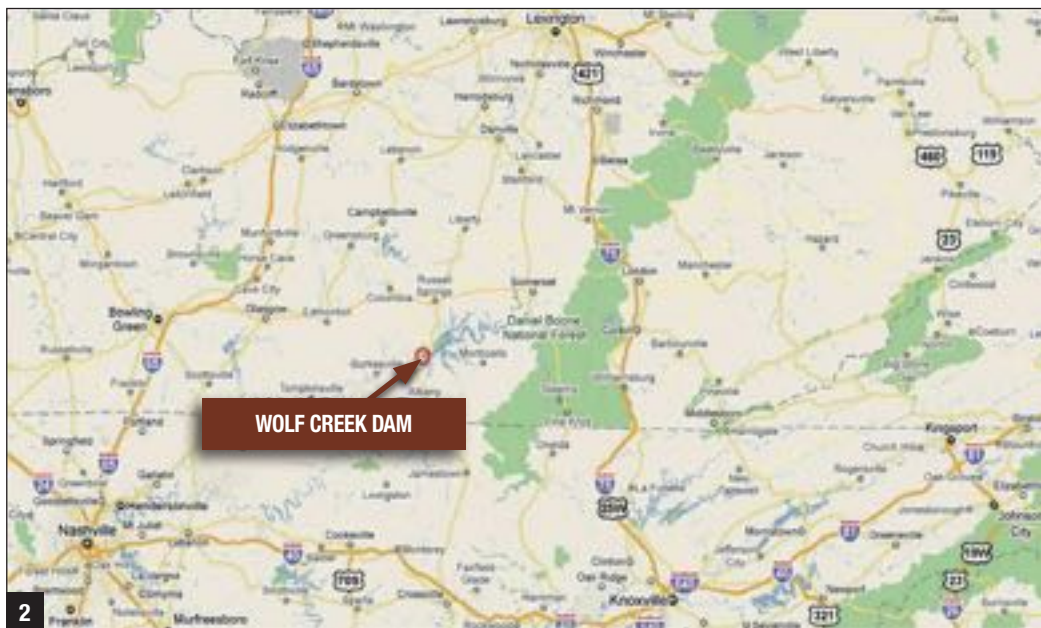
to the embankment foundation was put in place.

→ The level of instrumentation and monitoring of the dam was increased. As these immediate actions were put into place, the USACE, together with their panel of experts, decided that a new barrier wall should be installed that would run the full length of the embankment, some 500 metres longer and penetrating 25 metres deeper than the existing wall installed in the 1970's (figure 6).

CONSTRUCTION CHALLENGES

The main contract, worth US\$ 341 m, was awarded in July 2008 to Treviicos-Soletanche JV (TSJV), a joint venture between Treviicos, a member of the Italian Group TREVI, and French construction firm Soletanche Bachy. ▷

© PHOTOTHÈQUE SOLETANCHE BACHY



The contract covers the construction of a 91,000 m² concrete barrier wall, of minimum width 60 cm, with most of the wall reaching a depth of 84 metres in rock of strengths up to 250 MPa (figure 7).

The TSJV had to face numerous challenges. A barrier wall 85 metres deep had to be constructed through up to 50 metres of clay embankment and a further 35 metres into hard rock. At the same time, it was essential to ensure stability of the dam and adhere to the strict geometrical requirements that would require a verticality of 0.15% (12.75 cm maximum deviation over an overall depth of 85 metres).

The project would require some innovative solutions from the TSJV, and a multi stage process was adopted.

→ Completion of the upstream and downstream grout curtains.

→ Installation of a 1.8 metre wide diaphragm wall through the clay embankment.

→ Directionally drilled pilot holes for the secant piles of the barrier wall.

→ Construction of the barrier wall using a combination of 1.28 m diameter secant piles using reverse circulation drills (RCDs) and 0.8 m wide hydrofraise panels.

Prior to installation of the barrier wall, the two grout curtains upstream and downstream of the proposed concrete barrier wall alignment had to be completed, through a 30-month grouting programme with some 1.5 million litres of grout being pumped into the foundation of the dam. Sonic drilling techniques were used to limit the amount of water circulating through the clay embankment, and then the holes were continued to depth through the

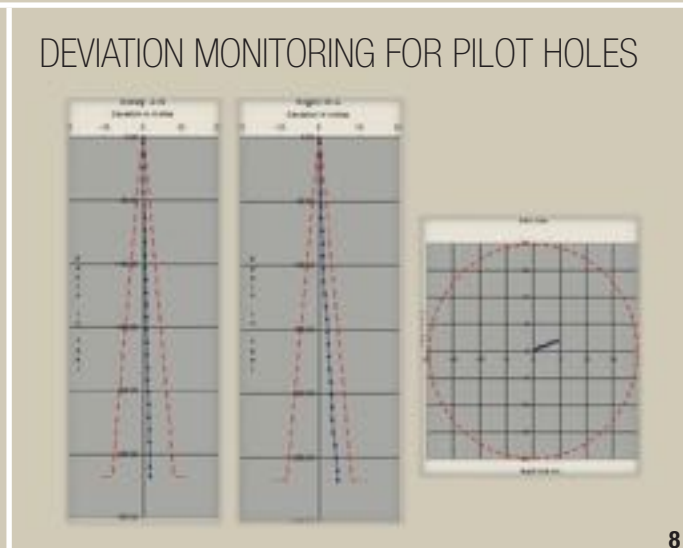
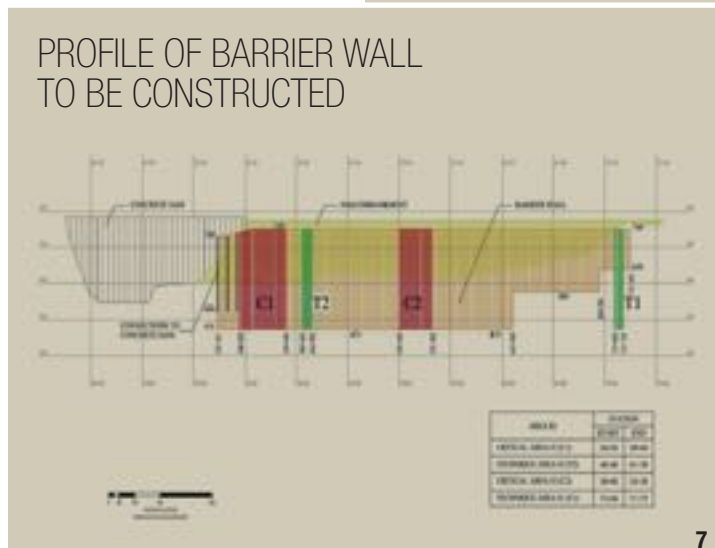
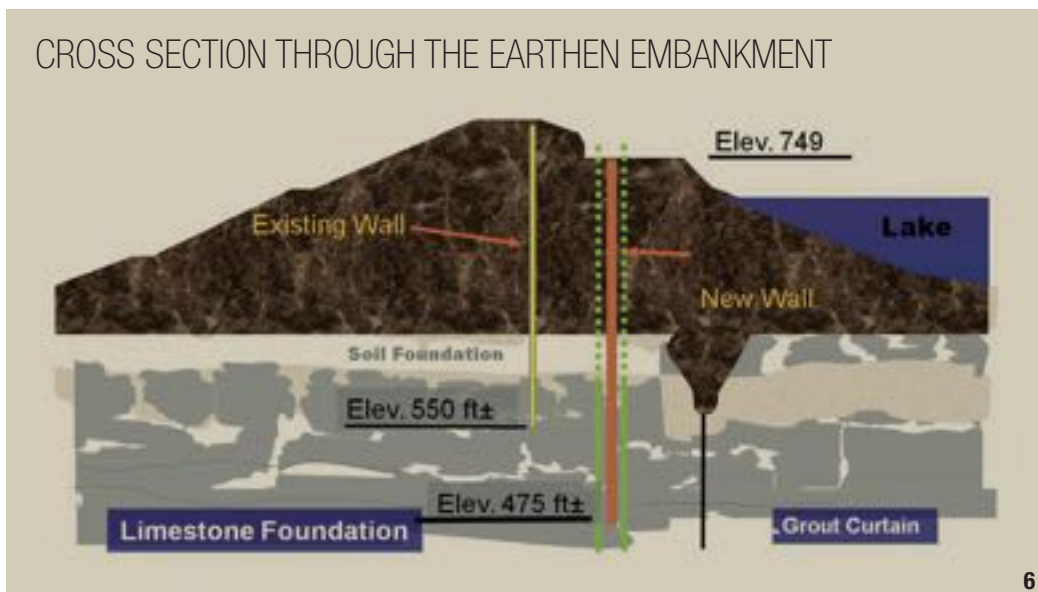


rock using water-actuated hammers. In order to ensure the stability of the clay embankment while excavating the rock below, a 51,000 m² diaphragm wall, 1.8 metres wide, was constructed through the embankment and seated on top of the underlying rock using two Soletanche Bachy hydrofraise rigs. This solution allowed construction of the

secant piles through this encasement wall into the rock below to the final depth of 85 metres, with the encasement wall protecting the embankment from the drilling activities for pile installation. This innovative solution has since been adopted by the client for other dam remediation projects around the United States.

- 5- Seepage indicators on the downstream embankment.
- 6- Cross section through the earthen embankment.
- 7- Profile of barrier wall to be constructed.
- 8- Deviation monitoring for pilot holes.

- 5- Signes d'infiltration sur le remblai en aval.
- 6- Section transversale du remblai en terre.
- 7- Profil du mur-barrière à réaliser.
- 8- Contrôle d'écart pour les trous pilotes.





To ensure that the stringent verticality requirements of the final barrier wall were met, it was decided to install directionally drilled pilot holes for the piles. These 20 cm holes would serve a number of purposes. Primarily, the ability to steer these pilot holes ensured that the verticality of the secant piles that would follow them would meet the strict verticality requirements.

The holes would also provide valuable data regarding the particular ground conditions at each individual pile location and, as an added benefit, once the pilot holes have been installed and the

9- 11-hectare spoil and water treatment and disposal site downstream of the dam.

10- Combined Barrier Wall installation sequence.

9- Site de 11 hectares pour le traitement et l'évacuation des déblais et eaux en aval du barrage.

10- Mise en place coordonnée du mur-barrière.

deviation plots obtained, a computer simulation can be run for the 1.28 m diameter piles to confirm whether the correct pile overlap would be maintained to ensure that the minimum 60 cm barrier wall thickness would be achieved. The initial target for pilot hole deviation was 20 cm over the full depth of the barrier wall. Once the technique was mastered, the skill of the operators and the steering technicians enabled maximum deviations of less than 8 cm to be achieved, a level of accuracy unheard of in the industry, allowing the spacing between piles to be increased,

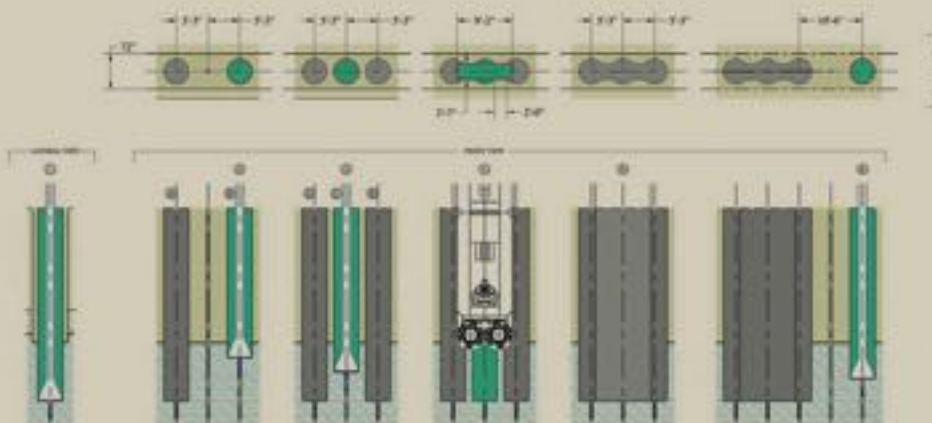
thus reducing the total number of piles required and saving valuable schedule time (figure 8).

Two different techniques were used to construct the final barrier wall to its full depth. While most of the wall was constructed using interlocking secant piles, a shallower area of the wall allowed for a combination of RCD piles with a central hydrofraise panel to be constructed. This "Combined Barrier Wall" method reduces the number of individual elements that have to be constructed and hence reduces the number of joints in the final wall (figure 10).

Reverse circulation drills have been chosen for installation of the barrier wall's secant piles. The rigs have been adapted to drill with a "pilot bit", allowing the drill to follow the previously installed pilot holes. The reverse circulation system enables excavation cuttings to be removed in a continuous process while maintaining downwards excavation. With a choice of cutters available for varying rock strengths, the drill bits have been optimised for the conditions encountered, whether drilling through the 15 MPa concrete of the encasement wall, or into the underlying limestone rock of up to 250 MPa.

In all, some 700,000 m³ of soil and rock are expected to be removed from the dam, with over a million litres of water per day being used for the directional drilling and RCD systems employed.

COMBINED BARRIER WALL INSTALLATION SEQUENCE





This has required an extensive spoil handling and disposal process to be put in place, with a water treatment system that ensures that all the processed water released back into the Cumberland River meets the State's strict environmental requirements (figure 9).

CONSTRUCTION MONITORING AND CONTROL

With up to fourteen pieces of excavation equipment on site and strict installation tolerances, the Quality Control requirements were unprecedented (figure 12). Each phase of the works is checked by a team of Quality Control technicians, specialists and supervisors.

Two measurements are performed on each of the 2,800 excavation elements, the first during installation so that verticality can be monitored in real time, allowing corrections to be made before completion of the element, and a second, final verification on completion of the element to confirm that the installation tolerances have been met and

that the continuity of the barrier wall will be ensured.

This required significant development of Soletanche Bachy on-board instrumentation and proprietary software to enable continual monitoring of the works and final representation of the barrier wall through 3D Computer Aided Design (figure 13).

Comprehensive installation and verification reports are completed for each of the elements installed.

Given the potentially overwhelming amount of data collected and the need to have a permanent record of the works, a bespoke Geographical Information System (GIS) was developed. This visual database enabled all the

construction and dam monitoring data to be compiled into a single authoritative repository, bringing together numerous data formats, all linked with spatial context.

The system thus allows project works to be viewed, queried and analysed to ensure compliance with the client's requirements (figure 14).



11- Hydrofraise and RCD works at the western end of the platform.

12- Construction activities on the dam.

11- Travaux à l'hydrofraise et par forage RCD à l'extrémité ouest de la plateforme.

12- Activités de construction sur le barrage.

12

© PHOTO THÉRIQUE SOLETANCHE BACHY



11

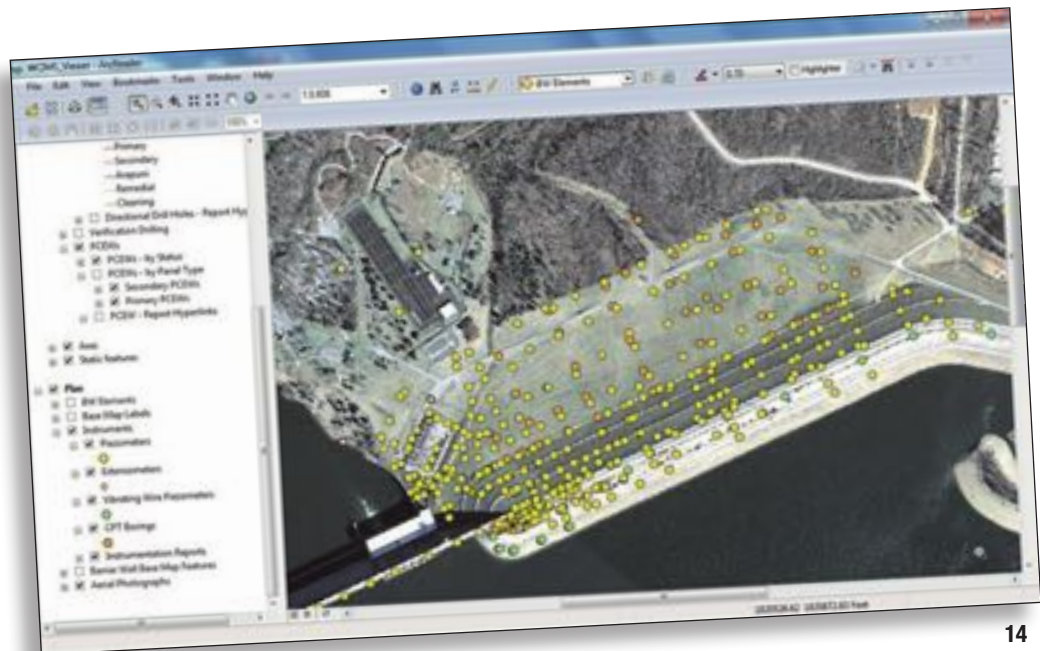
© PHOTOTHÈQUE SOLETANCHE BACHY

13- 3D pile overlap analysis.

14- GIS database viewer.

13- Analyse 3D du recouvrement des pieux.

14- Visionneuse de bases de données SIG.



14

geology of the dam foundation, and emergency response drills are carried out. Regular Health and Safety training is provided, with all personnel achieving or working towards nationally recognised safety certification.

This level of effort has paid off, with a million man-hours being exceeded on the project earlier this year, a feat that has been officially recognised by the United States Army Corps of Engineers. Eventually one million man hours were performed without any lost daywork.

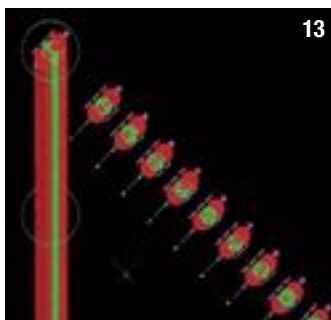
SUCCESS

As the project approaches completion, traditionally wet areas of the

downstream embankment are at the driest they have been for some forty years, indicating that the barrier wall is performing its required function by reducing seepage through the dam's foundation.

On completion of the barrier wall, lake levels will be raised to normal operational elevations for the benefit of all users, and the dam's long-term risk rating can be reduced.

Soletanche Bachy, with their partners Treviicos, have provided innovative solutions and the highest level of demonstrable quality setting a new benchmark in dam foundation remediation. □



13

RESPECT SAFETY

A project of such size and intricacy required a workforce of some 230 personnel. Safety was of paramount importance throughout the works, both in terms of dam stability and protection of the personnel on site.

Training has been a priority to ensure that all personnel involved are aware of the potential stability risks to the dam itself. Training sessions are held on the

PROJECT INFORMATION

CLIENT: United States Army Corps of Engineers

CONTRACTOR: Treviicos Soletanche Joint Venture

PROJECT VALUE: \$341 million

ABSTRACT

WOLF CREEK DAM EVEN WOLVES STAY SPELLBOUND

LYNDON BEDFORD, SOLETANCHE BACHY

Serious indications of seepage through the rock foundation of Wolf Creek Dam led the USACE to embark on the challenging task of constructing a permanent barrier through the clay embankment and deep into the underlying foundation. Soletanche Bachy, in partnership with Treviicos as Treviicos Soletanche Joint Venture, took on this challenge, requiring innovative construction techniques and unprecedented levels of quality control to ensure the safety of Wolf Creek Dam for generations to come. □

LA PRESA DE WOLF CREEK HASTA LOS LOBOS QUEDAN FASCINADOS

LYNDON BEDFORD, SOLETANCHE BACHY

Ante los graves indicios de filtraciones en los cimientos rocosos de la presa de Wolf Creek, el cuerpo de ingenieros del ejército de EE.UU. (USACE) decidió emprender una ambiciosa tarea: construir una barrera permanente que atravesara el terraplén de arcilla y se hundiera en la base que lo sustenta. Soletanche Bachy y Treviicos crearon la joint venture Treviicos Soletanche para hacerse cargo de este proyecto, en el cual fue preciso aplicar innovadoras técnicas de construcción y un control de los niveles de calidad inédito hasta la fecha para garantizar la seguridad de la presa de Wolf Creek para las generaciones futuras. □

SHERATON PARK PROJECT - QATAR SOUS LES JARDINS, UN PARKING

AUTEURS : EMMANUEL LAUNAY, DIRECTEUR DE PROJET, QATARI DIAR VINCI CONSTRUCTION (QDVC) - FRANCIS GUINCHARD, DIRECTION TECHNIQUE, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS



QATARI DIAR VINCI CONSTRUCTION (QDVC) RÉALISE À DOHA, CAPITALE DU QATAR, UN PARC PAYSAGER URBAIN DE 7 HECTARES SURMONTANT UN PARKING SOUTERRAIN DE 2 700 PLACES EN PLEIN CŒUR DU QUARTIER DE WEST BAY. LE PROJET CONDUIT EN CONCEPTION-CONSTRUCTION EN PARTENARIAT AVEC LE CLIENT S'ADAPTE AUX ÉVOLUTIONS DE SON CAHIER DES CHARGES.



1- Vue d'ensemble du projet entre la Corniche et l'hôtel Sheraton.

1- General view of the project between the Corniche and Sheraton Hotel.

© PHOTOTHÈQUE QDVC



En 2006 Qatari Diar, société immobilière détenue par la Qatar Investment Authority, a décidé d'entreprendre la création d'un parking enterré et d'un parc paysager urbain de tout premier plan au pied des tours du quartier de West Bay à Doha. À partir du dossier de concept architectural préparé par Murphy Jahn Architects et Rainer Schmidt Landscape Architects, ARUP Doha a développé en 2007 un premier avant-projet (dit « *sketch design* ») pour le compte de Qatari Diar (figure 1). Début 2008 QDVC, société qatarie codétenue par Qatari Diar et VINCI Construction Grands Projets, s'est vu confier par Qatari Diar un contrat d'ingénierie pour production d'un avant-projet détaillé toutes disciplines confondues et préparation d'une offre technique et financière pour la réalisation du « Sheraton Park Project » par QDVC en conception-construction dans le cadre d'un second contrat à négocier entre les parties. Compte tenu du

2- Plan de situation de l'emprise du projet au pied des tours de West Bay.

3- Mai 2009 : la parcelle utilisée comme parking de surface avant les travaux ; à droite le chantier du Doha Convention Centre.

2- Location drawing of the project land area at the foot of the West Bay towers.

3- May 2009: the plot used as an above-ground car park before the works; on the right, the site of the Doha Convention Centre.

caractère exceptionnellement ambitieux du projet et des bouleversements successifs apportés au cahier des charges, la démarche de conception de l'ouvrage et de planification des travaux de construction a surmonté une succession d'épreuves que nous nous proposons de retracer ici.

LE SITE ET SES CONTRAINTES

De forme trapézoïdale et d'une surface totale de 7,3 hectares, le site jusque-là utilisé comme parc de stationnement de surface par l'hôtel Sheraton est bordé de voiries existantes sur ses quatre côtés : au Nord-Ouest par la Corniche qui ceinture la baie de Doha et sur les trois autres côtés par les voies d'accès et de desserte de l'hôtel Sheraton et de son centre attenant d'accueil de conférences internationales (figures 2 et 3). Le terrain est en pente de l'hôtel Sheraton vers la Corniche avec un dénivelé cumulé de 5 m. En point bas le long de la Corniche le niveau est de +3,50 m ; tous les ouvrages souterrains même faiblement enterrés sont donc dans la nappe dont le niveau est sensiblement celui de la mer distante de seulement 150 m. Le quartier de West Bay dans son ensemble est en pleine évolution : des tours sont en construction ou programmées à proximité immédiate du site ; la modification des infrastructures existantes et la création d'infrastructures nouvelles sont planifiées. Les contraintes correspondantes qui se précisent au fil du temps impactent directement la conception du « Sheraton Park Project » pour sa bonne inscription dans son environnement. La programmation des travaux est elle-aussi impactée par ces contraintes : pas ou peu de zones d'installations et de stockage hors de l'emprise de l'ouvrage à construire, un seul point d'entrée et de sortie pour accès au site, d'importantes restrictions à la circulation des poids lourds qui hors du créneau nocturne 22h/6h ne peuvent emprunter la Corniche, des limitations des nuisances sonores compte tenu de la proximité de l'hôtel Sheraton et du centre de conférences, des réseaux enterrés sensibles à proximité immédiate de l'ouvrage projeté, etc.



4 © PHOTOTHÈQUE ODVC

LE PROJET D'ORIGINE

Les principales composantes du projet initial telles que décrites dans l'avant-projet ARUP de 2007 sont :

→ Le parc public paysager accessible aux piétons et aux cyclistes et comprenant des bassins, fontaines, cascades et jeux d'eau, des zones plantées, des allées pavées de granite, une aire de jeux pour les enfants, des cafés et des restaurants (figure 5) ;

→ Sous toute l'emprise du parc un parking souterrain de 2000 places pour partie public et pour partie réservé à la clientèle de l'hôtel Sheraton et aménagé en deux niveaux : un premier niveau (le niveau inférieur) sur l'emprise totale de la parcelle et un second niveau (le niveau supérieur) sur 40 % environ de la surface du niveau inférieur côté Sheraton ;

→ Une enceinte enterrée d'une surface de 3500 m² enclavée dans les deux

niveaux de parking souterrain et réservée à l'installation d'une sous-station électrique de transformation de 66 kV en 11 kV pour l'alimentation en énergie des différents projets en cours d'aménagement dans ce secteur du quartier de West Bay ;

→ Et enfin, un tunnel sous la Corniche perpendiculaire à celle-ci pour mise en communication du parking souterrain sous le parc et du parking souterrain sous le Doha Convention Centre et la future Convention Centre Tower en construction de l'autre côté de la Corniche.

Par leurs dimensions, le choix des matériaux, la sophistication des systèmes de circulation et de filtration d'eau, la mise en scène par des effets de lumière, la volonté affirmée d'interactivité avec le public visitant le parc, les pièces d'eau et les locaux techniques sous celles-ci font l'objet d'un

4- Le jardin encaissé dans l'angle Nord-Est du parc.

5- Les jardins et les bassins projetés.

6- Les bassins étagés au centre du parc.

4- The recessed garden in the north-eastern corner of the park.

5- The planned gardens and ponds.

6- The tiered ponds in the centre of the park.

cahier des charges innovant et extrêmement exigeant. À titre d'exemple le niveau d'eau dans le plus grand des bassins dont la longueur est de 250 m doit varier au gré des marées en découvrant certaines zones et éléments à différents niveaux. Ce bassin est interactif avec le public qui est invité à y accéder. Des sculptures en acier inoxydable représentatives des mammifères marins de la faune locale et ceinturées de jets sont visibles et accessibles en fonction des variations de niveau. Plus généralement sur l'ensemble du parc, les plantations, les revêtements de toutes natures, les reliefs et dénivellations prononcés entre points hauts et points bas visent à aménager des zones aux fonctionnalités diverses avec à chaque fois des prestations de très haut niveau (figures 4, 6 et 7).

Le parking souterrain est exceptionnel par ses dimensions en plan. Sa struc-



6 © PHOTOTHÈQUE ODVC



© PHOTO THÉQUE QDVC

ture se compose d'un radier général d'un mètre d'épaisseur posé à même le sol excavé, d'un voile périphérique d'épaisseur nominale 300 mm, de poteaux rectangulaires 900 mm x 600 mm à la maille de 9 m x 9 m, d'une dalle intermédiaire dans la zone où le parc de stationnement comprend deux niveaux et d'une dalle de couverture dimensionnée par les surcharges permanentes apportées par le parc, généralement de l'ordre de 4 t/m² (un mètre de remblai ordinaire sur toute la surface auquel s'ajoutent les aménagements et constructions propres au parc). Suivant en cela le parti architectural choisi, toutes les structures émergentes, qu'elles soient en périphérie du parc ou au milieu de celui-ci (rampes d'accès au parking,

7- L'aire de jeux pour les enfants.

8- La mise en œuvre de l'étanchéité sous radier et semelles.

7- The children's play area.

8- Laying the waterproofing system under the invert and foundation slabs.

débouchés des cages des escaliers et des ascenseurs, grilles de ventilation du parking) se font aussi rases et discrètes que possible pour ne pas obstruer les perspectives.

Le parking souterrain est bien évidemment largement immergé dans la nappe avec donc un soin tout particulier apporté à l'étanchéité. Le poids propre de la structure y compris le remblai général d'un mètre est suffisant pour résister à la poussée d'Archimède en toutes circonstances (figure 8).

L'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ PRÉPARÉ PAR QDVC

Lorsque, début 2008, Qatari Diar confie à QDVC la tâche de préparer l'avant-projet détaillé, le cahier des charges de la partie enterrée du projet est profondément modifié. Les autorités ont en effet pris la décision de programmer la réalisation d'un système de transport collectif en boucle dans le quartier de West Bay sous la forme d'un métro en tunnel de type VAL (Véhicule Automatique Léger) et ont choisi de localiser le futur dépôt d'entretien et de maintenance de ce métro léger sous le parking souterrain lui-même en sous-sol du parc paysager de surface.

Il est entendu que le calendrier de construction et de mise en service du « Sheraton Park Project » doit pouvoir continuer à progresser et être mené à

son terme suivant sa logique propre indépendamment du calendrier de réalisation du métro léger. Le principe retenu consiste à ce que dans le cadre du « Sheraton Park Project » une « boîte » vide soit réservée sous le parking souterrain. Le moment venu, le projet métro raccordera les extrémités de cette boîte au tunnel du métro à creuser sous la Corniche et réalisera tous les travaux nécessaires à l'intérieur de cette boîte pour la convertir en dépôt. Qatari Diar remet donc à QDVC un dossier technique de l'enveloppe des besoins qui définit la géométrie et les dimensions de la boîte, ses accès et un certain nombre de contraintes fonctionnelles. À charge pour QDVC d'insérer ce nouvel objet sous le projet d'origine en le modifiant le moins possible. Il est décidé de procéder en deux étapes :

→ Dans une première étape, QDVC, qui s'est adjoint les services d'ARUP, prépare un premier dossier du même niveau de détail que l'avant-projet sommaire de 2007 mais avec incorporation de l'enceinte du futur dépôt ; ce dossier doit permettre d'identifier les incidences et difficultés éventuelles sur les autres parties du projet afin de valider la faisabilité du nouveau projet et servir de base à la discussion pour affiner et finaliser le cahier des charges et les spécifications techniques ;



© PHOTO THÉQUE QDVC

→ Dans une seconde étape QDVC produit le dossier d'avant-projet détaillé proprement dit pour revue et approbation par Qatari Diar et l'accompagne de l'offre technique et financière de QDVC pour conception de détail et construction.

L'enceinte demandée pour ce futur dépôt a une surface totale de l'ordre de 35 000 m² soit la moitié de la surface totale du projet et une hauteur utile d'environ 8 m.

La mise au point de la nouvelle structure enterrée superposant cette boîte et les niveaux de parking est tout sauf banale. Les difficultés sont nombreuses :

→ Compte tenu des gabarits verticaux minimum demandés à l'intérieur du dépôt et des niveaux de raccordement aux futurs rameaux d'entrée et de sortie, la sous-face du radier général de la nouvelle structure est à la cote -14.00 avec des points bas locaux sous fosses à la cote -17.00 ou -18.00 soit 11 à 15 mètres plus bas que le niveau de fondation du radier du parking seul. Le seul poids propre des structures y compris le remblai général d'un mètre en surface sont désormais très loin de reprendre les sous-pressions hydros-tatiques. Le nouvel avant-projet retient des pieux de tension ancrés en tête dans le radier dont l'épaisseur doit être augmentée. Ces pieux de diamètre 900 et 1 200 mm sont de longueur 12 m.

→ Sous les 2/3 environ de la surface du dépôt le positionnement des poteaux à la maille de 9 m x 9 m à la verticale des poteaux du parking n'est pas compatible avec le schéma prévisionnel d'implantation des voies et les gabarits transversaux des zones de manœuvre et de stationnement des rames (figure 9). Il faut donc supprimer certaines files ou groupes de poteaux avec pour résultat des zones dans lesquelles la maille type de 9 m x 9 m devient 18 m x 9 m ou 18 m x 18 m avec quelques exceptions locales au droit des aiguillages du faisceau de voies où les entre-axes atteignent 20 voire 22 m. Des poutres massives doivent donc être ajoutées en sous-face du plancher entre dépôt et parking pour constituer des portiques ramenant les efforts verticaux apportés par les poteaux des niveaux de parking à l'aplomb des poteaux dans le dépôt. Les équarissages de ces poutres sont critiques car ils conditionnent le gabarit vertical effectivement disponible dans le dépôt qui est mesuré sous poutres. Cela se traduit par des poutres extrêmement ferrillées, les plus grosses

ayant une largeur de 2 m et une retombée sous dalle de 2,40 m.

→ Des trémies verticales sont nécessaires pour la ventilation, les gaines techniques, les escaliers et les ascenseurs et monte-charges de desserte du dépôt. Ces trémies qui doivent bien sûr déboucher en surface impactent le parking comme le parc.

En novembre 2008 QDVC remet à Qatari Diar le « *sketch design* » de ce nouveau projet.

Les discussions s'engagent avec Qatari Diar et l'ensemble des parties concernées par le projet. Sans attendre le résultat de ces discussions QDVC poursuit les études de conception pour préparation de l'avant-projet détaillé et préparation de l'offre technique et financière.

9- Le faisceau des voies de stationnement et d'entretien des rames dans le dépôt ferroviaire.

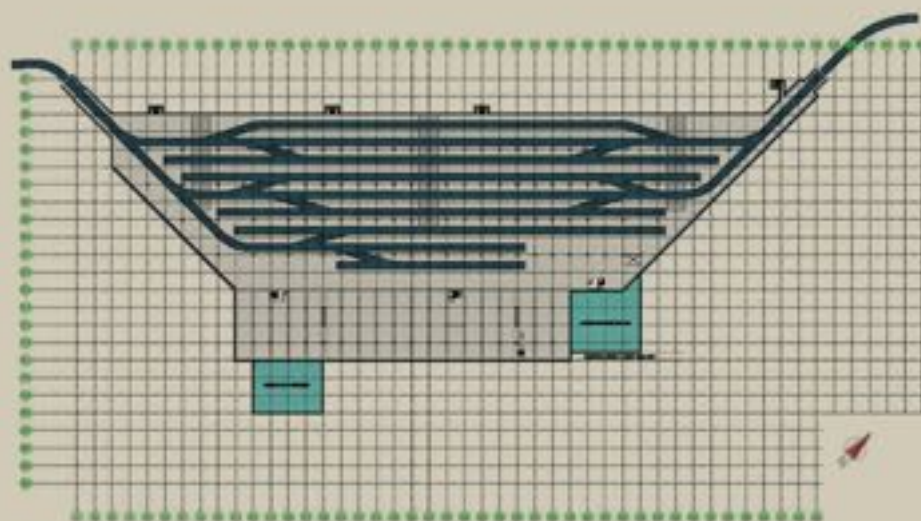
10- Vue aérienne du chantier en mars 2011 : les terrassements sont lancés.

9- The track sidings for parking and maintenance of train sets in the rail depot.

10- Aerial view of the site in March 2011: earthworks have been started.

Cette offre est remise au donneur d'ordre au printemps 2009. Il est clair que les informations mises à disposition de QDVC sont suffisantes à ce stade de l'étude mais devront être précisées et complétées lors du lancement des études de détail notamment pour ce qui concerne l'enceinte du futur dépôt et la sous-station électrique de transformation. Les discussions techniques engagées sur la base du *sketch design* se poursuivent à mesure de la production de l'avant-projet détaillé. Cet avant-projet détaillé est finalement approuvé par Qatari Diar en septembre 2009. En revanche les discussions à caractère commercial et contractuel pour négociation du contrat de conception-construction se poursuivent jusqu'à l'été 2010.

LE FAISCEAU DES VOIES DE STATIONNEMENT ET D'ENTRETIEN DES RAMES DANS LE DÉPÔT FERROVIAIRE



9



10

© PHOTO THÉRIQUE QDVC



© PHOTO THÉÂTRE QDVC

LE LANCEMENT DES TRAVAUX

L'ordre de service est finalement notifié à QDVC le 1^{er} septembre 2010 ; le délai d'exécution de l'opération est de 32 mois à compter du 21 décembre 2010.

La priorité est donnée à trois activités :

- L'installation et la mise en route du système de rabattement de nappe ;
- La construction des soutènements provisoires ;
- Le terrassement.

En pratique compte tenu des grandes dimensions en plan de la fouille et de l'effet sur la nappe du rabattement mis en œuvre sur le chantier du Doha Convention Centre de l'autre côté de la Corniche le terrassement peut commencer en parallèle des travaux de rabattement et de soutènement propres au projet (figure 10). Le volume total à excaver et à évacuer est d'un million de m³ composé pour moitié de matériaux meubles correspondant à la fouille générale sur toute l'emprise du projet pour construction du parking souter-

11- Le soutènement provisoire en pieux sécants dégage 1,50 m pour construction du voile périphérique.

12- La construction de la lierne après une première passe de terrassement devant le soutènement en pieux sécants.

11- The secant-pile temporary retaining structure has a 1.50 metre clearance for construction of the peripheral shear wall.

12- Construction of the lierne rib after a first earthworks operation before the secant-pile retaining structure.

rain et pour moitié de calcaire rocheux altéré pour la fouille en sur-profondeur de la fouille générale pour le futur dépôt ferroviaire. Les matériaux meubles sont excavés à la pelle hydraulique, le calcaire altéré requiert l'emploi de pelles hydrauliques équipées de BRH.

Les matériaux excavés sont chargés en camions pour mise en dépôt sur un site distant de 20 km mis à disposition par Qatari Diar. Les contraintes de site déjà évoquées limitent les cadences : en pratique le gros du chargement et de l'évacuation ne se fait que de nuit en raison des restrictions de circulation ; a contrario, le terrassement dans le terrain rocheux avec les BRH n'est possible que de jour pour limiter les nuisances sonores.

Le rabattement est assuré par un ensemble de pompes installées au fond de puits forés à des profondeurs de 20 à 25 m reliées à un réseau de conduites de collecte pour rejet en mer de l'eau pompée. Une première série de 20 puits est implantée juste derrière

la clôture de chantier à la périphérie du premier niveau de fouille ; une seconde série de 18 puits est forée depuis le fond de cette première fouille en rive de la fouille profonde pour le dépôt.

Pour assécher les fonds de fouille et obtenir les sur-rabattements nécessaires aux points les plus bas de la fouille du dépôt il a fallu ajouter des tranchées drainantes et quelques puits supplémentaires à la demande.

Le débit total collecté mesuré à l'entrée du bassin de décantation avant rejet en mer est de 500 à 600 m³/heure.

Le ministère de l'Environnement a imposé un suivi permanent et des critères de qualité physique, chimique et biologique très stricts pour les eaux rejetées en mer. Les eaux pompées passent donc par une unité de chloration activée en cas de pollution bactériologique, un bassin de sédimentation pour limiter la turbidité et les matières en suspension et une unité de déchloration en sortie de bassin.

Trois types de soutènement provisoire ont été mis en œuvre tout autour de la première fouille dont la profondeur varie de 7 m en point bas de la parcelle le long de la Corniche à 12 m en point haut du côté de l'hôtel Sheraton. Lorsque la distance entre le nu extérieur du voile périphérique de la structure enterrée et la clôture de chantier est de l'ordre de 10 m ou plus (soit environ 20% du linéaire développé), la fouille est ouverte avec des talus sub-verticaux (1 horizontal pour 5 vertical) revêtus de béton projeté et renforcés par des clous HA20 à mesure de la descente de l'excavation. Lorsque cette distance en rive est de 5 à 10 m (soit 70% du linéaire total) un voile de soutènement vertical à base de pieux sécants de diamètre 600 mm est réalisé depuis la plateforme initiale. Une lierne en béton armé est coulée et des tirants 4T15 sont installés après une première passe de terrassement (figures 11 et 12). Dans ces deux premiers cas une sur-largeur de fouille de 1,50 m est ménagée en pied pour pouvoir mettre en place les coffrages extérieurs du voile périphérique. Lorsque la distance entre l'ouvrage à construire et la limite d'emprise est inférieure à 5 m un voile de soutènement en console constitué de pieux armés contigus de 800 mm et liés entre eux par une poutre de tête est construit depuis la plateforme initiale. Dans ce cas un béton projeté est appliqué sur la face des pieux à mesure du terrassement formant coffrage pour la face extérieure du voile périphérique définitif à venir. ▷



13

© PHOTO THÉQUE QDVC

La seconde fouille de 35 000 m² et 11 m de profondeur pour abriter le futur dépôt en dessous du parking est excavé dans le calcaire altéré.

Les talus sont verticaux et revêtus de béton projeté parfaitement lissé qui formera coffrage perdu pour le voile de rive. Quelques clous HA20 sont réalisés en tête et dans les zones reconnues comme potentiellement instables.

LA DIFFICILE MISE AU POINT DES HYPOTHÈSES DE DESIGN

Le design détaillé pour la construction des ouvrages permanents est lancé en parallèle de ces premiers travaux.

Un certain nombre d'améliorations et d'optimisations des structures est proposé au client par QDVC. La plus importante consiste à remplacer les pieux de tension de 900 et 1 200 mm

sous le futur dépôt tel que prévu à l'avant-projet détaillé par des mini-pieux. Chaque mini-pieu est constitué d'une barre d'acier de 63 mm de diamètre et de longueur pré-scannée au coulis de ciment dans une gaine plastique annelée constituant ainsi des tirants d'ancrage passif, doublement protégés contre la corrosion par le coulis de ciment et par la gaine plastique.

13- Les deux niveaux du parking du projet d'origine en construction en rive de la fouille pour le futur dépôt.

14- Décembre 2012 : la construction des deux niveaux supplémentaires dans la fouille de l'ex-dépôt vient de commencer.

13- The two car-park levels of the original project under construction on the edge of the excavation for the future depot.

14- December 2012: construction of the two additional levels in the excavation of the ex-depot has just begun.

© PHOTO THÉQUE QDVC

14



Ces ancrages préfabriqués sont insérés dans des forages de 300 mm remplis de mortier pour scellement au terrain. Au-delà de l'argument économique, ces ancrages sont d'une mise en œuvre plus rapide et plus souple que les pieux forés classiques et surtout beaucoup mieux adaptés à la reprise des efforts de tension. Comme ce sont de petites unités, les efforts d'ancrage en tête par unité sont plus faibles et permettent la réduction de l'épaisseur du radier. En juillet 2011, suite à l'évolution des spécifications du métro léger, Qatari Diar instruit QDVC de prendre en compte de nouvelles hypothèses de conception structurelle du dépôt, plus contraignantes que les précédentes notamment en matière de durabilité et d'étanchéité. S'engage alors un processus de mise au point d'un cahier des charges révisé acceptable par tous. Celui-ci est approuvé et les études du dépôt peuvent reprendre en octobre 2011, soit plus d'un an après l'ordre de service pour démarrage des travaux. Pendant tout ce temps les terrassements se poursuivent et les premiers travaux de structure hors de l'emprise de la zone dépôt, dont le design n'a pu progresser, sont lancés (figure 13).

LE CAHIER DES CHARGES EST UNE NOUVELLE FOIS REMIS EN CAUSE

En février 2012, Qatari Diar instruit QDVC de suspendre toutes activités en rapport avec les études d'exécution et les travaux de construction de la « boîte » pour le futur dépôt car les autorités ont abandonné le projet de métro léger en souterrain dans West

Bay et retirent donc leur demande d'incorporation de cette boîte au « Sheraton Park Project » ! Le projet fait donc un bond en arrière de quatre ans en termes de conception général. Mais dans l'intervalle la fouille pour le futur dépôt est aux trois quarts excavée et la question se pose de savoir que faire de cette fouille. En mai 2012, après avoir envisagé différents scénarios, Qatari Diar prend la décision d'ajouter deux niveaux de parking supplémentaires dans la fouille déjà creusée et demande à QDVC de faire des propositions techniques dans ce sens en précisant que le reste du projet et tout

particulièrement le parc paysager en surface doivent être aussi peu affectés que possible. Une nouvelle phase d'intense réflexion s'engage. Il apparaît très vite que la conception d'une nouvelle structure pour abriter ces deux niveaux supplémentaires sans remise en cause des principes généraux appliqués aux autres structures est possible. En revanche le passage de 2000 places de stationnement réparties sur 2 niveaux à 2700 places sur 4 niveaux pose une quantité de problèmes : les schémas de circulation des véhicules et des piétons tant à l'extérieur en surface qu'à l'intérieur du parking doivent

être repensés, les rampes, escaliers et ascenseurs doivent être multipliés et redimensionnés, le concept même du système de ventilation tant en service courant qu'en cas d'incendie pour l'extraction des fumées doit être revu et les sections des gaines de ventilation et des grilles en surface notablement augmentées. En deux mois QDVC et ses consultants émettent l'avant-projet sommaire de ce nouveau parking et le traduisent en un nouvel avant-projet détaillé soumis à l'approbation de Qatari Diar. Ce nouveau projet est approuvé en octobre 2012.

ET PENDANT CE TEMPS LES TRAVAUX CONTINUENT... CONCLUSION

Il se sera donc écoulé près de 2 ans entre la mise en vigueur du contrat de construction et la date à laquelle la définition de l'objet à construire est enfin figée. Ce délai de 2 ans est à comparer au délai contractuel initial de réalisation de l'opération qui était de 32 mois. Il va sans dire que ce délai initial ne sera pas respecté. QDVC met tout en œuvre pour trouver les meilleures solutions pour limiter le décalage. Face à un cahier des charges à géométrie variable, la démarche conception-construction en partenariat étroit tel que proposée par QDVC et effectivement mise en œuvre au quotidien a démontré toutes ses possibilités. Elle a permis au projet de continuer à progresser en dépit des obstacles (figure 14) là où une démarche classique avec des contrats séparés d'études et de travaux n'aurait pas été capable de s'adapter aux rebondissements successifs. □

GÉNIE CIVIL - QUANTITÉS PRINCIPALES (*)

SURFACE AU SOL : 77 000 m²

SURFACE TOTALE DES RADIERS ET DALLES : 230 000 m²

TERRASSEMENT : 950 000 m³

SOUTÈNEMENTS PROVISOIRES : 21 000 m²

BÉTON ARMÉ : 190 000 m³

ARMATURES POUR BÉTON ARMÉ : 40 000 tonnes

MINI-PIEUX : 3 000 unités

(*) avant remplacement du dépôt ferroviaire par deux niveaux de parking

PRINCIPAUX ACTEURS

CLIENT : Qatari Diar

CONSULTANT CLIENT : Qatar Project Management (QPM)

ENTREPRISE : Qatari Diar VINCI Construction (QDVC)

ÉTUDES : Direction Technique VINCI Construction Grands Projets, ARUP

SOUS-TRAITANTS TRAVAUX : Ammico (soutènements provisoires et terrassements) - Soletanche Bachy (mini-pieux)

ABSTRACT

SHERATON PARK PROJECT – QATAR UNDER THE GARDENS, A CAR PARK

E. LAUNAY, QATARI DIAR VINCI CONSTRUCTION - F. GUINCHARD, VINCI CONSTRUCTION

Qatari Diar VINCI Construction (QDVC) is building in Doha, the capital of Qatar, a 7-hectare landscaped urban park above an underground car park with 2,700 parking spaces. The project is being carried out on a Design and Build basis in close partnership with the customer, Qatari Diar, whose technical specifications have changed considerably since the launch of the project. Originally the car park's capacity was 2,000 spaces on two levels. The authorities then decided to incorporate a rail depot for parking and maintenance of light underground rail train sets under this park. In the end, this request was withdrawn when the corresponding earthworks were practically completed. The customer then chose to increase the car park's capacity to 2,700 spaces by adding two additional parking levels in the excavation dug for the depot. QDVC adapted to this situation by simultaneously redoing the general design engineering, while producing the construction drawings and performing work scheduling so that the works could continue to progress despite this series of major, radical changes. □

SHERATON PARK PROJECT – QATAR UN PARKING BAJO LOS JARDINES

E. LAUNAY, QATARI DIAR VINCI CONSTRUCTION - F. GUINCHARD, VINCI CONSTRUCTION

Qatari Diar VINCI Construction (QDVC) realiza en Doha, capital de Qatar, un parque paisajístico urbano de 7 hectáreas sobre un parking subterráneo de 2.700 plazas. El diseño y la construcción del proyecto se realiza en estrecha colaboración con el cliente Qatari Diar cuyo pliego de condiciones ha evolucionado considerablemente desde el lanzamiento del proyecto. Originalmente, la capacidad del parking era de 2.000 plazas en dos niveles. Después, las autoridades decidieron incorporar, bajo el parking, un depósito ferroviario para el estacionamiento y el mantenimiento trenes de un metro ligero. Este último proyecto finalmente se desestimó mientras que los movimientos de tierras correspondientes ya estaban casi terminados. El cliente decidió ampliar la capacidad del parking a 2.700 plazas añadiendo dos niveles suplementarios de parking en la excavación realizada para el depósito. QDVC se adaptó a esta situación rehaciendo los proyectos de diseño general, los estudios de ejecución y la planificación de las obras para que pudieran seguir progresando a pesar de estas grandes modificaciones sucesivas. □

MIAMI TUNNELS

AUTEUR : PHILIPPE BOURDON, DIRECTEUR TECHNIQUE PORT OF MIAMI TUNNELS, BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS

BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS RÉALISE, POUR LE COMPTE DE L'ÉTAT DE FLORIDE, LA CONSTRUCTION DES DEUX PREMIERS TUNNELS ROUTIERS DE GRAND DIAMÈTRE DANS UNE ZONE BIEN CONNUE POUR LA DIFFICULTÉ DE SA GÉOLOGIE. POUR CE FAIRE, LA SOCIÉTÉ A FAIT APPEL À UN ENSEMBLE DE TECHNIQUES INNOVANTES, QUE CE SOIT POUR LES SOUTÈNEMENTS PROVISOIRES COMME POUR LES TRAITEMENTS DE TERRAIN ET LE TUNNELIER.

LE PROJET

Il aura fallu plus de 28 ans de réflexion au Département des Transports de Floride (FDOT) pour aboutir en octobre 2009, à la construction des tunnels du Port de Miami. Ces tunnels, chacun d'une longueur d'environ 1 275 m et de 11,30 m diamètre interne, permettront d'abriter chacun 2 voies de circulation, ayant pour but de désengorger la ville de Miami en opérant une liaison directe entre l'autoroute I-395 et le Port de Cargo et de Croisière de Miami (figures 2 & 3).

Ce projet comporte trois éléments principaux :

- L'élargissement du pont de MacArthur Causeway de manière à accommoder deux voies centrales supplémentaires ;
 - La construction du tunnel permettant la liaison entre les îles de Watson Island et Dodge Island ;
 - Et enfin les modifications des différents réseaux routiers des deux îles permettant l'accès au tunnel à partir de l'autoroute I-395 et du Port de Miami.
- Le contrat de type PPP (Public Private Partnership), signé entre le Département des Transports de Floride et la société concessionnaire MAT (Miami Access Tunnel), d'une durée de

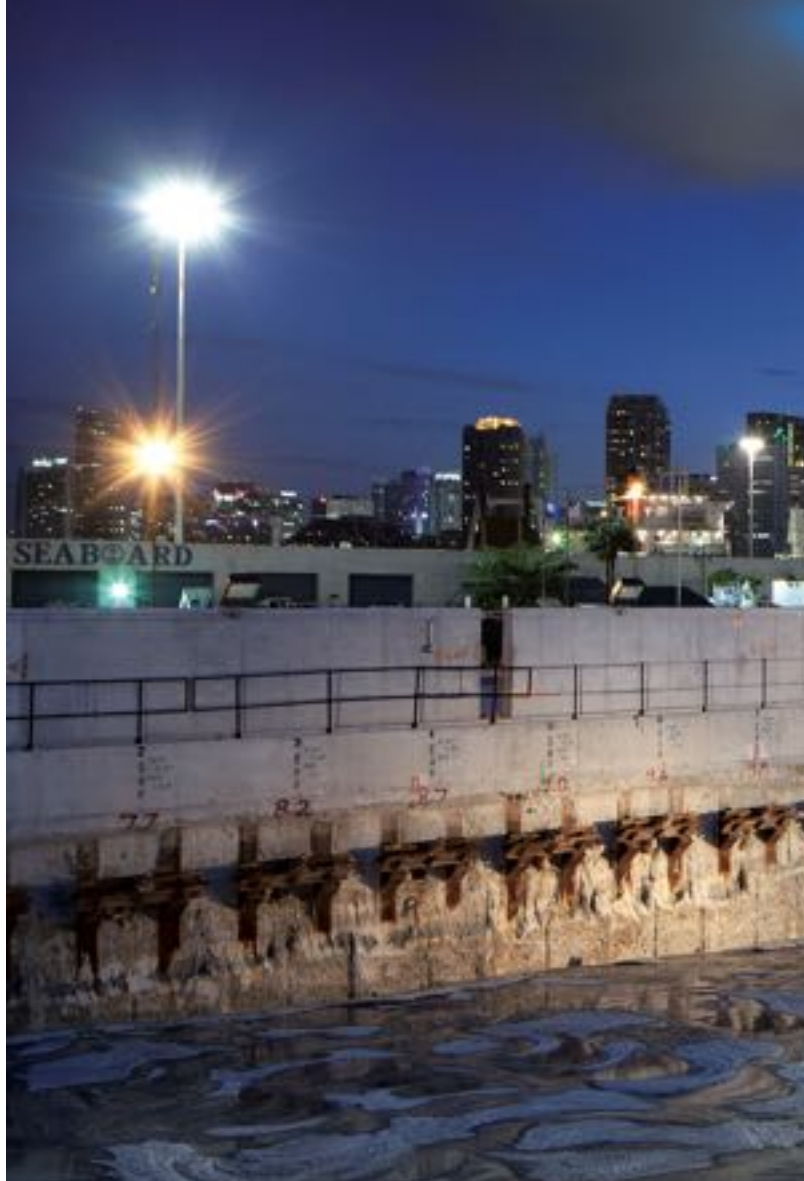
- 1- Tranchée de Watson Island.
- 2- Localisation du projet.
- 3- Plan de situation.

- 1- Watson Island trench.
- 2- Project location.
- 3- Location drawing.

35 ans, englobe la construction sur 5 ans et pour un montant de plus de 600 millions de dollars, de l'ensemble du réseau routier adjacent au tunnels, des tranchées ouvertes, des tunnels et leurs équipements respectifs, des différents bâtiments d'exploitation et enfin de 4 portes anti-inondation situées à chacune de ses entrées.

LES DÉFIS L'ENVIRONNEMENT

Bouygues Travaux Publics, mandataire du contrat travaux, a dû relever de nombreux défis, dont le premier





1 © MALCOLM DRILLING COMPANY



© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA

4

4- CSM Cutter.

4- CSM Cutter.

consistait à convaincre l'ensemble des autorités locales environnementales du bien-fondé du projet et des approches techniques permettant de limiter l'impact sur l'environnement.

En mettant en place une équipe dédiée à l'obtention de l'ensemble des permis de construction, et une approche innovante impliquant directement les autorités dans le développement du projet, ce sont plus de 40 permis environnementaux qui ont été approuvés dans un délai record, permettant notamment le début des travaux en octobre 2009 comme prévu au contrat.

LES SOUTÈNEMENTS PROVISOIRES

La réalisation des soutènements provisoires nécessaires au lancement du tunnelier et la construction des structures permanentes a représenté une première dans l'état de Floride, bien connu comme ayant des conditions de sols ne se prêtant pas à des excava-

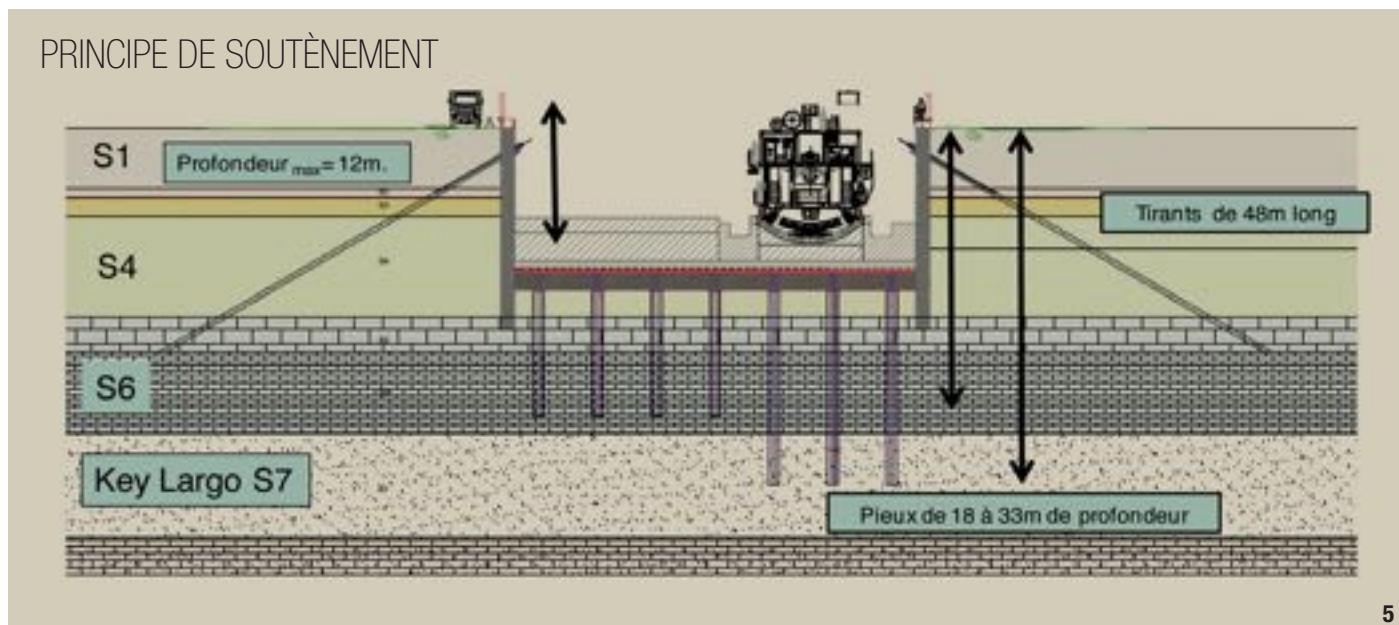
tions de grande profondeur. La nature géologique des terrains en place, principalement calcaires, mais dont la perméabilité importante (10^{-2} cm/s) ne permettait pas l'utilisation de techniques standard telles que parois moulées, a conduit l'équipe de projet à choisir la méthode de « Cutter Soil Mixing » (CSM) combinée avec la mise en œuvre de fers métalliques, assurant ainsi résistance et étanchéité durant les phases de construction.

Si cette technique avait été déjà mise en œuvre pour réaliser des parkings de faible profondeur (3 à 5 m), son utilisation à des profondeurs de plus de 13 m et dans des conditions géologiques difficiles fut une première dans l'état de Floride.

Cette méthode de soutènement est basée la réalisation de tranchée au moyen d'un Cutter, broyant les terrains en place et les mélangeant avec un mortier.

Cette combinaison de matériaux permet ainsi d'atteindre une résistance de l'ordre de 2 MPa, nécessaire à garantir l'étanchéité de la paroi (10^{-5} cm/s) sans créer de déblais ; la stabilité des parois temporaires étant alors garantie par la mise en œuvre de tirants (figures 4, 5 & 1).

PRINCIPE DE SOUTÈNEMENT



© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA

Utilisant une technique éprouvée lors du précédent chantier de Groene Hart, en Hollande, la mise en place d'un béton immergé d'environ 1,20 m d'épaisseur, suivant une pente de plus de 3%, combinée à de nombreux micropieux, a permis d'assurer la reprise des sous-pressions (tableau 1).

LES ENTRÉES EN TERRE

Compte tenu de la présence d'une couche géologique plus dure ne permettant pas l'excavation des puits de lancement par des moyens classiques, le chantier a été contraint de raccourcir très sensiblement les longueurs des zones de lancement pour éviter

5- Principe de soutènement.

6- Tunnelier Watson en cours d'installation.

7- Break-out de Dodge.

8- Shallow Soil Mixing.

5- Retaining structure schematic.

6- Watson TBM undergoing installation.

7- Break-out on Dodge Island.

8- Shallow Soil Mixing.

ces zones difficiles, conduisant ainsi à démarrer chaque tunnel sans couverture naturelle (figure 6).

La réalisation d'un remblai en béton roulé compacté, combiné à des murs en terre armée et un ensemble geogrid a alors permis de garantir, au démarrage et à l'arrivée de chaque tunnel, une couverture minimale artificielle de 3 m (figure 7).

Compte tenu des faibles couvertures sur plus de 150 m de part et d'autre des puits de lancement, un traitement de renforcement de sol a aussi été mené au moyen d'un ensemble de colonnes sécantes utilisant la technique de Shallow Soil Mixing. Cette technique, similaire à celle des CSM, mais pour de faibles profondeurs, permet de mélanger au moyen d'un batteur de grand diamètre le terrain naturel ainsi déstructuré à un mortier, pour atteindre ainsi



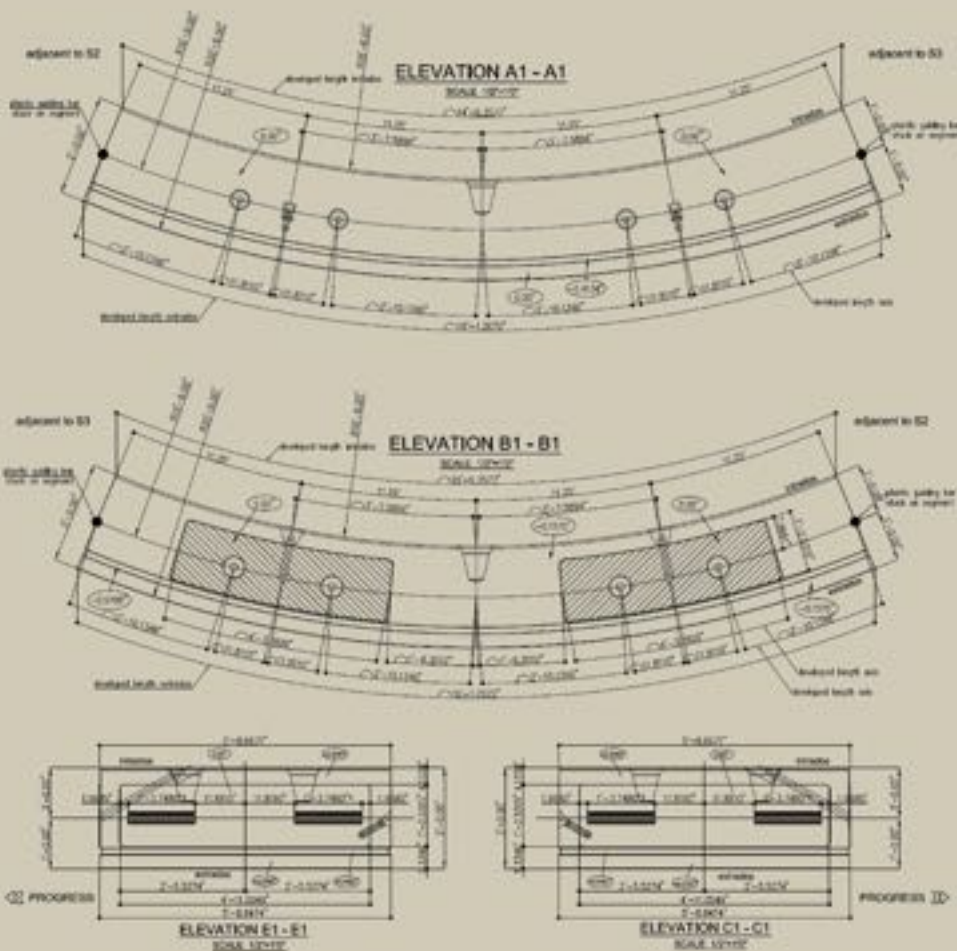
© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA



© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA

9

PLAN TYPE DE VOUSSOIR



10

SHEAR CONES



11

9- Usine de préfabrication des voussiers.
10- Plan type de voussier.
11- Shear cones.

9- Segment préfabrication plant.
10- Standard drawing of a segment.
11- Shear cones.

la résistance requise à la stabilité des anneaux et limiter de la même manière les tassements de surface (tableau 2 et figure 8).

LES VOUSSOIRS DU TUNNEL

Les voussiers du tunnel de Miami, d'une épaisseur imposée par le client de 2ft (61 cm) ont été réalisés en propre par Bouygues Travaux Publics. ▷

© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA



12



13

PHOTOS 12 & 13 © BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA



14

© DANIEL AZOULAY



15

© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA

Une usine de préfabrication a ainsi été construite de toutes pièces de manière à produire au moyen de 32 moules CEBE, 4 anneaux jour de 8 voussoirs (tableau 3 et figures 9 & 10). Pour ce faire, le chantier a dû faire face à des contraintes fortes liées au contrat et aux conditions locales, à savoir :

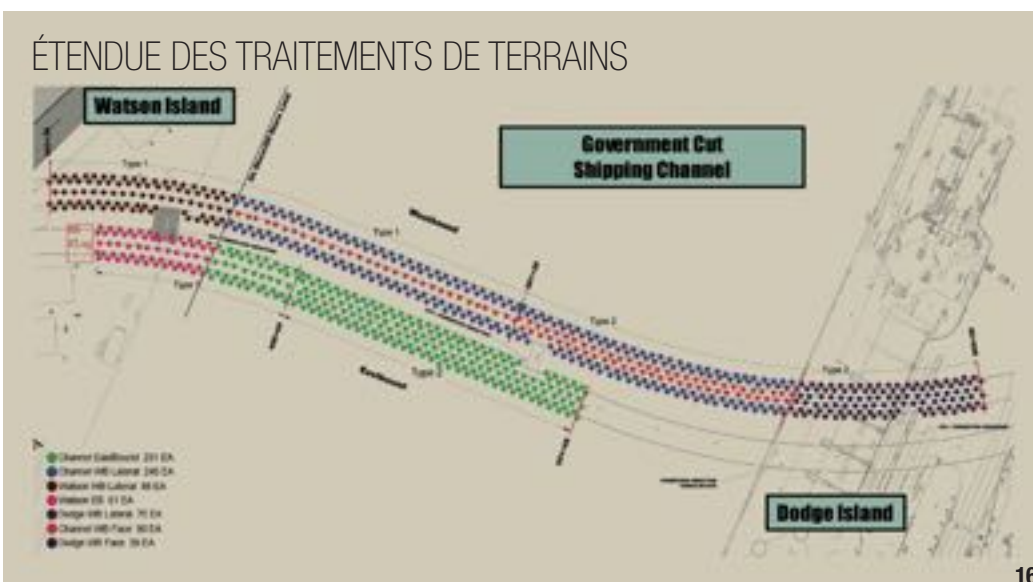
- Une forte densité d'armature (~170 kg/m³) imposée par le client ;
- Un enrobage important de plus de 7,6 cm (3 inches), requis pour assurer une durabilité de 150 ans ;
- Un béton ternaire utilisant ciment, laitier et cendres volantes ;
- Une interdiction d'utiliser des ca-

ges d'armatures pointées/soudées. En outre, de manière à répondre à la nécessité identifiée par le client de liaisonner les anneaux du tunnel en cas d'explosion, Bouygues Travaux Publics a proposé une alternative aux boulons permanents tels que définis au contrat en offrant une solution innovante utili-

- 12- Terrain en place.
- 13- Tunnelier dans le puits de Watson island.
- 14- Remorques du tunnelier dans le puits de Watson island.
- 15- Maquette du tunnelier.
- 16- Étendue des traitements de terrains.

- 12- Ground in situ.
- 13- Tunnel boring machine in the Watson Island shaft.
- 14- TBM trailers in the Watson Island shaft.
- 15- Model of the TBM.
- 16- Extent of ground treatment.

ÉTENDUE DES TRAITEMENTS DE TERRAINS



16

© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA



17



18

- 17 et 18- Traitements de terrains par barges.
- 19- OBYONE - simulateur de conditionnement de sol.
- 20- Principe du retournement de la roue de coupe.
- 21- Principe de la table tournante.
- 22- Retournement de la roue de coupe.
- 23- Vérin de retournement de la roue de coupe.

- 17 et 18- Ground treatment by barges.
- 19- OBYONE - soil conditioning simulator.
- 20- Schematic of cutting wheel overturning.
- 21- Schematic of rotary table.
- 22- Cutting wheel overturning.
- 23- Cutting wheel overturning jack.

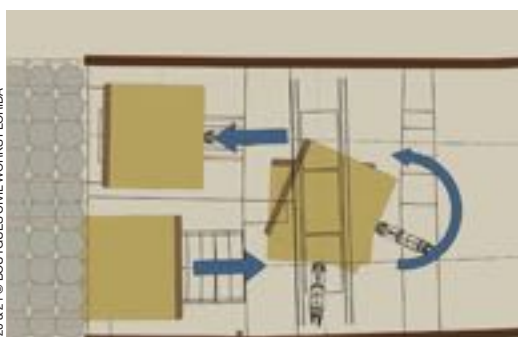


© BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA
19

sant des goujons en polyamide renforcé (EPDM), figure 11.

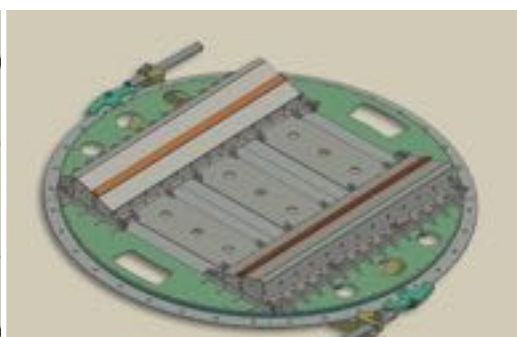
UN TUNNELIER HYBRIDE

Les couches géologiques à travers lesquelles le tunnel a été réalisé ont représenté un véritable challenge pour le chantier. Si au moment de l'offre, l'ensemble des données géologiques laissaient à penser que l'utilisation d'un tunnel à pression de terre était le plus approprié, la campagne complémentaire, de plus de 152 forages (SPT, CPT, sonic cores, géophysique, ...) ▷



PHOTOS 20 & 21 © BOUYGUES CIVIL WORKS FLORIDA

20



21



PHOTOS 22 & 23 © EMMANUEL BUSNEL

22



23



© ARQUITECTONICA

sur plus d'une année, a permis de mettre en évidence une déficience de granulométrie, dans la partie profonde du profil, combiné à une forte instabilité durant la phase d'excavation (figure 12). Cette découverte, à laquelle s'est ajoutée la confirmation des fortes

porosités naturelles (> 60 %), a nécessité la modification du tunnelier pour lui permettre d'opérer à la fois en mode à pression de terre (EPB - Earth Pressure Balance) et en mode de marinage hydraulique (WCP - Water Control Process), figures 13, 14 & 15.

24- Concept architectural du projet.

24- Project architectural concept.

TRAITEMENTS DE TERRAINS

Pour pallier la déficience de confinement dans ce dernier mode (WCP), Bouygues Travaux Publics a conduit une campagne d'injections des terrains en place de plus de 50 000 m³ le long de l'alignement de manière à assurer la stabilité de l'excavation dans les

TABLEAU 1 : PRINCIPALES QUANTITÉS DE SOUTÈNEMENTS PROVISOIRES

	Watson	Dodge
Surface de parois CSM	7 100 m ²	4 600 m ²
Tonnage de Fer	908 t	770 t
Volume de béton immergé	7 600 m ³	9 600 m ³
Nombre de micropieux	132	236

TABLEAU 2 : PRINCIPALES QUANTITÉS DE RENFORCEMENT DE SOL

	Watson	Dodge
Shallow soil mixing (SSM)	25 200 m ³	34 400 m ³
Barrettes CSM	2 400 m ²	2 300 m ²

TABLEAU 3 : PRINCIPALES DIMENSIONS DES VOUSOIRS

Épaisseur	0,61 m
Longueur moyenne	2,1 m
Type de Joint	Plat
Étanchéité	Gasket
Nombre de voussoirs par anneau	8
Nombre total de voussoirs	~ 12 100

TABLEAU 4 : LE TUNNELIER EN CHIFFRE

Type	EPB / WCP
Diamètre	13,10 m (43ft)
Longueur	125 m
Nombre de remorques	6
Marinage	Convoyeur (EPB) Hydraulique (WCP)
Durée de forage	2 x 6 mois
Volume d'excavation	340 000 m ³

TABLEAU 5 : AUTRES QUANTITÉS

Structures Permanentes	Quantités
Béton permanent des tranchées	16 000 m ³
Ferrailage	2 300 t
Étanchéité	11 100 m ²
Routes	Quantités
Déviations temporaires	13 000 m ²
Routes permanentes	63 000 m ²

zones critiques (figures 16, 17 & 18). Cette campagne s'est aussi accompagnée d'études détaillées de conditionnements des terrains (utilisation de différents polymères et mousses), en faisant notamment appel au pôle d'ingénierie des matériaux de Bouygues TP et son simulateur de confinement en mode pressurisé OBYONE. Cette dernière étude a permis de définir les combinaisons de conditionneurs les plus optimums en fonction des terrains rencontrés et principalement de leur granulométrie (figure 19).

UNE TABLE TOURNANTE POUR TUNNELIER

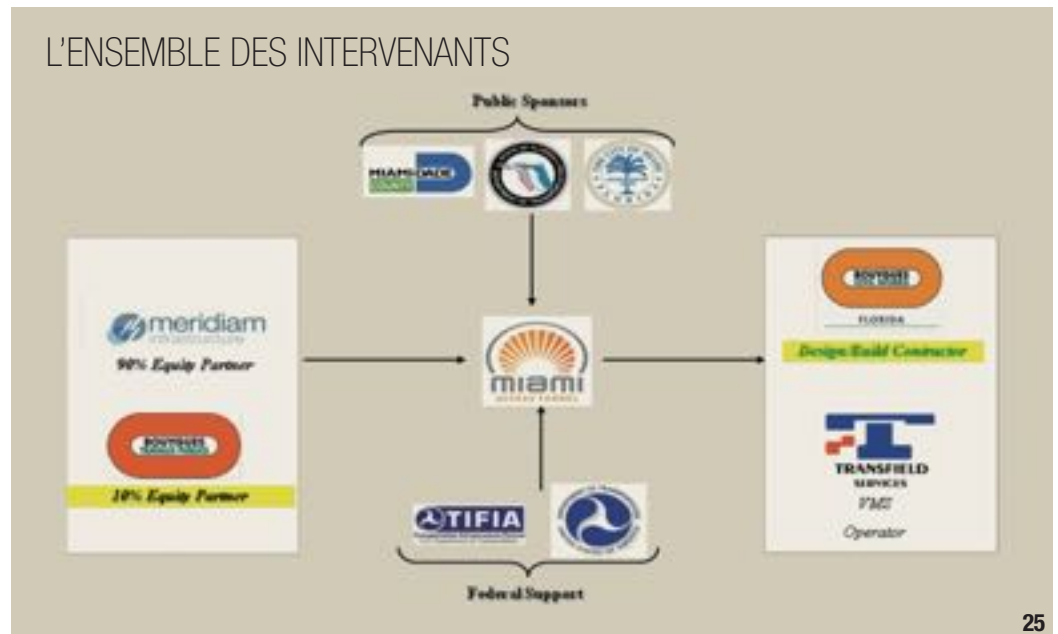
Une fois le tunnelier arrivé sur l'île du Port de Miami, plusieurs options ont été envisagées en vue de son transfert pour la réalisation du deuxième tube. De manière à limiter les perturbations dans les opérations du Port et optimiser le programme travaux, le chantier a opté pour une table tournante sur rail téflon, permettant un retournement rapide de la machine.

Les remorques ont, quant à elles, été posées sur des trains sur pneus, sorties du puits et remise en position pour l'attaque du second tube.

Ces opérations ont permis de retourner le tunnelier dans le temps record de 2 mois et demi (figures 20, 21, 22 & 23).

L'INTÉGRATION DU PROJET DANS SON ENVIRONNEMENT

L'intégration du projet dans son environnement a été le dernier challenge que le chantier a dû relever. Grâce à l'intervention du bureau d'architecture Arquitectonica, un concept original a



25- L'ensemble des intervenants.

25- All the entities involved.

pu être développé, permettant d'intégrer les tranchées, les barrières anti-inondations et les différents bâtiments dans l'environnement particulier de la ville de Miami, et cela tout en conservant la spécificité du génie civil à savoir le béton (figure 24). □

LES PRINCIPAUX PARTENAIRES

BUREAU D'ÉTUDES

TUNNEL : Bouygues travaux Publics

TRAVAUX DE SURFACE, TRANCHÉES, BÂTIMENTS ET ÉQUIPEMENTS : Jacobs Engineering

GÉOTECHNIQUE : Langan, Geotechnical Group Consulting

ENVIRONNEMENT : ES Consulting

ARCHITECTURE : Arquitectonica

CONTRÔLE EXTERNE : Jacobs Associates, EAC

MONITORING : Gall Zeider

PRINCIPAUX SOUS-TRAITANTS

TUNNELIER : Herrenknecht

SOUTÈNEMENT PROVISOIRE : Malcom Drilling

TRAITEMENT DE TERRAIN : Nicholson Construction Company

CAMPAGNE GÉOLOGIQUE : UES Universal Drilling

ABSTRACT

MIAMI TUNNELS

PHILIPPE BOURDON, BOUYGUES

The Tunnel of the Port of Miami, awarded to Miami Access Tunnel Concession Company, is an integral part of the overall improvement of the roadway network around Miami. This project will provide a direct connection between the main access route to Miami, Highway I-395, and the Port of Miami, one of the leading East Coast ports for cargo and cruise ships. Construction of the twin tunnels and related open cuts, floodgate structures, ancillary buildings, roadway systems, bridge widening and tunnel equipment has been awarded to Bouygues Civil Works Florida, a subsidiary of Bouygues Travaux Publics. This project, for the first 42ft tunnels in Florida, uses various innovative construction techniques, from CSM (Cutter Soil Mixing) for deep excavation to hybrid TBM technology (EPB and Water Control Process) and specific grouting techniques in challenging ground conditions. Construction began in October 2009, and completion is scheduled for May 2014. □

MIAMI TUNNELS

PHILIPPE BOURDON, BOUYGUES

El proyecto del Puerto de Miami, adjudicado a la sociedad concesionaria MAT (Miami Access Tunnel) forma parte de un plan global de mejora del sistema de carreteras de la ciudad de Miami. Este proyecto permitirá en el futuro un enlace directo entre la autopista I-395 y el Puerto de Miami, uno de los más importantes de la costa este de Estados Unidos. La construcción de los túneles, las zanjas abiertas, las compuertas anti-inundaciones, los edificios técnicos y de operaciones y la ampliación del puente existente de MacArthur, así como todos los equipamientos necesarios para su explotación, se han confiado a Bouygues Civil Works Florida, filial de Bouygues Travaux Publics. La obra, que realiza los primeros túneles de gran diámetro (12,80 m) en Florida, ha puesto en práctica un conjunto de técnicas innovadoras, tanto para la entibación (CSM – Cutter Soil Mixing) como para la tuneladora híbrida (EPB y desescombro hidráulico) o los tratamientos de refuerzo de los suelos. Las obras comenzaron en octubre de 2009 y finalizarán en mayo de 2014. □

RÉPERTOIRE DES FOURNISSEURS

MATERIEL DE TERRASSEMENT

Ammann France - 21 Les Petites Haies
31/33, rue de Valenton - 94046 Cretteil Cedex
Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90
Email : info.af@ammann-group.com
www.ammann-group.com

BOBCAT/BPV - B.P.3 - 27320 NONANCOURT
Numéro Indigo
0 825 08 43 81

FRANCE
PLUS DE 550 Machines et
700 Équipements en TP, PL,
Lavage et Manutention
T : 00 33 1013 23 04 00 88
F : 00 33 1013 23 68 33 80
Mail : sodineg@wanadoo.fr
DEPOTS 02 ET 74

■ CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES

BOBCAT EUROPE
J. Huysmanslaan 59 B
1651 Lot - Belgique
Tél. 00 32 2 371 68 11
Fax 00 32 2 371 69 00

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ MINI-PELLE

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ NIVELEUSE AUTOMOTRICE

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR CHENILLES

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ ÉQUIPEMENTS POUR ENGIN DE TERRASSEMENT

ONE - TP.COM
1 Place du 8 Mai 1945
60119 Neuville Bosc
Tél. 01 30 37 06 26
Fax 01 34 40 01 44

MATERIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIME ET TRAVAUX D'ABATTAGE

■ MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA
ZI du Vert Galant - 2, av. de l'Éguillette
BP 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LOADER)

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

MATERIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

PERI[®]
Coffrages et Etaisements
PERI S.A.S.
Z.I. Nord - 34/36, rue des Frères Lumière
77109 Meaux cedex
Tél. : 01 64 35 24 40 - Fax : 01 64 35 24 50
peri.sas@peri.fr
www.peri.fr

MATERIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

Ammann France - 21 Les Petites Haies
31/33, rue de Valenton - 94046 Cretteil Cedex
Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90
Email : info.af@ammann-group.com
www.ammann-group.com

2, avenue du Général de Gaulle
91170 VIRY CHATILLON
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60
www.bomag.com

WIRTGEN FRANCE
WIRTGEN
Fraiseuses sur roues et sur chenilles
Recycleurs à froid / Stabilisatrices de sol
Machines à coffrage glissant / Mineurs de surface
Outils au carbure. Betek/Sitek
VÖGELE
Finisseurs sur pneus et sur chenilles / Alimentateurs
HAMM
Rouleaux tandem vibrants
Compacteurs à pneus
Compacteurs monocylindre vibrants
KLEEMANN
Installations de concassage mobiles et fixes / cribles
Distributeur exclusif pour la France des épandeurs de liants pulvérulents
STREUMASTER série SW
WIRTGEN FRANCE
BP 31633 - 7, rue Marc Seguin
95696 Goussainville Cedex
Tél. : 01 30 18 95 95 - Fax : 01 30 18 15 49
E-mail : contact@wirtgen.fr
www.wirtgen.fr

METALLIANCE

ZI de la Saule - BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ MACHINE POUR LA STABILISATION ET LE RECYCLAGE DE CHAUSSÉES

RABAUD

Bellevue - 85110 Sainte-Cécile
Tél. : 02 51 48 51 58
Fax 02 51 40 22 97
www.rabaud.com
info@rabaud.com

MATERIEL TOPOGRAPHIQUE - LASER - GUIDAGE D'ENGIN

■ TRAVAUX SOUTERRAINS

AUSCULTATIONS Automatiques
Tél. 01 41 42 06 30
Fax 01 41 42 06 31
www.miretopo.com

■ LEVÉE BATHYMÉTRIQUE

Bureau d'Etude
Bathymétrie - Topographie
Suivi de travaux & Suivi d'Ouvrages
Tél : 06 67 79 05 16 - 06 99 48 45 27
www.bathys.fr - contact@bathys.fr

CE GUIDE RENSEIGNE SUR LES PRODUCTIONS DES FOURNISSEURS DE MATÉRIEL, ÉQUIPEMENT OU SERVICES. SI VOUS DÉSIREZ ÊTRE RÉPERTORIÉS DANS CES RUBRIQUES, ADRESSEZ-VOUS À : EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr - TARIF : 100 € HT PAR LIGNE ET PAR RUBRIQUE OU 230 € HT LE CM COLONNE POUR UNE ANNÉE DE PARUTION.

MATERIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE



metso
Concassage, broyage, criblage, manutention
Matériels et installations fixes et mobiles
Installations de recyclage
Transporteurs et accessoires
Pièces d'usure et de rechange
Produits anti-usure, blindages, capotages
Pompes
(Nordberg-Svedala-Trellex-Lindemann)
Metso Minerals (France)
41, rue de la République - 71009 Mâcon Cedex
Tél. : 03 85 39 62 00 - Fax : 03 85 38 83 49
www.metso.com

■ POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE

SOTRES

Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

■ INSTALLATIONS MOBILES DE CONCASSAGE-CRIBLAGE

GRAVEL

1 Chemin de Villers à Combault
94420 Le Plessis Trevisse
Tél. 01 45 94 59 53
Fax 01 45 94 59 83

MATERIEL FLOTTANT ET MATERIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

■ PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE

LEDUC T.P

1, rue de Folenrue
27202 VERNON cedex
Tél. 02 32 51 74 97
Fax 02 32 51 57 18

MATERIEL DE SONDRAGE, FORAGE, FONDATIONS SPECIALES ET INJECTION



G-OCTOPUS
www.g-octopus.com
Tél. : +33 01 47 32 48 30

■ DÉSABLEUR DE BOUES

SOTRES

Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

■ SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ POMPES À BOUES

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ PRESSE D'INJECTION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL SPECIAL POUR LA POSE DE CANALISATIONS



MARAI'S
Marais Contracting Services
1, rue Pierre et Marie Curie
49430 DURTAL
Tél. : 02 41 96 16 99 - Fax : 02 41 96 16 99
Email : info@samarais.com - Web : www.samarais.com

■ TRANCHEUSE

MARAI'S CONTRACTING SERVICES

1, rue Pierre et Marie Curie
ZA "Les portes d'Anjou" - BP 20
49430 DURTAL
Tél. 02 41 96 16 90
Fax 02 41 96 16 99

MATERIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS



ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION S.A.S.
Z.I. du Vert Galant - 2, avenue de l'Eguillette
S.P. 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise cedex
Atlas Copco
Tél. : 33 (0) 1 39 09 32 22
Fax : 33 (0) 1 39 09 32 49
www.atlascopco.fr



Ducrocq
Ingénierie Process
ZA Louisa 62070 MONTREUIL-LEZ
W : 03 21 99 02 60 - Fax : 03 21 99 48 10
E-mail : ducrocq.industrie@wanadoo.fr
Site Internet : www.ducrocq.ingenierie-process.com

METALLIANCE

ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ BERLINE

PATRY SA

24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

TECHNICRIBLE

Zone industrielle
81150 LAGRAVE
Tél. 05 63 81 41 57
Fax 05 63 81 41 56

■ LOCOTRACTEUR DE MANŒUVRE

PATRY SA

24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

■ MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)

METALLIANCE

ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ ENGIN DE BOULONNAGE

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ ENGIN DE FORATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL POUR TRAITEMENT DE LA TERRE



Lhoist France
Une société du Groupe Lhoist
105, Rue de l'Éclat - 77000 Paris Cedex 07
Tél. : +33 (0)1 52 45 20 00 - Fax : +33 (0)1 52 45 80 14
www.lhoist.com

BUREAU ETUDES



25 agences en France
Rincem BTP
8 agences à l'International
www.rincembtp.fr
Tél. +33 (1) 60 87 21 25
direction.technique@rincembtp.fr



CATHIE ASSOCIATES
www.cathie-associates.com
Tél. : +33 1 47 32 48 30

MATERIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE

SDMO INDUSTRIE

12 Bis, rue de la Villeneuve BP 241
29272 Brest cedex
Tél. 02 98 41 41 41
Fax 02 98 41 13 10

MATÉRIEL POUR LES TRAVAUX PUBLICS

CHOISISSEZ VOS RUBRIQUES ET SOYEZ PRÉSENT PENDANT 1 AN DANS TOUTS LES NUMÉROS DE TRAVAUX. POUR TOUT CONTACT, APPELEZ :
EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr

MATÉRIEL D'ALIMENTATION EN EAU ET D'ÉPUISEMENT

- POMPE À DIAPHRAGME
- POMPE BASSE PRESSION POUR EAUX CHARGÉES
- POMPE HAUTE PRESSION, LAVAGE, LANÇAGE
- ALIMENTATION GRANDE HAUTEUR
- POMPE POUR RABATTEMENT DE NAPPE
- POMPE SUBMERSIBLE

MATÉRIEL DE BATTAGE ET D'ARRACHAGE

- MARTEAU
- MOUTON
- VIBRATEUR DE FONÇAGE ET D'ARRACHAGE

MATÉRIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIMÉ ET TRAVAUX D'ABATTAGE

- CHARIOT DE FORAGE (WAGON DRILL)
- COMPRESSEUR À VIS SUR ROUES - INSONORISÉ
- ELECTRO-COMPRESSEUR, SEMI-FIXE - INSONORISÉ
- MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE
- PINCE ET CISAILLE DE DÉMOLITION

MATÉRIEL DE TERRASSEMENT

- CHARGEUSE SUR CHENILLES
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES
- CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LEADER)
- DÉCAPEUSE AUTOMOTRICE AVEC OU SANS AUTOCHARGEUR (MOTORSCRAPER)
- MINI-PELLE
- MOTO-BASCULEUR
- NIVELEUSE AUTOMOTRICE
- PELLE À CÂBLES SUR CHENILLES
- PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES
- PELLE SPÉCIALE AVANCEMENT AU PAS
- TOMBREAU AUTOMOTEUR À CHÂSSIS RIGIDE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ
- TRACTEUR INDUSTRIEL ET FORESTIER 4 X 4
- TRACTEUR SUR CHENILLES (BOUTEUR, BULLDOZER)
- TRACTEUR SUR PNEUMATIQUES

MATÉRIEL DE TRANSPORT ROUTIER

- CAMIONNETTE TOUTS CHEMINS 4 X 4 < 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 4 X 4 > 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 6 X 4 - 6 X 6 - 8 X 6
- REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- SEMI-REMORQUE À BENNE
- SEMI-REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 4 X 4
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 6 X 4 - 6 X 6

MATÉRIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

- ASCENSEUR MIXTE (MATÉRIAUX ET PERSONNEL)
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE FIXE
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE VARIABLE

- ELÉVATEUR HYDRAULIQUE À NACELLE
- GRUE AUTOMOTRICE SUR PNEUMATIQUES
- GRUE AUXILIAIRE DE VÉHICULE
- GRUE ROUTIÈRE
- GRUE SUR CHENILLES
- GRUE À TOUR (MONTAGE PAR ÉLÉMENTS)
- GRUE À TOUR (DÉPLIAGE AUTOMONTABLE)
- PLATE-FORME ÉLÉVATRICE

MATÉRIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

- ALIMENTATEUR DE FINISSEUR
- BALAYEUSE PORTÉE OU SEMI-PORTÉE
- BALAYEUSE RAMASSEUSE AUTOMOTRICE
- BALAYEUSE TRACTÉE
- CITERNE MOBILE DE STOCKAGE ET DE CHAUFFAGE DES LIANTS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PIEDS DAMEURS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PNEUS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR MIXTE
- COMPACTEUR STATIQUE AUTOMOTEUR TANDEM
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOBILE, MONOCYLINDRE VIBRANT - LISSE ET PIEDS DAMEURS - LIGNE MOTRICE À 2 PNEUS
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOTEUR TANDEM - 1 ET 2 CYLINDRES VIBRANTS
- COMPACTEUR VIBRANT, GUIDAGE À MAIN ET DUPLEX
- COMPACTEUR VIBRANT TRACTÉ, MONOCYLINDRE, LISSE OU PIEDS DAMEURS
- DÉPOUSSIÉREUR À TISSU FILTRANT
- DÉPOUSSIÉREUR À VOIE HUMIDE
- DOSEUR À PULVÉRULENTS
- ÉPANDEUR LATÉRAL (ÉLARGISSEUR DE ROUTE)
- FINISSEUR
- FRAISEUSE AUTOMOTRICE ET RETRAITEMENT DE CHAUSSÉES
- GRAVILLONNEUR AUTOMOTEUR
- GRAVILLONNEUR PORTÉ
- MACHINE À COULIS BITUMINEUX À FROID
- MACHINE POUR FABRICATION DE BORDURES ET CANIVEAUX
- MALAXEUR CONTINU À FROID
- MALAXEUR DISCONTINU D'ENROBAGE
- MATÉRIEL DE RÉPANDAGE ET GRAVILLONNAGE INTÉGRÉ
- PILONNEUSE
- PLAQUE VIBRANTE
- PULVÉRISATEUR MÉLANGEUR (RETRAIEMENT DE CHAUSSÉE)
- RÉPANDEUR DOSEUR DE PULVÉRULENTS
- RÉPANDEUSE DE LIANTS (ÉQUIPEMENT)
- SABLEUSE-SALEUSE
- SÉCHEUR
- TAMBOUR SÉCHEUR AVEC TAMBOUR ENROBEUR SÉPARÉ
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À CONTRE COURANT
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À FLUX PARALLÈLES
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À ENROBAGE SÉPARÉ DOUBLE TAMBOUR CONCENTRIQUE
- TRÉMIE DE STOCKAGE D'ENROBÉS
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE PRODUITS STABILISÉS
- TRÉMIE PRÉDOSEUSE À GRANULATS
- VIBREUSE SURFACEUSE DE BÉTON À COFFRAGE GLISSANT (SLIP FORM PAVER)

MATÉRIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE

- ALIMENTATEUR À MOUVEMENT ALTERNATIF
- ALIMENTATEUR À TABLIER MÉTALLIQUE
- ALIMENTATEUR VIBRANT
- BROYEUR À BARRES
- BROYEUR À PERCUSSION À AXE VERTICAL
- BROYEUR À PERCUSSION À MARTEAUX
- CONCASSEUR À MÂCHOIRES
- CONCASSEUR À PERCUSSION À BATTOIRS
- CONCASSEUR À TAMBOUR DE FRAPPE
- CONCASSEUR GIRATOIRE (PRIMAIRE, SECONDAIRE)
- CONCASSEUR GIRATOIRE (SECONDAIRE, TERTIAIRE)
- CONCASSEUR MOBILE SUR CHENILLES
- CRIBLE VIBRANT
- DÉCANTEUR ÉGOUTTEUR À AUBES
- DÉTECTEUR DE MÉTAUX
- LAVEUR DÉBOURBEUR
- MALAXEUR À TAMBOUR
- POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE
- SÉPARATEUR EXTRACTEUR MAGNÉTIQUE
- TRANSPORTEUR, CRIBLEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE-CRIBLEUSE)
- TRANSPORTEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE)

MATÉRIEL POUR LA FABRICATION, LE TRANSPORT ET LA MISE EN PLACE DES BÉTONS, MORTIERS ET ENDUITS

- AUTOBÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE PORTÉE (TRUCK MIXER)
- CENTRALE MOBILE ET SEMI-MOBILE
- COFFRAGE (BANCHE)
- DESSACHEUSE AUTOMATIQUE
- DRAGLINE
- ECHAFAUDAGE AUTO-ÉLÉVATEUR
- MACHINE À PROJETER LE BÉTON
- MALAXEUR À AXES HORIZONTAUX
- MALAXEUR À AXE VERTICAL
- POMPE À BÉTON DE CHANTIER
- POMPE À BÉTON SUR PORTEUR
- SIDE-BOOM : VOIR TRACTEUR SUR CHENILLES, POSEUR DE CANALISATIONS
- TAPIS DISTRIBUTEUR DE BÉTON
- TRANSPORTEUR À AIR COMPRIMÉ
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON SIMPLE
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON RELEVABLE

MATÉRIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

- GROUPE ÉLECTROGÈNE À MOTEUR DIESEL
- POSTE MOBILE DE LIVRAISON TYPE EXTÉRIEUR
- POSTE MOBILE DE TRANSFORMATION TYPE EXTÉRIEUR
- TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ POUR CABINE

BARAQUEMENTS

- BARAQUEMENT MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- BARAQUEMENT MOBILE DE CHANTIER

MATÉRIEL FLOTTANT ET MATÉRIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

- CHALAND MÉTALLIQUE AUTOMOTEUR
- DRAGUE À CUILLÈRE (DIPPER-DREDGE)
- DRAGUE À GODETS, STATIONNAIRE
- DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE
- DRAGUE SUCEUSE REFOULEUSE STATIONNAIRE AVEC DÉSAGRÉGATEUR
- MOTO-PROPULSEUR AMOVIBLE
- PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- PONTON DE SERVITUDE
- REMORQUEUR

MATÉRIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPÉCIALES ET INJECTION

- BENNE POUR PAROIS MOULÉES
- DÉSABLEUR POUR BOUES
- FOREUSE TARIÈRE SUR PORTEUR
- FOREUSE TARIÈRE (MONTAGE SUR GRUE)
- FOREUSE TARIÈRE POUR POSE DE POTEAUX
- POMPE À BOUES
- POMPE POUR JET-GROUTING
- PRESSE D'INJECTION
- SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

MATÉRIEL SPÉCIAL POUR LA POSE DE CANALISATION

- CINTREUSE HYDRAULIQUE
- CLAMP INTÉRIEUR AVEC AVANCE AUTOMATIQUE
- FONCEUR À PERCUSSION, FUSÉE
- FONDOIR À BRAI
- FORAGE DIRIGÉ (INSTALLATION)
- FOREUSE HORIZONTALE À TARIÈRE
- GROUPE AUTONOME DE SOUDAGE
- MANDRIN DE CINTRAGE
- REMORQUE PORTE-TOURET
- TRACTEUR SUR CHENILLES POSEUR DE CANALISATIONS (PIPETAYER - SIDE-BOOM)
- TRANCHEUSE
- TREUIL À CABESTAN

MATÉRIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS

- BERLINE
- CHARGEUSE À ACTION CONTINUE, À BRAS DE RAMASSAGE OU GODET
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES CHARGE ET ROULE, ARTICULÉE MOTEUR DIESEL
- ENGIN DE BOULONNAGE
- ENGIN DE FORATION
- ERECTEUR DE CINTRE
- FOREUSE ALÈSEUSE
- LOCOTRACTEUR DIESEL
- LOCOTRACTEUR ÉLECTRIQUE
- MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)
- MICROTUNNELIER
- ROBOT DE BÉTONNAGE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR POUR TRAVAUX SOUTERRAINS
- TRANSPORTEUR MALAXEUR
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE DÉBLAIS
- TUNNELIER
- WAGON AUTOREMPLISSEUR ENCASTRABLE

LE SUPER 700 DE VÖGELE : MINI-FINISSEUR, MAXI-PERFORMANCE !



Close to
our customers

Avec des largeurs de pose allant de 0,5 à 3,2 m, le SUPER 700 couvre un vaste champ d'applications. Compacte et maniable, il est en mesure de poser le matériau jusqu'à 5 cm des bordures latérales sur les chantiers de construction routière et d'aménagement paysager. Ce mini-finisser peut être facilement utilisé à l'intérieur de halles et de bâtiments, et permet un large choix de matériaux lors de la réalisation de l'assise, mettant en œuvre non seulement de l'enrobé, mais aussi du gravier, du sable et du matériau recyclé.



www.voegele.info



ROAD TECHNOLOGIES

Points forts de la machine

- ▶ Ecartement des chenilles 1,1 m
- ▶ Largeur de passage seulement 1,2 m
- ▶ Largeur de pose maximum 3,2 m
- ▶ Vitesse de pose jusqu'à 60 m/min
- ▶ Table extensible AB 200 V avec vibreur
- ▶ Paroi de trémie asymétrique



WIRTGEN FRANCE

Wirtgen France SAS
7, rue Marc Seguin · BP 31633 · 95696 Goussainville Cedex
Téléphone : +33 (0)1 30 18 95 95 · Téléfax : +33 (0)1 30 18 15 49
Email : contact@wirtgen.fr



Large éventail de gammes de produits PERI Pour un chantier d'exception, le Canal de Panama

PERI, le partenaire de confiance

Sur ce chantier d'exception, un seul partenaire, PERI pour l'ensemble des coffrages, de l'étalement et de l'échafaudage.

Solution globale et spécifique au projet

Notre équipe technique a répondu à travers une solution globale et une technologie toujours plus innovante en termes de produits, à l'ensemble des exigences chantier.

Large éventail de gammes PERI

Le coffrage poutrelles pour voiles VARIO ainsi que le coffrage cadre TRIO sont ici utilisés pour l'ensemble des voiles massifs de structure, associés au nouveau système de coffrage de voiles grim pant SCS (coffrage de voile grim pant 1 face).



**Coffrages
Etalements
Ingénierie**

www.peri.fr

