

TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

900^e NUMÉRO
DEPUIS 1917

INTERNATIONAL. PORT DE LOME AU TOGO : CONSTRUCTION DU 3^e POSTE A QUAI. TANGER MED 2. PORT DE POINTE-NOIRE EN AFRIQUE CENTRALE. LE PORT D'ESCALE DE CARABANE. 3^e PONT D'ABIDJAN. TDM (TUNNEL DISMANTLING MACHINE). PONT DE HALIÇ EN TURQUIE. THE NEW BUGIS STATION AND ASSOCIATED TUNNELS FOR THE SINGAPORE MRT. DEVELOPPER LES COMPETENCES DES EQUIPES LOCALES A L'INTERNATIONAL

N°900 OCTOBRE 2013



HONGKONG.
CENTRAL WAN CHAI
BYPASS.
© BACHY SOLETANICHE LTD





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
Bruno Cavagné

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
Hélène Abel (Ingérop), Jean-Bernard
Datry (Setec), Laurent Guilbaud
(Saipem), Ziad Hajar (Eiffage TP),
Florent Imbert (Razel-Bec), Claude
Le Quéré (Egis), Louis Marracci
(Bouygues TP), Stéphane Monleau
(Soletanche Bachy), Jacques
Robert (Arcadis), Claude Servant
(Eiffage TP), Philippe Vion (Systra),
Michel Morgenthaler (FNTP)

Ont collaboré à ce numéro
Rédaction
Jean-Christophe Goux-Reverchon,
Paul-Henri Guillot, Marc Montagnon,
Monique Trancart

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 : ehammaoui@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

LE GOÛT DU LARGE



© DR

Vatel s'était suicidé parce que la marée
n'était pas arrivée à temps pour le ban-
quet. Victime d'un imprévu analogue,
votre rédacteur en chef a échappé à ce
destin tragique. Pour la première fois dans l'histo-
ire de Travaux, et pour ce neuf centième numéro,
un éditorial promis n'a pas été livré. Il s'agissait
pourtant d'une signature de premier ordre et
l'affaire était, plus que jamais, « sur des rails ».

« L'international », ou encore « l'étranger » résulte
d'une vision du monde à partir de l'hexagone, qui
en serait le centre. C'est un concept flou, mélange
de géographie et de politique, puisqu'on y range
souvent les départements et territoires d'outre-
mer. La proche Belgique en fait partie tout autant
que la Chine lointaine.

De nombreux vestiges de ponts et d'aqueducs
romains, de ponts portugais et autres tours génoi-
ses témoignent de l'ancienneté de la capacité
des constructeurs à exercer leur art loin de leurs
terres d'origine, souvent à l'occasion de con-
quêtes.

Pour les Travaux Publics français, l'essor de l'ex-
portation coïncide avec l'apogée de l'empire
colonial, au début du XX^e siècle, marqué par
de magnifiques travaux d'infrastructure réalisés
notamment en Afrique du Nord et de l'Ouest :
ports, routes, ponts, barrages, chemins de fer, etc.
Aujourd'hui, dans ces pays amis, cela continue
dans un contexte dont chaque composante est
importante : francophonie, lycées français, ouver-
ture des grandes écoles françaises, accords
de coopération, financements.

Réaliser un chantier de travaux publics loin des
bases s'apparente à une opération militaire.
Il faut projeter du matériel et des hommes dans
un milieu différent, parfois hostile, assurer l'appro-
visionnement, l'entretien, la vie des expatriés,
l'embauche de personnel local, les transports,
les voyages, la sécurité, la sûreté. Il faut composer
avec les règles administratives et les usages
locaux. Parler d'autres langues.

L'audace raisonnée, les risques calculés, un goût
prononcé pour l'air du large, sont les ressorts
essentiels pour entreprendre ailleurs qu'à l'ombre
de son clocher. Avec romantisme on parle volon-
tiers d'aventure mais rien ne peut réussir sans
préparation, reconnaissances, calculs, précautions.

Un risque, qu'il soit humain, technique ou financier
peut toujours être contrôlé à condition de l'identi-
fier, de le mesurer et de prendre les dispositions
idoinnes pour que son niveau soit acceptable.

Les alpinistes, scaphandriers et autres astronau-
tes en savent quelque chose. Les entrepreneurs
également. Sur le sujet, il ne faut pas omettre de
signaler ce point très positif que, selon le vieux
principe où il est question d'œufs et de panier,
la diversification apportée par une activité inter-
nationale bien gérée diminue le risque entrepre-
neurial.

L'activité internationale d'une entreprise ne se bâtit
pas en un jour. Il faut y aller à pas prudents. Créer
un réseau, installer des bases, nouer des alliances
prend un temps qui se compte en décennies.
Se forge progressivement une véritable culture
d'entreprise.

Au point qu'on en fait un critère d'embauche :
« Notre entreprise travaille beaucoup à l'étranger.
Cela vous plaît-il ? Êtes-vous libre pour l'expatria-
tion ? Quelles langues parlez-vous ? ». Autant
s'attacher les services de jeunes qui en veulent.
On leur offre des responsabilités, une progression
de carrière et une rémunération attractives. Ils sont
nombreux à se laisser séduire. C'est passionnant.
C'est une école d'excellence. De retour au bercail
ils fécondent l'entreprise de leur expérience.
Mais certains ne souhaitent pas revenir.

Notre profession compte des acteurs exportateurs
absolument exemplaires.

MICHEL MORGENTHALER
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ ET RÉDACTEUR EN CHEF
DE LA REVUE TRAVAUX



INTERNATIONAL

CONSTRUCTION DU 3^e POSTE À QUAI DANS LE PORT DE LOMÉ AU TOGO © SOLETANCHE BACHY - SOGEA SNTOM - EMCC





04 ALBUM

09 PASSAGE DE TÉMOIN À LA PRÉSIDENTIE DE LA FNTP LE 18 SEPTEMBRE 2013

10 REVUE « TRAVAUX » N° 900, HISTOIRE D'UNE PROFESSION PAR SES RÉALISATIONS

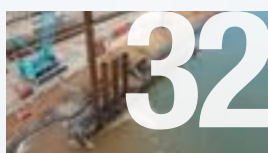
12 ACTUALITÉ



22

ENTRETIEN AVEC JEAN-PHILIPPE RENARD
COMPÉTENCES ET IMPLANTATIONS « TOUS TERRAINS » DANS LE MONDE

26 ENTREPRISE MATIÈRE : ACIER ET BÉTON, DES INNOVATIONS 100% FRANÇAISES



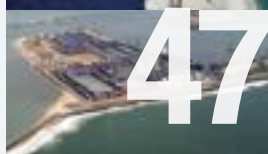
32

CONSTRUCTION DU 3^e POSTE À QUAI DANS LE PORT DE LOMÉ
au Togo



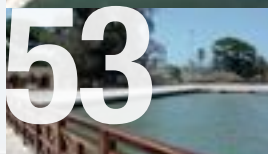
40

TANGER MED2
Travaux colossaux aux Colonnes d'Hercule



47

LE PORT DE POINTE-NOIRE
La « porte océane » de l'Afrique centrale



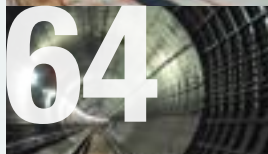
53

LE PORT D'ESCALE DE CARABANE
en Casamance



59

3^e PONT D'ABIDJAN
en Côte d'Ivoire



64

TDM (TUNNEL DISMANTLING MACHINE)
De la conception à la réalisation des travaux



71

LE PONT DE HALIÇ SUR LA CORNE D'OR
en Turquie



76

THE NEW BUGIS STATION AND ASSOCIATED TUNNELS FOR THE SINGAPORE MRT



82

DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES DES ÉQUIPES LOCALES À L'INTERNATIONAL





L'ALBUM

BUGIS STATION TOUT SAUF SIMPLE

À SINGAPOUR, les premières lignes de métro ont été ouvertes il n'y a que 25 ans. Aujourd'hui, les lignes en construction rencontrent de nombreux obstacles souterrains dont le franchissement pose des problèmes complexes auxquels s'ajoutent des contraintes environnementales de très haut niveau. La construction de Bugis Station par Bachy Soletanche Singapore est un exemple de la technicité exceptionnelle qu'il faut déployer pour résoudre ces difficultés.
(voir article page 76).



© BACHY SOLETANCHE SINGAPORE LTD



TANGER MED 2 PRÈS DES COLONNES D'HERCULE

ENTRE Tanger et Gibraltar passe 20 % du trafic maritime mondial de conteneurs. Depuis 2007 le Maroc développe près de Tanger un grand port en eau profonde. Après Tanger Med 1 et Tanger Ro-Ro, voici Tanger Med 2 dont la capacité sera de 5 millions de tonnes par an et qui sera livré en 2014, tous construits par le groupement Bouygues TP – Saipem – Bymaro.

(voir article page 40).



COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DE TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS



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



892 - LGV RHIN-RHÔNE



893 - INTERNATIONAL



894 - TRAVAUX SOUTERRAINS



895 - TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX



896 - OUVRAGES D'ART



897 - SOLS & FONDATIONS



898 - SPÉCIAL BÉTONS

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) :

- 884 x 885 x 886 x
 887 x 888 x 889 x
 890 x 891 x 892 x
 893 x 894 x 895 x
 896 x 897 x 898 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



PATRICK BERNASCONI



BRUNO CAVAGNÉ

PASSAGE DE TÉMOIN À LA PRÉSIDENTE DE LA FNTP LE 18 SEPTEMBRE 2013 BRUNO CAVAGNÉ SUCCÈDE À PATRICK BERNASCONI

BRUNO CAVAGNÉ A PRIS LE 18 SEPTEMBRE 2013 LA PRÉSIDENTE DE LA FÉDÉRATION NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS, DONT IL ÉTAIT VICE-PRÉSIDENT. IL SUCCÈDE À PATRICK BERNASCONI, QUI APRÈS PLUS DE HUIT ANS DE MANDAT, A ÉTÉ NOMMÉ, LE 8 JUILLET DERNIER, VICE-PRÉSIDENT DU MEDEF EN CHARGE DES MANDATS, DES BRANCHES ET DES TERRITOIRES. BRUNO CAVAGNÉ SOUHAITE NOTAMMENT METTRE EN PLACE DANS LES PROCHAINES SEMAINES UN GROUPE DE TRAVAIL CHARGÉ DE RÉFLÉCHIR À DES MODES DE FINANCEMENT INNOVANTS EN MATIÈRE DE PROJETS D'INFRASTRUCTURES.

Patrick Bernasconi, passe le flambeau à Bruno CAVAGNÉ, après plus de huit ans d'une présidence particulièrement dynamique.

Il laisse derrière lui une fédération profondément transformée : plus communicante, plus tournée vers l'extérieur (à l'image de son siège rénové, La Maison des Travaux Publics) et transparente dans son mode de fonctionnement. Parmi les nombreuses actions qui ont marqué sa présidence, on retiendra qu'il a lancé en 2006-2007 un plan d'action baptisé "Ambitions Travaux Publics" pour recruter, qualifier et fidéliser 10 000 jeunes par an pendant dix ans. Parallèlement au plan de relance lancé par le gouvernement, il a initié, en mars 2009, l'opération « 10 000 projets » visant à recenser les projets d'infrastructures des collectivités locales prêts à démarrer. Afin de sensibiliser les élus locaux à l'urgence de reprendre le flambeau de l'investissement et de susciter un débat national sur le sujet, il a lancé en janvier 2013 une grande campagne de communication sous la signature : « Les Travaux Publics, on n'arrête pas le futur ».

Après avoir mené campagne pour la présidence du MEDEF, il a été nommé par le conseil exécutif, le 8 juillet dernier, Vice-Président Délégué, en charge des mandats, des branches et des territoires.

Bruno Cavagné entend inscrire son action dans la continuité de son prédécesseur. Deux mots caractérisent son parcours entrepreneurial : Diversification et Délégation. Diversification pour conduire le développement du groupe Giesper qu'il préside depuis 1990. Il a conduit l'évolution du groupe édifié par son grand-père Georges GIESPER en 1932 vers la conquête de nouveaux marchés, bien au-delà de ses frontières originelles en Midi-Pyrénées. L'entreprise de BTP familiale est aujourd'hui un groupe diversifié employant 300 personnes, qui exerce son activité dans le génie civil, la canalisation, le gros œuvre, la peinture, les déchets, la promotion immobilière et l'hôtellerie.

Délégation de responsabilités. C'est la deuxième idée force de son action : « le chef d'entreprise doit être un chef d'orchestre qui délègue et fait

confiance aux équipes ». Homme d'échanges et de rencontres, Bruno Cavagné s'est impliqué de longue date dans la vie professionnelle : d'abord à Toulouse au sein de la FRTP (Président de 2008 à juin 2013) et de la CCI (président de la commission des marchés de 1997 à 2009) ; administrateur de Canaliseurs de France puis de la FNTP et du Syndicat de France. Membre des bureaux depuis 2007, également administrateur de la SMAVie et de la CNETP, il était, depuis octobre 2012, Vice-Président de la FNTP.

Très attentif à la baisse de compétitivité des entreprises de Travaux Publics, Bruno Cavagné entend placer les pouvoirs publics face à leurs responsabilités et les convaincre de la nécessité de renouer avec une démarche d'investissement tout en leur suggérant de réfléchir à des solutions de financement innovantes. De sa profession de foi de candidat à la présidence de la FNTP, on retiendra les points suivants :

D'abord le diagnostic qu'il porte sur la situation du secteur. Les entreprises de Travaux Publics traversent une situation historiquement difficile,

marquée par la conjonction d'une crise qui se prolonge et d'une mutation des acteurs économiques et de leur environnement : évolution des donneurs d'ordre, complexification du financement des projets, instabilité de l'environnement réglementaire, modification du tissu d'entreprises... Ensuite vient son projet pour la FNTP. Bruno CAVAGNÉ souhaite concentrer son action sur la compétitivité des entreprises.

Pour y parvenir, il entend intensifier les actions de lobbying de la profession vis-à-vis des donneurs d'ordre et des pouvoirs publics, et notamment de les sensibiliser aux conditions dans lesquelles les entreprises exercent leur activité.

Il souhaite également placer les Travaux Publics au cœur du débat public pour inciter les décideurs locaux à faire le choix de l'investissement, à l'image de la campagne de communication « On n'arrête pas le futur ». Un grand évènement sera organisé en ce sens, avec le concours des partenaires de la profession, au printemps 2014. Remettre le business au centre de l'action de la FNTP, tel sera le fil conducteur de son mandat. ■

TRAVAUX

REVUE « TRAVAUX » n° 900 HISTOIRE D'UNE PROFESSION PAR SES RÉALISATIONS

AUTEUR : PAUL-HENRI GUILLOT, DOCUMENTALISTE ARCHIVISTE, FNTP

SI LA RÉTROSPECTIVE EST DE LA PLUME DE PAUL-HENRI GUILLOT ET LE CHOIX DES ILLUSTRATIONS LE SIEN, LA PRÉSENTATION DE SA PERSONNE ET SA BIOGRAPHIE, DANS L'INTRODUCTION QUI SUIT SONT DE LA RÉDACTION DE TRAVAUX.

PHG, c'est son nom de code. Profession : documentaliste archiviste. C'est un personnage et nul ne contestera qu'il est bien le collaborateur le plus irremplaçable de la maison FNTP. Nous illustrerons ce coup d'encensoir amplement mérité - et, simultanément, la valeur unique de la revue Travaux - par l'anecdote suivante. Il n'y a guère, Travaux reçoit l'appel angoissé d'un ingénieur d'une grande entreprise française qui se prépare à soumissionner pour un port en Afrique. Le dossier de soumission fourni par le maître d'ouvrage indique que le n°325 de novembre 1961 de Travaux contient un article sur des travaux portuaires réalisés à l'époque sur le même site, comportant d'utiles données géotechniques et de performances de battage de pieux. Notre ingénieur aimerait beaucoup consulter cet article. La supplication est entendue et exaucée. PHG fait le nécessaire avec la diligence et l'efficacité qui font sa renommée. Ceci n'est qu'un exemple pris dans une longue liste de services rendus analogues, tous ines-



timables. Il serait bien inutile de détenir des trésors si l'on ne savait pas les conserver et les retrouver. Dans des domaines plus austères, comme la comptabilité ou le juridique, combien de temps est gagné,

combien de pleurs et de grincements de dents sont épargnés, combien de contentieux sont résolus grâce à des archives bien tenues et gérées avec dynamisme. Documentaliste, c'est un métier qui s'apprend. Un archiviste, ce n'est pas un vieux moine avec des toiles d'araignées dans les oreilles. PHG a obtenu en 1978 un Diplôme Universitaire de Technologie, option Documentation, à l'Université Paris V. Il intègre la FNTP en 1980, comme documentaliste - archiviste, chargé des questions juridiques au service Documentation Générale. En 1990, il est rattaché à la direction des Affaires Juridiques et Études Financières, en charge de la documentation et des archives. Il est

affecté depuis 2001 à la direction de la Communication, au poste de responsable de la documentation et du site archives de la FNTP et de son ancêtre le Syndicat de France.

1917

La revue Travaux, sous des titres différents, est depuis 1917 la revue technique des entreprises de Travaux Publics.

Son historique éditorial est le suivant :

→ **Avril 1917** : naissance de la revue Travaux alors intitulée Science & Industrie, du nom de son éditeur.

→ **Janvier 1933** : Travaux fait peu

neuve et change son titre pour Construction et Travaux Publics.

→ **Juin 1934** : Nouvelle édition mensuelle et changement de titre : Travaux, inchangé jusqu'à nos jours.

1941

Pendant la deuxième guerre mondiale, la Fédération Nationale a, par un accord particulier avec la société Science &

Industrie, accordé à la revue Travaux le privilège de devenir sa publication technique officielle.

Sous la signature de MM. Charles Heudelot, Eugène Chalumeau et Marcel Ferrus, des articles vont être publiés, dès 1941, dans la revue patronnée par la Fédération Nationale des Travaux publics et la Chambre Syndicale des Constructeurs en ciment armé de France.

Mais pour que la revue Travaux devienne ce que la profession souhaite qu'elle soit, c'est-à-dire la tribune technique de toute la profession des Travaux publics en France, il faut que ceux des membres des Syndicats qui exécutent des travaux remarquables les signalent au comité de rédaction de la revue et produisent les articles correspondants. Pour assurer la diffusion de la revue et développer le rayonnement de la



2



3



4



5

- 1- Paul-Henri Guilloit, documentaliste archiviste, FNTP.
 2- Avril 1917 - Numéro 1 de Science & Industrie, l'ancêtre de Travaux. La France est en guerre : la cheminée crache des obus.
 3- 1929 - Couverture du « Numéro colonial hors série » de Science & Industrie.
 4- Juin 1934 - Changement de titre : Travaux est né !
 5- Les ouvrages exceptionnels font l'objet de numéros spéciaux. Le n°809 de juin 2004 au pont de Rion-Antirion en Grèce.
 6- Avril 2007 - Travaux fête ses 90 ans !
 7- 2006 - Travaux fait sa pub ! Première page d'un encart auto-publicitaire.
 8- Mai 2009 - Travaux change de maquette, de logo et de formule à partir de ce n°861.

profession, il est demandé aux entrepreneurs et aux bureaux d'études de contracter des abonnements pour leurs collaborateurs.

1975

En mai 1975, le Bureau de la Fédération Nationale des Travaux Publics décide de reprendre seul la revue Travaux qui devient une revue d'information de très grande qualité, aussi bien sur le plan technique que sur le plan juridique, administratif, social, financier ou économique.

Depuis, 900 numéros ont présenté à leurs lecteurs près de 10 000 ouvrages construits par des entreprises françaises de travaux publics, en France et dans le monde, et décrits par leurs constructeurs eux-mêmes.

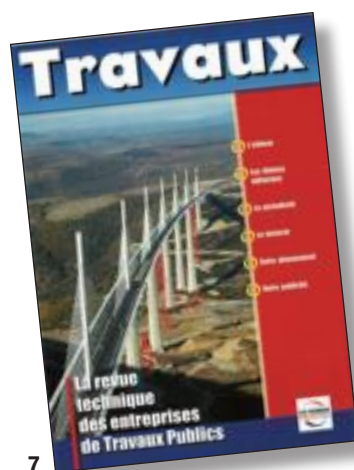
C'est dire la qualité exceptionnelle de la documentation technique ainsi rassemblée dans la collection de ses 900 numéros et de la mémoire qu'elle constitue des réalisations de nos entreprises, maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre. Chaque mois, les lecteurs de Travaux découvrent, dans des numéros à thèmes, une série de ponts, tunnels, de barrages, de routes, de terrassements, de fondations ou d'aménagements urbains. Régulièrement des numéros spéciaux sont consacrés à l'environnement, à la réhabilitation d'ouvrages et de bâtiments anciens, ou à la recherche et à l'innovation dans les entreprises. Aux ouvrages exceptionnels sont dédiés d'autres numéros spéciaux comme le pont de Rion - Antirion, le pont Vasco de Gama et le viaduc de Millau ou la LGV Est-Européenne.

La revue Travaux sait également évoluer. En mai 2009, elle change de format, de logo, de périodicité. Et de formule surtout. Travaux s'enrichit des points de vue de personnalités et de spécialistes reconnus dans toutes les disciplines du monde des Travaux Publics. Sa dimension à la fois historique et d'actualité implique sa conservation sur une durée illimitée, pour répondre aux recherches documentaires et événementielles.

M. Roland Girardot, ingénieur des Ponts et Chaussées et président honoraire de l'Entreprise Jean Lefèvre, exprimait dans un témoignage sur Travaux sa vision de l'utilité de cette publication : « **Être la revue de référence pour tous les acteurs des Travaux publics, telle a été et telle reste la mission de Travaux** ». □



6



7



8

LE MONDE DES DIGUES SE CONSOLIDE ET S'ORGANISE



Lors du colloque d'Aix-en-Provence, le Symadrem a fait visiter ses digues dans le delta du Rhône.

© SYMADREM

Le colloque Dignes maritimes et fluviales de protection contre les submersions de juin a montré que les acteurs concernés par les digues étaient mobilisés pour empêcher des catastrophes, répondre à la réglementation et développer des solutions.

Avec 335 participants, le colloque Dignes 2013 (12-14 juin, Aix-en-Provence) a réuni la grande majorité des acteurs concernés⁽¹⁾. Une première et une rareté puisque la précédente conférence technique sur ce thème remonte à 2004 et que 170 personnes y avaient assisté⁽²⁾. « La question est posée de l'éventuel rayonnement international de la "pratique française" qui se met en place, » est-il écrit dans les Leçons du colloque, en particulier en fluvial.

« Le paysage commence à se structurer sur les digues alors qu'il l'est depuis longtemps pour les barrages, observe Stéphane Bonelli, directeur de recherche à l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea), membre du comité d'organisation du colloque. Les questions scientifiques et techniques sur les digues sont très complexes. C'est un marché nouveau et en expansion. »

→ Réfléchir au "très peu probable"

Plusieurs facteurs expliquent l'intérêt actuel pour ces ouvrages hydrauliques de protection. Après plus d'un siècle calme, des événements ont rappelé à la population et à l'État qu'une rupture de digue peut toujours arriver : en 1993-1994 et 2003 sur le Rhône, en 2002 sur le Gard (11 victimes) et en février 2010, avec la tempête Xynthia sur la côte atlantique.

À partir de 1993, les acteurs des digues fluviales commencent à s'organiser. Ils sont rejoints par ceux du maritime après la tempête qui a tué 53 personnes, blessé 79, et endommagé 200 km de digues sur le littoral de Charente-Maritime et de Vendée. Entre-temps, la réglementation s'est adaptée avec le décret du 11 décembre 2007 sur les ouvrages hydrauliques et l'article L562-8-1 du code de l'environnement.

Le nouveau contexte réglementaire aide à faire comprendre que les digues ne peuvent pas rester dans l'état où elles sont (mauvais) et donne les moyens d'y remédier. Il impose les études de danger. Les textes admettent implicitement que ces ouvrages ne peuvent pas tout empêcher. Même en cas de rupture, les populations situées à l'arrière doivent être protégées.

→ Renaturation des cours d'eau

La rupture de digues lors de Xynthia est liée à une conjonction d'éléments dangereux qui était improbable. Le "très peu probable" doit donc désormais être intégré à la réflexion. « Nous sommes passés de la prévision des crues à la prévision des inondations, note Stéphane Bonelli. Nous devons assurer l'intégrité de ces ouvrages jusqu'à un certain niveau, celui de la crue de sûreté, et prévoir qu'en cas de rupture, les populations ne seront ni

les pieds dans l'eau, ni bien sûr, prises au piège par la hauteur d'eau et le débit. » Le bilan de cinq ans de réglementation a été développé au colloque d'Aix-en-Provence. Au total, cinquante interventions techniques ou non et des posters ont abordé tous les sujets actuels sur les digues.

La protection des populations résidant derrière les digues passe par des mesures comme la formation des écoliers et du public, les exercices d'évacuation, la prévention et l'étude des processus de décision.

→ Installer des déversoirs

Elle suppose aussi la mise en œuvre de dispositifs concrets comme l'ont montré les expériences belges et suisses expo-

sées au colloque : renaturation de cours d'eau, mobilisation de champs d'inondation en plus du confortement d'un ouvrage, reconstruction en retrait des digues, etc.

Les déversoirs de sécurité ou de mobilisation des zones d'expansion des crues sont un des points clés de la protection. Ils ont l'avantage de montrer au public comment l'eau passe par-dessus un ouvrage, de lui faire accepter qu'il faut s'évacuer et s'organiser pour cette éventualité. Ils favorisent les prises de décision en faveur des travaux de réparation d'une digue.

En savoir plus :

<http://digues2013.irstea.fr>

(rubriques en pied de la page d'accueil). ■

⁽¹⁾ Colloque organisé par l'Irstea et Promosciences, avec le parrainage du Comité français des barrages et réservoirs, et le soutien du ministère de l'Écologie.

⁽²⁾ Sécurité des digues fluviales et de navigation, 25-26 novembre 2004, Orléans.



Digue sur la rivière Drac gérée par l'Association départementale Isère, Drac, Romanche.

© AD ISÈRE DRAC ROMANCHE

LES GESTIONNAIRES DE DIGUES S'ASSOCIENT

2013 restera un bon cru pour le monde des digues. Outre le colloque de juin (voir ci-contre), une association de gestionnaires de digues s'est créée le 22 mai, France Dignes. C'est la suite logique d'un rapprochement antérieur autour du logiciel de gestion de digues SIRS et de l'implication du Comité français des barrages et réservoirs. Cette création répond à l'action n°342 recommandée dans le Plan de submersion rapide établi par l'État après Xynthia.

À l'origine de France Dignes : l'Association départementale Isère Drac Romanche (3 rivières), le Symadrem* (Rhône) et la Dreal** Centre. L'association attend une dizaine d'adhésions d'ici la fin de l'année et reçoit une subvention de l'État.

* Symadrem : Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer (régions Paca et Languedoc-Roussillon, conseils généraux des Bouches-du-Rhône et du Gard, 12 communes et une communauté de communes).

** Dreal : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement.

LE GRAND PARIS EXPRESS EN PHASE OPÉRATIONNELLE

Le comité de pilotage du Nouveau Grand Paris - projet de modernisation et de développement du réseau de transport en commun en Île-de-France - s'est réuni pour la première fois fin août avec Cécile Duflot, ministre de l'Égalité des territoires et Frédéric Cuvillier, ministre des transports, et les acteurs concernés. Ce comité se réunit tous les trimestres. Rappelons qu'un budget de 30 milliards d'euros doit financer, d'une part, la régénération et l'extension du réseau existant, et d'autre part, pour 26,5 milliards le Grand Paris Express (GPE), jusqu'à 2030. Le GPE comprend 205 km de nouvelles lignes en métro automatique et 72 gares. Les premiers marchés de maîtrise d'œuvre ont été attribués début septembre pour le tronçon sud de la ligne 15. Systra est le mandataire du groupement du lot Noisy-Champs/Villejuif-Louis Aragon (21 km, 7 gares) et Setec, l'est pour le lot Villejuif/Pont de Sèvres (12 km, 7 gares). Chaque groupe comprend de l'ingénierie et plusieurs architectes qui travaillent sous la conduite d'Artemis. Systra obtient aussi l'assistance à maîtrise d'ouvrage des systèmes de toutes les lignes du GPE, et Egis avec Setec-ITS, la maîtrise d'œuvre.

→ Vitesse de 65 km/h

La Fédération nationale des travaux publics s'est déclarée satisfaite du calendrier du GPE avec un démarrage des travaux prévus en 2015 pour le tronçon sud Pont de Sèvres/Noisy-Champs de la ligne 15. Les enjeux géotechniques du GPE ont été exposés au Congrès international de mécanique des sols par Mme Vincente Fluteaux, ingénieur géotechnique infrastructures à la Société du Grand Paris (SGP), maître d'ouvrage pour 166 km des nouvelles lignes du GPE et 57 gares⁽¹⁾. Le métro automatique roulera à 65 km/h (pointes à 110 km/h).

« Nous entrons dans la deuxième phase de reconnaissance du sous-sol et de ce qu'il contient, a précisé Mme Fluteaux au congrès. Nous avons besoin d'avoir une idée très précise du tracé possible afin que la maîtrise d'œuvre puisse dimensionner les structures. » La SGP a déjà mené des études préliminaires avec un sondage tous les 250 m du tracé pendant deux ans (15 millions d'euros). La phase qui démarre coûtera 20 millions d'euros.

→ Passer sous les carrières

Afin d'avoir un regard neuf et concerté sur ce sous-sol, la Société du Grand Paris s'appuie sur plusieurs recensements, sur



Une phase de reconnaissance des sols plus poussée que la première commence pour affiner le tracé du métro automatique.

© SÉBASTIEN D'HALLON/SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS

un double regard maîtrise d'ouvrage/maîtrise d'œuvre, une étude de vulnérabilité du bâtiment et un comité indépendant de maîtrise des risques.

« Il y a beaucoup de grands risques le long du réseau dont quatre principaux, » a développé Vincente Fluteaux prenant l'exemple du tronçon Pont de Sèvres/Noisy-Champs. Le risque majeur, ce sont les anciennes carrières de calcaire, de gypse et de sable. En effet, il est difficile de connaître l'état des remblais de comblement. À l'emplacement des gares, il faudra passer dessous.

Les nappes souterraines constituent le deuxième risque. Les travaux ne devront pas modifier leur écoulement. Dans tous les cas, le pompage sera évité. L'impact du chantier sur elles sera modélisé au préalable.

→ Localiser les vides karstiques

La dissolution du gypse, phénomène connu mais aléatoire, pourrait être réactivée si le régime des nappes était modifié. Les sondages devront donc localiser les

vides karstiques à traiter avant le passage du tunnelier. Enfin, la présence d'argiles gonflantes plaide pour le maintien de l'environnement hydrique tel qu'il est.

En savoir plus : www.societedugrandparis.fr ■

⁽¹⁾ La Région est maître d'ouvrage pour une quarantaine de kilomètres et 15 gares.

NORVÈGE : TUNNEL À BATEAUX

La Norvège prévoit de construire un tunnel à bateaux de 1,7 km sous une montagne. Le projet s'inscrit dans le plan national de transports 2014-2023.

Il permettra à des navires jusqu'à 16 000 tonnes (45 280 m³) d'éviter une côte mouvementée dans le Sud-Ouest du pays (source : Bulletin européen du Moniteur).

FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

La France a pris la présidence du Forum international des transports - lié à l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) - jusqu'en avril 2014 et, de ce fait, prépare le sommet 2014 sur le thème des transports dans un monde en changement. Le sommet de 2013 a traité du financement.

ÉCOTAXE POIDS LOURDS EN 2014

L'écotaxe sur la circulation des poids lourds est repoussée du 1^{er} octobre au 1^{er} janvier. L'État explique ce report par des « dysfonctionnements persistants qui doivent impérativement être corrigés avant la mise en service du dispositif » jugeant ainsi que le dispositif conçu par Écomouv' pour collecter la taxe, informer et contrôler n'est toujours pas au point.

AFFLUENCE RECORD AU CONGRÈS DE MÉCANIQUE DES SOLS

Le futur réseau de transport en commun d'Île-de-France, le Grand Paris Express (voir ci-contre), était au programme du 18^e Congrès international de mécanique des sols et de géotechnique à Paris, début septembre, édition qui a attiré une affluence record avec 2 100 inscrits.

Plus de cent pays étaient représentés. À côté de la France (437 personnes), notons une forte présence asiatique : Chine (168) sans compter Hong Kong (11) ni Taïwan (17), Japon (134) et Corée du sud (38). Les États-Unis ont envoyé 92 spécialistes et la Grande-Bretagne, 86.

MAINTENANCE ÉOLIENNE DANS UN PORT BRETON

Le port de Saint-Quay-Portrieux (Côtes-d'Armor) est le mieux placé pour accueillir la maintenance du futur parc éolien d'Ailes Marines SAS, consortium entre l'Espagnol Iberdrola et le Français Éole Res (Éole Technologie et groupe international Res).

Restait au Conseil général à donner son avis, fin septembre. Deux autres ports étaient en compétition mais celui-ci semble le plus accessible.

Le parc réunira une centaine d'éoliennes sur 8 lignes dans la Baie de Saint-Brieuc pour un total de 500 MW, soit la puissance nécessaire à l'alimentation électrique de 650 000 habitants. Il a été retenu en avril dans le cadre d'un appel à projets de l'État.

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : LOI EN PRÉPARATION

Le projet de loi de programmation énergétique du gouvernement sort cet automne. Pour l'alimenter, quinze recommandations ont été rédigées par le Conseil national du débat national sur la transition énergétique (janvier-juillet 2013). Cette loi doit aider la France à opérer sa transition énergétique d'ici à 2050, à répondre à ses engagements européens (effet de serre, maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables), et le Président de la République, à honorer sa promesse de réduire la part de l'électricité d'origine nucléaire à 50% d'ici à 2020. Le Parlement débatera du projet après les élections municipales de 2014.

Il ressort du débat sur la transition énergétique que tout le monde est pour mais que chacun veut la concrétiser à sa façon. Par exemple, il est plus facile de parler d'efficacité énergétique que d'économie d'énergie. Or, parmi les recommandations, figure la nécessaire division par deux des consommations⁽¹⁾.

→ Transition écologique

La question des emplois de la transition

écologique qui inclut la transition énergétique a été abordée lors de la deuxième conférence environnementale (20-21 septembre). Le Conseil économique, social et environnemental devait donner un avis sur son financement. Le Premier ministre avait annoncé le 9 juillet que la moitié du programme d'investissements d'avenir, soit 6 milliards, y serait consacrée. Par ailleurs, 5 milliards sont dédiés au déploiement du compteur communicant Linky.

Les compteurs communicants constituent un dispositif favorable aux économies d'électricité et de gaz. Capables d'émettre des informations à partir du poste de l'utilisateur, ils peuvent le renseigner sur sa consommation avant édition de la facture. Ils permettent de mieux insérer les énergies nouvelles renouvelables sur le réseau, d'atténuer les pointes d'appel d'électricité et de localiser plus vite les pannes.

→ Indolore pour les usagers

Après une période d'expérimentation suivie par la Commission de régulation de

l'énergie (CRE), le Premier ministre a donné son feu vert pour le déploiement à grande échelle du compteur Linky du distributeur Électricité réseau distribution France (ERDF). Trois millions de compteurs de ce type seront installés d'ici à 2016, et 35 millions d'ici à 2020. L'investissement s'élève à 5 milliards d'euros sans répercussion sur les usagers.

La CRE a également approuvé la pose à grande échelle du compteur Gazpar de Gaz réseau distribution France (GRDF). Son déploiement passe par une opération pilote d'un an avec 150 000 unités. Puis le changement de 11 millions de compteurs GRDF aura lieu de 2016 à 2022 et coûtera 1 milliard d'euros. Le Gazpar communique par ondes radio. Le surcoût pour l'utilisateur devrait être compensé par les économies de gaz.

Nous parlerons de la transition énergétique dans les transports ainsi que de la contribution des énergies marines à cette transition dans un prochain numéro. ■

⁽¹⁾ Cf. Le Monde, 19 juillet 2013, page 6.

DALKIA EN SLOVAQUIE

Dalkia a obtenu le renouvellement pour vingt ans du contrat de gestion d'installations de production-distribution de chaleur à Bratislava (Slovaquie), c'est-à-dire jusqu'en 2039. La filiale d'EDF et de Veolia Environnement est présente dans le pays depuis 1993 et y emploie plus de 800 personnes.



DESIGN : EMMANUEL CAIRO © GRDF

Les compteurs communicants incitent le grand public à consommer moins d'énergie, un des buts de la transition énergétique. À gauche, le Gazpar (GRDF). À droite, le Linky (ERDF).



© MÉDIATHÈQUE ERDF-ALDO SPERBER

3^e PROMOTION INTERNATIONALE EN MASTER TUNNELS



© AFTES

Promotion 2011-2012 des élèves ingénieurs en master tunnels et ouvrages souterrains.

La 3^e promotion du master "Tunnels et Ouvrages souterrains : de la conception à l'exploitation" commence l'année (octobre-juillet).

Les quinze étudiants d'Algérie, Côte d'Ivoire, Espagne, Liban, Maroc, Mexique et France, ont déjà cinq années d'études après le bac derrière eux.

Cette formation de spécialistes en ouvrages et aménagements souterrains destinés à des postes à responsabilité est organisée par l'Institut national des

sciences appliquées de Lyon et l'École nationale des travaux publics de l'État en association avec l'Association française des tunnels et de l'espace souterrain, et le Centre d'études des tunnels.

Les deux premières promotions (2011-2012 et 2012-2013) étaient encore plus internationales avec des étudiants venus de Grèce, Algérie, Argentine, Azerbaïdjan, Cambodge, Chili, Chine, Colombie, Honduras, Italie, Mexique, Pérou, Russie, Turquie, Uruguay, Vietnam. ■

CITÉ MUSICALE EN PARTENARIAT PUBLIC PRIVÉ



© SHIGERU BAN ARCHITECTS EUROPE - JEAN DE GASTINES ARCHITECTES

L'auditorium avec sa grand-voile signale la Cité musicale.

L'île Seguin à Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine) va abriter une cité musicale avec salles de concert, lieux d'enseignement, studios d'enregistrement, et des commerces. Les travaux commencent en mars 2014. L'ouverture s'échelonne de mars 2016 à avril 2017. Coût de la construction : 170 millions d'euros. Le projet est réalisé en partenariat public privé entre le Conseil général des Hauts-de-Seine et un groupement avec Bouygues Bâtiment Île-de-France, mandataire, et les architectes Jean de Gastines et Shigeru Ban. Le contrat de trente ans dont trois de travaux, porte sur la concep-

tion, la construction, le financement, la maintenance et l'exploitation. Dans le groupement, TF1 prend la direction artistique et Sodexo se charge de la pérennité et de l'entretien de l'ouvrage, ainsi que des services. L'actionnaire principal est le fonds d'investissement OFI Infravia. La Cité musicale de 36 500 m² est reconnaissable à son dôme en résille de bois et sa voile de 30 m de haut. Cette grand-voile porte 1 000 m² de capteurs solaires photovoltaïques et bouge pour suivre le rayonnement solaire. Ce dôme signale de l'extérieur « l'auditorium, élément iconique du projet, » précise Jean

de Gastines. Sa structure en bois qui porte une façade en verre enferme la coquille de l'auditorium de 1 100 places, bâtiment hermétique et aveugle en béton. Entre les deux, les foyers où les auditeurs de concerts pourront déambuler avec une vue sur l'extérieur.

→ Jardin sur salle de concert

La grande salle de concert, pour toutes musiques (4 000-6 000 places), n'apparaît pas de l'extérieur. Elle est recouverte d'un espace vert accessible au public et placé dans l'axe de la coulée verte du plan directeur de l'île par l'architecte Jean Nouvel. ■

VINCI À MOSCOU ET AU QATAR

Vinci Construction Grands Projets a signé avec MC Dynamo (VTB Bank) le contrat de reconstruction du stade Dynamo (1928) à Moscou. Le projet inclut un stade de 27 000 places (plus petit que le précédent), un centre commercial de 30 000 m², un cinéma multiplex et un parking souterrain de 730 places. Les travaux commencent cet automne pour se terminer en 2017. Au Qatar, la même filiale de Vinci pilote le groupement qui va construire le lot sud de la ligne rouge du métro de Doha, la capitale.

Le contrat signé en juin avec Qatar Rail se monte à 1,5 milliard d'euros pour la conception et la construction d'une ligne bitube de près de 14 km avec 6 stations souterraines, 51 connections entre les 2 tubes et 3 puits d'évacuation d'urgence. La ligne longe la côte, ce qui exige de bien maîtriser les venues d'eau pendant le creusement par cinq tunneliers à pression de terre de plus de 7 m de diamètre. Les déblais seront évacués par 8 km de tapis convoyeurs afin de ne pas encombrer avec des camions une circulation déjà très dense.

UN MÉTRO AUTOMATIQUE EN ARABIE SAOUDITE

Alstom va fournir un métro automatique à Riyad (Arabie Saoudite). L'entreprise française est membre du consortium Fast choisi en juillet par l'Autorité de

développement de la ville avec FCC, Freyssinet Arabie Saoudite, Samsung, Strukton, Setec et Tyspa. La signature devait avoir lieu au début de cet automne.

Ce métro automatique représente 6 milliards d'euros d'investissement dont 1,2 pour Alstom. Il équipera trois des six nouvelles lignes de métro construites en même temps pour un total de 170 km et 87 stations. Mise en service en 2018.

Le constructeur français livre sa dernière version de matériel roulant ainsi que les sous-systèmes nécessaires à son fonctionnement, soit 69 rames Métropolis, la signalisation Urbalis, le système Hesop de récupération et injection dans le réseau de l'énergie de freinage et la pose rapide des voies Appitack.

→ Trois classes

Chaque rame de 36 m de long par 2,71 m de large comporte deux voitures et trois niveaux de confort : une première classe, une classe famille et une pour les voyageurs individuels. ■



© ALSTOM

Futur métro automatique de Riyad (Arabie Saoudite).

NOUVELLES RAMES TGV À ÉTAGE

En France, la SNCF a commandé à Alstom 40 nouvelles rames de TGV à étage, complément d'une première tranche de 55 en cours de livraison. Ces rames Euroduplex accueilleront jusqu'à 560 personnes, soit 10% de plus que la version actuelle. Elles remplaceront de 2015 à 2019 les TGV des années 1980.

CÂBLE SOUS-MARIN IRLANDE-FRANCE

Les énergies nouvelles renouvelables, parce qu'elles produisent de l'électricité par intermittence, poussent les pays à s'interconnecter. Ainsi, l'Irlande va-t-elle être reliée à la France pour intégrer son énergie éolienne au réseau européen. En juin, elle a signé un protocole avec Réseau de transport d'électricité (RTE) pour étudier la faisabilité d'un câble sous-marin reliant le sud du pays au Nord-Ouest de la France. L'intérêt économique étant prouvé, il faut maintenant analyser les fonds marins pour savoir où déposer les 600 km de câble par lesquels transiteront jusqu'à 700 MW.

EIFFAGE AU TOGO

Eiffage International va réaliser des terre-pleins dans le terminal à conteneurs du port de Lomé (Togo) en cours de modernisation. Les travaux d'agrandissement sont confiés à Togo Terminal, filiale de Bolloré Africa Logistics, mandataire du groupement où figurent, outre Eiffage International, RMT Clemessy, autre filiale d'Eiffage, et GER, entreprise togolaise de BTP. Les travaux de VRD, génie civil, distribution électrique et bâtiments s'élèvent à 26 millions d'euros.

ETF RÉHABILITE AU VIETNAM

ETF (Eurovia) réhabilite en vingt-quatre mois 35 km de la voie ferrée métrique entre Hanoï (capitale du Vietnam) et Lao Cai, près de la frontière chinoise. Le contrat avec Vietnam National Railways comprend aussi la rénovation de trois gares et la construction d'un pont.

TOUR DE LOGEMENTS À BILAN ÉNERGÉTIQUE ÉQUILIBRÉ



© AGENCE X-TU

La conception bioclimatique de la tour Danube réduit les besoins de chaleur et de froid des habitants.

La tour Elithis de Dijon (Côte-d'Or), 33 m de haut, va avoir une petite sœur plus grande qu'elle en 2015⁽¹⁾. Parce qu'elle a été un laboratoire d'efficacité énergétique pour le groupe du même nom qui y avait installé ses bureaux en 2009, elle a inspiré la tour Danube du futur écoquartier des Deux-rives à Strasbourg (Bas-Rhin). Cette dernière de 50 m de haut, dont le permis de construire sera déposé d'ici à fin 2013, devrait consommer 97 kWh/m²/an d'énergie primaire. Son architecture bioclimatique limite les besoins en chaud et en froid. « Notre but est de donner aux habitants les moyens

d'effacer leur facture énergétique, » explique Thierry Bièvre, PDG du groupe Elithis. Le bâtiment abritera 66 logements de qualité et 600 m² de commerce. Ceci au prix d'un bâtiment répondant à la réglementation thermique en vigueur. Entre 800 et 900 m² de capteurs solaires photovoltaïques fourniront une bonne partie de l'électricité nécessaire au site. Le reste des énergies n'était pas encore choisi en septembre.

Elithis est maître d'ouvrage. Il achète le terrain sur lequel est construite la tour. Les logements seront vendus à des investisseurs qui les loueront. L'agence

d'architecture, X-TU, a été sélectionnée en juillet. La tour prend l'allure d'une vigie au bord du Bassin Dusuzeau des anciens docks de Strasbourg. Ses façades sont orientées pour profiter du soleil au sud sans en souffrir (verre polarisant), limiter l'orientation au nord (façade à pans coupés) et agencées pour laisser filer les vents d'hiver. Les logements sont à double orientation de façon à favoriser une ventilation transversale. Sous la toiture solaire au dernier étage, un espace commun servira de réception, jardin et atelier de bricolage.

→ Décloisonnement des métiers

Afin que la qualité de la tour Danube soit conforme aux attentes, les acteurs de l'opération devront suivre une formation spécifique qui encourage le décloisonnement des métiers. Le suivi des consommations énergétiques sera transmis aux occupants afin qu'ils adaptent leur comportement, aux concepteurs pour acquérir des connaissances et éventuellement conseiller habitants et exploitants. Ces derniers ont également accès aux données afin de réagir plus vite aux anomalies et d'anticiper la maintenance. L'Écocité des Deux-rives comprendra d'autres bâtiments efficaces en énergie : un îlot à énergies produites localement (maîtrise d'ouvrage non encore définie) et un îlot alimenté en chaleur par sondes géothermiques implantées dans les pieux du bâti (Électricité de Strasbourg). ■

⁽¹⁾ Voir Travaux n°870, mars-avril 2010, page 14.

800 MACHINES JCB À LOUER EN GRANDE-BRETAGNE

JCB fournit 800 machines au loueur britannique A-Plant, spécialisé dans les outils et matériels pour l'industrie et le bâtiment. JCB Greensields, concessionnaire anglais de la marque, va recevoir des minipelles JCB 8016 et 8018, et des télescopiques équipés du moteur Écomax.

L'Écomax, fabriqué par JCB, n'a pas besoin de filtre à particules ni de traitement à l'échappement. Il revient moins cher en maintenance. Il consomme 7% de carburant en moins que des modèles concurrents, selon l'industriel. Il équipe également deux nouvelles chargeuses sur pneumatiques compactes, les 411 et 417. Le constructeur sort d'autres nouveautés.

Il a mis au point avec Kocurek une pelle de démolition à grande portée, la JS360 XD HRD, qui peut être associée à une flèche de démolition à trois éléments de 21 m ou à une flèche de terrassement pour des travaux à un niveau inférieur.

→ Moteur 6 cylindres

Le constructeur a investi 45 millions de livres (53 millions d'euros) dans un moteur six cylindres qui sortira d'ici la fin de l'année de l'usine britannique du Derbyshire. Le Dieselmex 672 s'inspire du 472. Plus puissant, il équipera d'abord les pelles sur chenilles JCB JS360 sur les marchés russes, brésiliens et chinois. Son rendement énergétique serait de 8% supérieur à celui de la gamme JS. ■



Pelle de démolition à grande portée.

© JCB

PARKING SOUTERRAIN EN COLIMAÇON



Le parking souterrain occupe toute la parcelle laissant peu de place aux entreprises pour évoluer.

Le parking en construction à Orléans (Loiret) est en forme de vis sans fin. L'impression d'espace est renforcée par le petit nombre de poteaux : neuf par niveau de 1500 m². Une voie centrale à 3% de pente distribue des places de stationnement de chaque côté presque en continu sur 5 étages. Fin 2013, 250 places desserviront ce quartier de plus en plus commercial. En surface, la place du Cheval rouge est rendue aux piétons.

« La ville voulait un parking très confortable et que les usagers se sentent à l'aise dedans, développe Olivier Guinot, directeur du stationnement d'Orléans Gestion, société d'économie mixte concessionnaire du site depuis 2010 pour trente-deux ans. Le projet est coïncé dans un périmètre de 40 m par 48 avec

la Loire à 90 cm en dessous du cinquième niveau de stationnement. » Une fois les réseaux déviés début 2012, les travaux commencent en mars, sont interrompus cinq mois pour laisser place à 15 archéologues, puis reprennent. En tout, ils prendront seize mois.

Les contraintes de lieu et de délais ont amené les entreprises à innover. Spie Batignolles Ouest, Spie Fondations et l'entreprise locale Perrin ont travaillé au sein d'un groupement. L'ouvrage a été conçu par Thierry Sabin, architecte, assisté pour l'exécution du cabinet d'architecture de Vannoise. Le parking sans ses aménagements en surface coûte 7 millions d'euros HT.

→ Parois moscovites

Le futur parking est creusé sur 16 m de haut sans aucun dégagement pour les

entreprises. L'occupation de la rue pour les livraisons est limitée. Un "homme trafic" y veille ainsi qu'à la bonne rotation des 12 camions qui sortent les déblais au rythme de 400 m³/jour sur trois mois, au nettoyage des roues et à tous les incidents liés à cette circulation.

Des parois moscovites, faisant office de soutènement discontinu, viennent compenser la décompression des terrains alentours. Tout d'abord, 70 pieux de 20 m de haut et 90 cm de diamètre sont coulés après forage et descente de leur armature, tous les 2,50 m sur le pourtour de la parcelle.

Puis le terrain est découvert par couches de 2 m d'épaisseur. Après quoi le béton des pieux est "râclé" pour dégager des doigts sur lesquels viennent s'accrocher les plaques de ferrailage des parois réalisées en béton projeté. Par sécurité, des butons viennent compléter le dispositif. Ils sont placés dans les angles de la fouille en plusieurs lits au fur et à mesure du creusement.

→ 9 300 caissons en plastique

Dans ce parking à l'intérieur bien dégagé, il n'était pas question d'avoir des poutres en plafond. Et il était très délicat de manipuler des planchers alvéolaires de 16 m d'un bloc au milieu des butons.

Spie Batignolles a proposé une solution offrant une surface lisse. Il s'agit d'un plancher de 62 cm d'épaisseur composé de deux dalles de 11 cm prenant en sandwich un lit de caissons creux en plastique (50 x 50 cm sur 40 cm de haut) disposés dans les mailles d'une armature, celle-ci étant ensuite remplie de béton. L'ensemble a demandé des calculs spécifiques. Les 9 300 caissons sont venus d'Italie. ■

ÉTANCHÉITÉ À BASE DE COLZA

La membrane d'étanchéité Mammouth Neo a obtenu un pass'innovation (n°2012-202) du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) de niveau vert (risque lié à son emploi très limité). Ainsi, peut-elle être utilisée jusqu'au 26 juin 2014 en attendant l'avis technique, procédure plus longue à obtenir. C'est l'aboutissement de dix ans de recherche et développement chez Soprema. Cette membrane bitumineuse à base de polyuréthane thermoplastique (TPU), bicouche, autoadhésive, est destinée à l'étanchéité de toits terrasses non accessibles à pente de 20 % maximum, en neuf ou en rénovation, et en climat de plaine.

Constituée de matières premières issues à 75 % d'huile de colza européenne, elle consomme moins d'énergie fossile qu'un produit classique lors de sa fabrication. Elle dure deux fois plus longtemps grâce à sa résistance au déchirement, à l'allongement et aux rayons ultraviolets, selon les essais du fabricant.



Le procédé a obtenu un pass'innovation du CSTB.

OUVRAGE INONDABLE

Les concepteurs du parking de la place du Cheval rouge à Orléans (voir ci-contre) ont opté pour un ouvrage inondable. Bien qu'implanté à 90 cm au-dessus des plus hautes eaux de la Loire, il peut être envahi par des crues exceptionnelles. Au lieu de réaliser une cuve étanche dont les parois auraient dû être ancrées afin de résister à la pression des eaux, l'eau pénètre au 5^e sous-sol par des événements. La réouverture aux usagers intervient après décrue naturelle du fleuve.

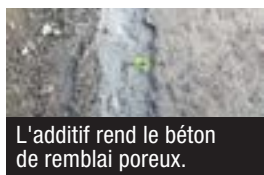
Le site était un marécage traversé par une rivière avant d'être habité à partir des VIII^e et IX^e siècles, selon les archéologues. Les fouilles récentes ont mis au jour un ancien cimetière probablement accolé à un édifice religieux, peut-être antérieur à l'église Saint-Paul, elle-même partiellement démolie dans les années 1950. Le quartier de la place du Cheval rouge a été reconstruit après la Seconde guerre mondiale.



Les dalles entre deux niveaux de parking contiennent des caissons de plastique pleins d'air.

BÉTON RÉ-EXCAVABLE

Le Cimfill Hydro s'ajoute au béton de remblai pour le rendre ré-excavable. À raison d'une dose hydrosoluble de 100 g par mètre de cube de béton introduite dans le camion toupie, l'additif assure un entraînement d'air de 20-30%. Le béton reste suffisamment résistant tout en étant poreux et peut être cassé facilement en cas d'intervention dans le sol. Il ne provoque ni ségrégation ni ressuage.



L'additif rend le béton de remblai poreux.

BUS ÉLECTRIFIÉS PAR INDUCTION

Alimenter des bus électriques par électromagnétisme, c'est l'idée que va tester l'Institut supérieur de Corée pour la science et la technologie (Kaist), en Corée du Sud, sur 24 km d'ici à la fin de l'année. Des câbles électriques enfouis ponctuellement à quelques centimètres sous la route sur le trajet du bus communiquent l'électricité au plancher du véhicule par induction. Cette énergie propulse le bus et va se stocker dans la batterie qui, grâce à ce système baptisé Online electric vehicle (Olev), peut être cinq fois plus petite. Cet essai à grande échelle doit aider à en réduire le coût. (Source : AFP).



Implantation dans une rue piétonne de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique).

RÉHABILITER LES PIEUX BOIS EN FONDATION



© SUD FONDATIONS

Passerelle au Teich (Gironde) : à noter les pieux bois de couleur orange qui descendent à plus de 4 m.

Le dimensionnement de pieux bois en fondations est le thème de la thèse d'un doctorant de l'École nationale des ponts et chaussées, présentée en septembre. C'est un volet du projet Pieux bois piloté par l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar, ex-Laboratoire central des ponts et chaussées, LCPC). Le projet qui entend « redonner ses lettres de noblesse à cette technique » est retenu en 2010 par le

ministère de l'Écologie dans le cadre de l'appel à projets Concevoir et construire pour le développement durable avec 350 000 euros sur trois ans⁽¹⁾.

→ Bois résistants

Une fois démarré, il est rejoint par un autre en région Aquitaine autour de Sud Fondations⁽²⁾, en 2011. Les deux se complètent.

Aux chercheurs, le dimensionnement et la durabilité du bois en fondation, à l'entreprise, les dispositifs de construction et

la mise en œuvre. Les travaux des deux groupes arrivent à terme.

En France, la technique ayant été abandonnée, les méthodes officielles de dimensionnement font défaut. Le calcul de ces fondations est géré par l'euro-code 5 structures bois et le 7, géotechnique. Le premier n'aborde que le bois à l'air libre. « Il fallait recréer la connaissance technique, acquérir des données et s'insérer dans la doctrine existante, développe Philippe Reiffsteck, alors directeur de recherche au LCPC, aujourd'hui chez Terrasol. Notre problématique se situe sur la zone de marnage, là où l'eau monte et descend, où le bois est agressé par le soleil, les champignons et algues, et la faune. » Dans cette zone, les concepteurs peuvent prévoir une essence résistante comme le robinier et l'aboutir à d'autres moins résistantes qui restent sous l'eau, ou protéger le bois.

→ Épaisseur sacrificielle

La capacité portante des pieux en bois doit prendre en compte l'épaisseur sacrificielle, c'est-à-dire la perte d'efficacité éventuelle dans la zone de marnage pendant la durée de vie de l'ouvrage. Le laboratoire du bois de l'École nationale supérieure des technologies et industries du bois (Épinal, Vosges) soumet différentes essences de bois aux conditions de cette zone et observe leur pourrissement. Ses travaux devraient être publiés début 2014.

En savoir plus :

www.geotech-fr.org ■

⁽¹⁾ Le projet réunit le LCPC, le laboratoire du bois Lermab de l'École nationale supérieure des technologies et industries du bois d'Épinal (Vosges), la scierie Grouazel, le bureau de contrôle Batiplus et le cabinet d'architecture Cartignies Canonica.

⁽²⁾ Sud Fondations (GTS) a travaillé avec le Centre d'études techniques de l'Équipement de Bordeaux, le laboratoire I2M de l'université de Bordeaux I et l'entreprise Boispaïs Aménagements. Budget : 200 000 euros dont 40 % par la Région Aquitaine.

À 10 M DE PROFONDEUR

Sud Fondations a commencé un deuxième chantier avec des pieux bois en fondations dans le cadre du projet du même nom (cf. ci-contre). Trois cents pieux seront battus à 10 m de profondeur dans le port du Pirailan (Lege-Cap Ferret, Gironde). À l'occasion, la filiale de GTS utilise un mât de battage spécifique avec une glissière qui maintient le bois à la verticale.

Le premier chantier, pour construire une passerelle au Teich (Gironde), s'est terminé en juillet. Le tronçon du pieu situé entre eau et air est en azobé, bois exotique. « Nous espérons à l'avenir pouvoir proposer les pieux en bois dans des sols compressibles avec nappe d'eau à un prix inférieur aux procédés acier ou béton, » indique Marie Chrétien, coordinatrice du projet chez GTS.

Ces chantiers et les expérimentations qui ont précédé avec l'Ifsttar fournissent des données qui serviront à la révision de la norme fondations profondes NF-P94-262 en 2017.

TAMPON DE VOIRIE EN COMPOSITE

Le Kio est un tampon de voirie en matériau composite. Principal avantage : son poids. Celui de diamètre 800 mm ne pèse que 28,5 kg et le plus petit (300 par 300), 1,7 kg. Ainsi, sa manutention est-elle facilitée et son transport coûte-t-il moins cher. Il est non conducteur et isolant. Il résiste à des températures de -20°C à +150°C. De plus, il est moins

broyant au passage des piétons et des véhicules.

De forme carré ou ronde, il se décline en cinq dimensions de 300 à 700 mm en catégorie de résistance B125 (125 kilos Newton), en quatre tailles de 400 à 700 pour les C250 et en diamètre 800 pour les plus solides, les D400. Des modèles jusqu'à 950 de côté ou 1 100 de dia-

mètre, sont destinés à des sites industriels. Le système de verrouillage est de série sur les C250 et D400, et en option, sur les plus petits. Polieco qui les fabrique propose également des grilles avaloirs dans le même matériau.

Le Kio convient surtout en zone piétonne. Saint-Nazaire (Loire-Atlantique) vient d'en poser. ■

18^e CONGRÈS CIMSG - PARIS 2013



Session d'ouverture du congrès au grand amphithéâtre du Palais des Congrès de la Porte Maillot.

Le 18^e Congrès International de Mécanique des Sols et de Géotechnique (CIMSG), organisé du 2 au 6 septembre 2013 au Palais des Congrès de la Porte Maillot (Paris) par le Comité Français de Mécanique des Sols et de Géotechnique (CFMS), s'est déroulé dans de très bonnes conditions. Il a été précédé par le congrès iYGEC (congrès des jeunes géotechniciens désignés par les sociétés nationales) le 31/08 et 01/09 à l'École des Ponts à Marne-la-Vallée : ce congrès a réuni 164 participants de 57 pays.

Le dimanche 01/09, les 80 sociétés nationales présentes ou représentées ont élu le nouveau président de la Société Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique (SIMSG) pour 4 ans : l'heureux élu est Roger FRANK (École des Ponts, France) qui succède à Jean-Louis

BRIAUD (Université d'Austin, Texas USA). Bien entendu, le CFMS, qui avait proposé sa candidature, le félicite et le soutiendra dans sa tâche tout au long de ces quatre années.

À cette même réunion, a été choisie la ville hôte du prochain congrès de 2017 : il s'agit de SEOUL (Corée du Sud) qui a devancé SYDNEY et SHANGAI.

La participation au 18^e CIMSG a été un franc succès : 2 140 inscrits (nouveau record depuis la création de la manifestation en 1936), 176 personnes accompagnantes, 96 pays représentés, 87 exposants dont nos 4 partenaires, un sponsor Platinum et 15 sponsors Gold. Un grand merci à eux sans qui la manifestation n'aurait pas pu être organisée. L'implication importante des Comités Techniques (CT) de la SIMSG a permis

une très forte mobilisation des participants aux 55 sessions parallèles (entre 700 et 1 000 pour chacun des 7 créneaux horaires) constituées de 28 sessions techniques, 19 ateliers et 8 sessions spéciales. Les 12 séances plénières des lundi et mardi ont réuni jusqu'à 1 650 participants.

Les quatre volumes des actes du 18^e CIMSG (3 486 pages plus la table des matières et l'index des auteurs) contiennent l'Allocution Terzaghi, les Conférences Honorifiques, les Conférences spéciales, suivies des contributions écrites, réunies par CT et précédées du rapport général du CT. Plus de la moitié des 800 contributions écrites ont fait l'objet d'une présentation orale ou d'un poster.

Les actes seront bientôt téléchargeables gratuitement sur le site du CFMS.

Les sept visites techniques du vendredi 06/09 ont réuni globalement 140 participants environ.

L'évènement francophone, qui s'est déroulé au Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) le vendredi 06/09 après midi, a réuni 64 participants sur le thème « Géotechnique francophone : enseignement et partage des savoirs ». L'exposition géotechnique « Les dessous des grands travaux », montée au musée du CNAM à l'occasion du congrès, est ouverte depuis le 24 juin pour 6 mois pour une partie et 5 ans pour l'autre partie. Elle remporte un vif succès auprès des jeunes visiteurs du musée : elle devrait permettre d'orienter vers nos métiers de la « terre » une partie des futures forces vives de notre pays (et d'autres pays également !). ■

LE FRANÇAIS SETEC DÉCROCHE LE PRIX MONDIAL D'INGÉNIEURIE POUR LE TUNNEL SOUS LA MANCHE, PROJET MAJEUR DES 100 DERNIÈRES ANNÉES « MAJOR CIVIL ENGINEERING PROJECT OF THE LAST 100 YEARS »

Setec, ingénierie française pluridisciplinaire de la construction vient de décrocher le prix mondial d'ingénierie, pour la maîtrise d'œuvre du Tunnel sous la Manche, officiellement nommé « Le projet majeur de Génie Civil des 100 dernières années », par le jury international de la FIDIC (Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseil). Parmi plus de 150 candidatures d'autant de sociétés d'ingénierie promouvant les constructions humaines les plus emblématiques de ces 100 dernières années, le trophée remis une fois tous les 100 ans a été rapporté à Paris par Michel Lévy, ingénieur du projet.

« Cet ouvrage est le fruit de l'imagination et des efforts de nombre de grands ingénieurs de la Setec. Il a nourri le travail de générations de collaborateurs et nous bénéficions encore aujourd'hui de ces retours d'expérience » a déclaré Gérard Massin, le PDG du Groupe Setec.

Près de 20 ans après la mise en service du « Channel Tunnel », projet de tous les records, les 2 200 collaborateurs du groupe œuvrent dans les grands projets d'infrastructures de transport du futur. En France dans le Grand Paris Express et dans les principales LGV en construction, ainsi qu'à l'international sur les

métros de Sao Paulo et Fortaleza au Brésil, et sur le colossal métro automatique de Riyad en Arabie Saoudite,

décrit par les spécialistes mondiaux du transport urbain comme... « le projet du siècle ». ■

LE GROUPE SETEC EN 2013

C.A : 250 M€. Effectif : **2200 collaborateurs en France et à l'international.** Avec un capital social détenu à 100% par ses ingénieurs, **Setec est totalement indépendante des marchés financiers, des banques et des entreprises.** Pluridisciplinaire, le groupe Setec délivre des prestations d'ingénierie complet sur tous les aspects des projets d'infrastructures et de systèmes de transport, de bâtiment, d'aménagement des territoires, d'énergie, d'industrie, de gestion de l'environnement ainsi que des Télécoms & SI. www.setec.fr



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-CHATEAUJNEUF • BEC • BEKAËRT France • BERTHOLD SA • BTPS • CHANTIERS MODERNES SUD • COFEX Ile-de-France • COFEX LITTORAL • COFEX RÉGIONS • COLAS RAIL • CTICM • CROBAM • DEMATHIEU 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 • MAPEI • 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

AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 4 AU 8 NOVEMBRE

Interclima, Elec et Batimat
Lieu : Paris Nord Villepinte
www.interclimaelec.com

• 13 NOVEMBRE

Forum des projets urbains
Lieu : Paris (Palais des congrès)
www.projetsurbains.com

• 19 NOVEMBRE

Journée technique hydrogène et piles à combustible
Lieu : Paris 14^e
(Cité internationale universitaire)
www.jt-hydrogene.ademe.fr

• 19 AU 21 NOVEMBRE

Salon des maires et des collectivités locales
Lieu : Paris (Porte de Versailles)
www.salondesmaires.com

• 3 AU 6 DÉCEMBRE

Pollutec
Lieu : Paris Nord Villepinte
www.pollutec.com

• 4 AU 6 DÉCEMBRE

Energaiia, salon international des énergies renouvelables
Lieu : Montpellier
www.energaia-expo.com

FORMATIONS

• 28 OCTOBRE

Prestations de services sites et sols pollués
Lieu : Paris
www.lne.fr

• 12 NOVEMBRE

Mobilités multimodales et plan national des services de transport intelligents (ITS)
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 13 ET 14 NOVEMBRE

Maîtriser l'économie des transports collectifs
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 18 AU 29 NOVEMBRE

Utiliser HDM 4, logiciel Banque mondiale choix investissement routier
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 18 AU 20 NOVEMBRE

Conception, dimensionnement et exécution des ouvrages fluviaux
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 18 AU 20 NOVEMBRE

Eurocode 5 : conception et calcul des structures en bois
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 19 AU 21 NOVEMBRE

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

• 20 AU 22 NOVEMBRE

Connaissance du système nucléaire
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 21 NOVEMBRE AU 22 DÉCEMBRE

Les ports français, autonomie et enjeux logistiques
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 25 ET 26 NOVEMBRE

Pratique du droit de l'urbanisme, niveau 1
Lieu : Marseille
<http://formations.lemoniteur.fr>

• 25 NOVEMBRE AU 6 DÉCEMBRE

Systèmes d'information pour la gestion et l'exploitation des routes
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 26 NOVEMBRE

Rencontres du ferroviaire : ouverture à la concurrence du transport voyageurs
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 27 AU 29 NOVEMBRE

Construire sur sols compressibles
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 3 DÉCEMBRE

Fondamentaux de la métrologie
Lieu : Toulouse
www.lne.fr

• 9 ET 10 DÉCEMBRE

Planification territoriale et loi Grenelle II
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 10 ET 11 DÉCEMBRE

Bétons de structure : caractéristiques, domaines d'emploi et formulation
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

• 10 ET 11 DÉCEMBRE

Transport et mobilités transfrontalières quotidiennes
Lieu : Paris
<http://formation-continue.enpc.fr>

NOMINATIONS

ANRU

Michel Delebarre préside l'Agence nationale pour la rénovation urbaine suite au départ de Gérard Hamel.

CAISSE DES DÉPÔTS ET CONSIGNATIONS

Odile Renaud-Basso rejoint la CDC au poste de directrice générale adjointe.

CCCA-BTP

René Chauvet a été élu président du Comité de concertation et de coordination de l'apprentissage du BTP (centres de formation des apprentis). Il succède à Jean-Luc Sethi.

ÉGALITÉ DES TERRITOIRES ET LOGEMENT

Le cabinet de la ministre Cécile Duflot est désormais dirigé

par Frédéric Lenica. Il remplace Manuel Flam, directeur général du groupe Société nationale immobilière, filiale de la CDC.

ENPC

Jacques Tavernier, PDG d'Eurovia, préside désormais le conseil d'administration de l'École nationale des ponts et chaussées.

FIEEC

Gilles Schnepf, PDG de Legrand, a été élu président de la Fédération des industries électriques, électroniques et de communication, suite au départ de Pierre Gattaz, président du Medef.

HAGER

Caroline Nivelles est la nouvelle directrice marketing de la filiale en France du groupe allemand fournisseur de solutions et de services en installations électriques.

LA POSTE

Philippe Wahl a été nommé administrateur du groupe et proposé pour être président du conseil d'administration.

RTE

Didier Mathus préside le conseil de surveillance de Réseau de transport d'électricité. Il remplace André Merlin.

SIMOTHERM

Le Syndicat international des industries et du commerce du moteur thermique et de ses applications est désormais présidé par Pierre Vallet.

STRATÉGIE ET PROSPECTIVE

Michel Doucin est secrétaire général de la plate-forme nationale d'action globale pour la responsabilité sociétale des entreprises du nouveau Commissariat général à la stratégie et à la prospective (*cf. Travaux juin 2013 page 10*).

COMPÉTENCES ET IMPLANTATIONS « TOUS TERRAINS » DANS LE MONDE

SOLETANCHE BACHY, QUI CONSTITUE AVEC MENARD LE PÔLE SOLS DE SOLETANCHE FREYSSINET, EXERCE SON ACTIVITÉ DANS PLUS DE 80 PAYS DANS LE MONDE DANS LE DOMAINE DES FONDATIONS SPÉCIALES ET DES TECHNOLOGIES DU SOL, AU TRAVERS D'UNE QUARANTAINE DE FILIALES IMPLANTÉES LOCALEMENT, POUR LA PLUPART DE LONGUE DATE, REPRÉSENTANT UN EFFECTIF GLOBAL DE QUELQUE 9 500 PERSONNES.

ENTRETIEN AVEC JEAN-PHILIPPE RENARD, DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DE SOLETANCHE BACHY. PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



1
© MARC MONTAGNON

LES FILIALES À L'ÉTRANGER METTENT EN ŒUVRE L'ENSEMBLE DES TECHNIQUES DU GROUPE AVEC L'APPUI DU DÉPARTEMENT DIT « GRANDS PROJETS » QUAND LES CONDITIONS LE REQUIÈRENT. UN ANCRAGE LOCAL FORT QUI IMPLIQUE DES ÉQUIPES COMPÉTENTES CONTRIBUANT AU DÉVELOPPEMENT DES PAYS DANS LESQUELS ELLES SONT PRÉSENTES.

JEAN-PHILIPPE RENARD, DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DE SOLETANCHE BACHY POUR LES ZONES EUROPE CENTRALE ET ORIENTALE, ASIE PACIFIQUE, AMÉRIQUE LATINE, PÉNINSULE IBÉRIQUE, GRANDS PROJETS, NOUS CONVIE À UN PASSIONNANT TOUR DU MONDE DANS LE DOMAINE DES FONDATIONS.

Quelle est l'organisation de Soletanche Bachy ?

Soletanche Bachy est organisée en deux grandes directions opérationnelles (DO). La DO1 recouvre l'Europe, c'est-à-dire la France ainsi

que les pays limitrophes de langue française (Belgique et Suisse), la Grande Bretagne et les États-Unis. La DO2, dont j'ai la responsabilité, regroupe le reste de l'international : l'Amérique latine et l'Amérique cen-



© ETHAN ROHLHOFF

2



© SOLETANCHE BACHY

3

trale, l'ensemble de l'Afrique, l'Asie Pacifique, l'Europe centrale et de l'Est, la Turquie, la Péninsule ibérique et les « Grands Projets » dans le monde. Au niveau du chiffre d'affaires, les DO1 et DO2 sont pratiquement équilibrées à 50/50. Au sein de la DO1, l'Eurofrance représente 50% de son chiffre d'affaires, les 50% restants étant réalisés en Amérique du Nord et en Grande Bretagne.

L'international dans le groupe représente ainsi près de 75% du chiffre d'affaires total de Soletanche Bachy qui se monte à plus de 1 400 M€.

Comment se développe et s'exerce l'activité dans votre périmètre ?

L'activité est bien répartie dans l'ensemble des pays où intervient la DO2, avec des zones en croissance notable, en particulier l'Asie Pacifique et l'Amérique latine. On observe également une très bonne dynamique dans l'ensemble des pays d'Amérique centrale, notamment aux Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panama et Salvador. Notre stratégie de développement depuis les origines est fondée sur un enracinement local fort au niveau de nos implantations pour développer des projets de toutes tailles, avec des solutions adaptées à chacun de ces marchés. Ce réseau de *business units*, réactives, proches de leurs clients, à l'écoute de leurs besoins, est une richesse et une force.

Pour ce qui est des grandes réalisations, qui peuvent être significatives par leur complexité technique, l'importance du chiffre d'affaires qu'elles représentent, leur durée, leur situation géographique particulière, ou la multiplicité des partenaires et parties prenantes engagées, nous avons plu-

SOLETANCHE FREYSSINET : 5 ENTITÉS DE RÉPUTATION MONDIALE

Soletanche Freyssinet, dont Soletanche Bachy constitue l'entité la plus importante en termes de chiffre d'affaires, est composé de cinq entités spécialisées dans les activités du sol, des structures et du nucléaire :

- **SOLETANCHE BACHY** (fondations spéciales et technologies du sol) ;
- **MENARD** (renforcement et amélioration de sol) ;
- **FREYSSINET** (solutions techniques intégrées dans les domaines de la construction et de la réparation de structures) ;
- **TERRE ARMÉE** (ouvrages de soutènement et tunnels en voûte préfabriquées) ;
- **NUVIA** (savoir-faire spécialisés pour l'industrie nucléaire).

1- Jean-Philippe Renard, directeur général adjoint de Soletanche Bachy.

2- En Australie, Soletanche Bachy vient de terminer les fondations du complexe de Barangaroo, l'un des plus importants chantiers d'aménagement de front de mer au monde.

3- Chantier de la Torre Reforma, à Mexico, la plus haute du pays avec 244 m et la plus emblématique.

4- Soletanche Bachy réalise au Chili deux tunnels de 10 km de longueur dans la mine de El Teniente.

5- Au Kazakhstan, chantier de l'Abu Dabi Plaza par la filiale turque Zetas.

sieurs modes opératoires : elles sont exécutées soit directement par la filiale locale, soit en association avec le département « Grands Projets », soit directement par celui-ci.

Nous veillons en effet à ce que les grands projets ne mettent pas à mal l'activité récurrente de la filiale en mobilisant toutes ses forces vives. Le groupe apporte alors, quand les conditions le nécessitent, un support technique et opérationnel à différents titres : une capacité de conception/design puissante à travers son bureau d'études intégré, un réseau d'experts pointus dans chacune des spécialités techniques du groupe, mobilisables sur les opérations de cette envergure, un service matériel groupe qui assure la fabrication et la maintenance de notre propre équipement, une direction Innovation et R&D impliquée dans la recherche technologique de pointe, proche des entités pour répondre aux problématiques nouvelles, ainsi que la capacité de management de projets complexes à travers des ingénieurs très expérimentés, sachant évoluer

dans des contextes multiculturels. Ce modèle d'organisation à la fois local et global donne toute sa part à l'esprit entrepreneurial. Cette capacité d'apporter une compétence globale sur tous les marchés locaux dans lesquels nous sommes implantés a de la valeur pour les clients. Le souci constant de maintenir notre avance technologique - procédés, méthodes, matériel -, portée par une politique ambitieuse, nous permet également d'avoir de beaux succès à l'international.

Pourriez-vous donner quelques exemples de projets importants actuellement en cours ?

On peut évoquer le chantier du Musée de la seconde guerre mondiale à Gdansk, en Pologne, qui nécessite le mariage de plusieurs techniques du groupe.

La filiale polonaise, Soletanche Polska, qui emploie de l'ordre de 180 personnes est en mesure de traiter ce chantier complexe qui consiste à réaliser une dalle en béton de 15 000 m³ sous l'eau en une seule phase, après réalisation des dragages à l'intérieur d'une enceinte et des micropieux de fondations. Nous avons de nombreux exemples de ce type dans le monde. La filiale mexicaine Cimesa, qui emploie 600 personnes, réalise régulièrement, seule, des travaux importants et en particulier des fouilles livrées clés en main avec paroi moulée, tirants d'ancrage, barrettes en fond de fouille et terrassements.

On peut citer à son actif, voici deux ans à Mexico, la Torre Reforma, la plus haute et la plus emblématique du pays avec 244 m et plus récemment, la Torre Bancomer, nouveau siège de l'une des plus importantes banques ►

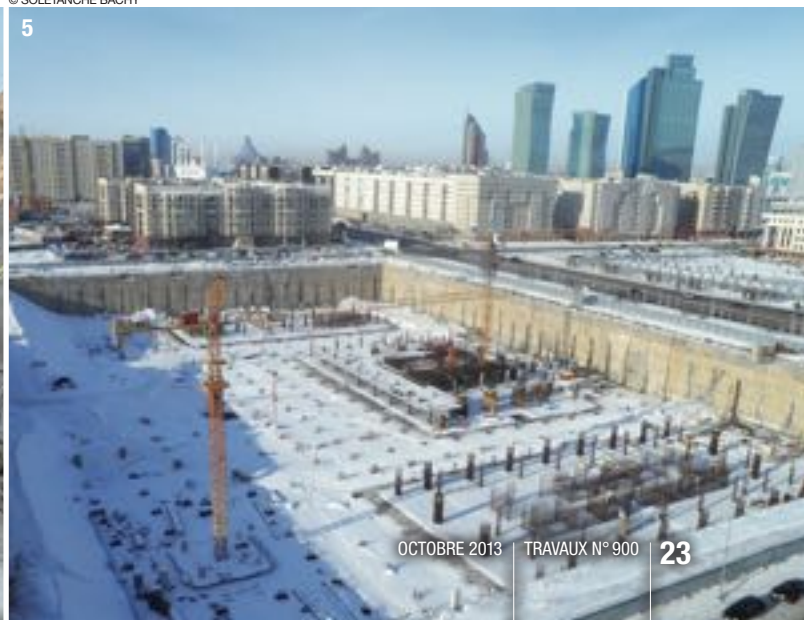
© THIERRY DUVIVIER PHOTOTHÈQUE VINCI

4



© SOLETANCHE BACHY

5



mexicaines. Pour ces deux tours, Cimesa a réalisé non seulement les fondations mais l'ensemble des niveaux d'infrastructure.

En Asie Pacifique, les affaires sont traitées de façons différentes suivant les pays. Nous terminons à Singapour, par l'intermédiaire de notre filiale Bachy Soletanche Singapour - une entité d'environ 150 personnes - une station de métro « clés en main ». Tandis qu'à Hong Kong, la filiale Bachy Soletanche Group, forte de 450 collaborateurs, réalise plutôt des travaux de spécialité (soit en entreprise générale soit en sous-traitance) pour des projets de fondations et soutènements, en mettant en œuvre des techniques très diversifiées du groupe : pieux, parois moulées, injections, jet grouting, congélation... Parmi ses projets emblématiques récents, on peut citer la réalisation, en collaboration avec CSM Bessac, d'un tunnel d'environ 850 m en terrain meuble ainsi que 800 m de galerie creusée à l'explosif dans le rocher. Un défi technique inédit puisque le chantier nécessitait également le démontage d'un tunnel existant. Cette opération, extrêmement complexe, a été menée à bien grâce à la mise en œuvre d'un TDM (Tunnel Dismantling Machine), une machine spécifiquement conçue avec l'appui de CSM Bessac et construite dans les ateliers toulousains de l'entreprise. En Australie, l'ensemble de l'activité géotechnique, des fondations jusqu'à l'amélioration de sol, est réalisée sous le nom de Menard Bachy. Le groupe est présent à Sydney, sur la côte Est, et à Perth sur la côte Ouest, ainsi qu'en Nouvelle Zélande, notamment depuis le rachat en 2012, de March Construction, une entreprise basée



© TYPHOON SHELTER

à Christchurch depuis plus de 40 ans. En Australie, les interventions sont diversifiées. Nous venons de terminer à Sydney les fondations du complexe de Barangaroo. C'est l'un des plus importants chantiers d'aménagement de front de mer au monde. Il consiste à faire d'un ancien terminal à conteneurs de 22 hectares un nouveau quartier au cœur de Sydney. Menard Bachy, en lien avec les équipes d'ingénierie de Soletanche Bachy, a conçu et construit le mur d'enceinte périphérique constituée d'une paroi moulée de 13 000 m² et 650 ancrages au sol.

Pour poursuivre ce tour du monde, pourriez-vous dire quelques mots de la présence et du développement de Soletanche Bachy en Amérique latine ?

En Colombie, le groupe Soletanche Bachy est présent depuis plus de

20 ans au travers de sa filiale Cimas qui compte près de 300 personnes. Cette filiale se distingue par une activité récurrente de pieux préfabriqués et par la réalisation d'infrastructures portuaires comme une jetée d'1,4 km à Puerto Brisa.

Le groupe vient de renforcer cette présence à la suite du rachat en 2012 de Geofundaciones. Basée à Bogota, cette société intervient dans la construction de fondations profondes ainsi que dans la stabilisation de terrains. Si nos filiales colombiennes sont plutôt axées « core business », au Chili, en revanche, l'un des tout premiers pays miniers dans le monde, l'activité de Soletanche Bachy Chili (avec un effectif de 400 personnes) est tout naturellement portée sur le secteur minier au travers de travaux de reconnaissance à des altitudes allant jusqu'à 5 000 m et qui requièrent des forages de l'ordre de 1 500 à

2 000 m de profondeur, pour déterminer les teneurs en minerai.

Nous réalisons également au Chili deux tunnels de 10 km de longueur dans la mine de El Teniente, au sud de Santiago, afin de créer les accès pour les personnels et les convoyeurs en vue de l'exploitation d'un niveau supplémentaire.

Il s'agit là d'un chantier de près de quatre ans, réalisé en traditionnel, à l'explosif, qui emploie près de 900 personnes, mené conjointement par notre département « Grands Projets », VINCI Construction Grands Projets (VCGP) et la filiale locale de Soletanche Bachy.

Que dire de votre activité en Afrique et au Moyen-Orient ?

En Afrique du Sud, nous disposons d'une entité qui couvre l'ensemble de l'Afrique subéquatoriale, notamment la Namibie et le Mozambique et emploie de l'ordre de 70 à 80 personnes. Plus globalement, le continent africain offre de multiples opportunités dans notre domaine de spécialité avec le fort développement d'infrastructures, notamment portuaires. Nous réalisons plusieurs projets d'importance au Cameroun et au Togo.

En Turquie, la dynamique est soutenue pour notre filiale Zetas qui emploie plus de 850 personnes et exerce son activité non seulement en Turquie mais aussi dans les Emirats arabes unis - Abu Dhabi, Dubaï -, en Arabie Saoudite ainsi que dans les pays limitrophes d'Asie Centrale comme l'Azerbaïdjan et le Kazakhstan.

À Dubaï, le port de Jebel Ali va augmenter ses capacités notamment pour accueillir des porte-conteneurs de la nouvelle génération avec la construction d'un troisième terminal



© SOLETANCHE BACHY

7



© SOLETANCHE BACHY

8

que réalise Soletanche Bachy. Avec 1 860 m de longueur de quai de 17 m de profondeur et une zone de stockage de 70 hectares, ce terminal comptera parmi les plus modernes et les plus performants au monde.

Après ce vaste panorama de votre présence loin dans le monde, pour revenir en Europe, quels sont les pays dans lesquels le groupe Soletanche Bachy intervient de façon significative ?

En Europe centrale, nous sommes présents en Hongrie, en Pologne, en République tchèque, en Roumanie, en Slovaquie et en Ukraine et ceci depuis 15-20 ans.

À ce sujet précisément, quelle est l'antériorité de la présence de Soletanche Bachy à l'international ?

Elle est très ancienne dans des pays comme Hong Kong et Singapour où elle remonte à plus de 50 ans, ou comme au Mexique, où le groupe est présent depuis plus de 45 ans. Dans les autres pays d'Amérique latine, elle remonte à une durée variant entre 15 et 25 ans... Nous sommes implantés au Vietnam et en Malaisie depuis une quinzaine d'années, ainsi qu'en Europe centrale, comme je vous l'indiquais précédemment.

Forts de notre maîtrise des risques géotechniques, de notre expérience enrichie depuis des décennies au fil des nombreux projets réalisés chaque année, dans des contextes très divers, nous cherchons à utiliser notre savoir-faire pour développer des travaux intégrés dans le sol, de la conception à la réalisation. Notre maîtrise d'une palette de techniques nous permet de faire des propositions innovantes, en

SOLETANCHE FREYSSINET : RÉPARTITION DU CHIFFRE D'AFFAIRES PAR ZONE GÉOGRAPHIQUE

- AMÉRIQUE DU NORD : 18%
- ASIE : 13%
- AMÉRIQUE LATINE : 7%
- AFRIQUE : 2%
- EUROPE : 49% (dont France : 23%)
- MOYEN ORIENT : 4%
- OCÉANIE : 7%

SOLETANCHE BACHY : CHIFFRES CLÉS

- 9 500 collaborateurs
- Chiffre d'affaires 2012 : 1 460 M€ (+15,4% par rapport à 2011)
- 80 pays d'implantation
- + de 100 pays d'exploitation

6- À Hong Kong, l'entreprise réalise plutôt des travaux de spécialité : ici, le Central Wan-Chai Bypass.

7- En Colombie, la filiale Cimas vient de réaliser une jetée d'1,4 km à Puerto Brisa.

8- Aux États-Unis, le barrage de Wolf Creek, dans le Kentucky : 1 200 000 heures de travail sans accident.

9- À Dubaï, terminal 3 du port de Jebel Ali : 1 860 m de quai de 17 m de profondeur.

10- À Singapour, réalisation d'une station de métro « clés en main ».

amont et tout au long de l'exécution du projet, dans un souci permanent d'optimisation.

Les stations de métro et les murs de quais sont une bonne illustration de cette démarche. Dans les deux cas, nous proposons un panel de techniques de fondations qui constituent des alternatives nous permettant de nous différencier lors des appels d'offre.

Cette approche nous a permis par exemple de travailler l'année dernière sur le port de Cotonou, au Bénin, en association avec Sogea Satom. Actuellement, nous intervenons sur le port de Lomé, au Togo, en mettant en œuvre différentes techniques, en combinant les savoir-faire et en faisant jouer les synergies avec d'autres entreprises du groupe.

Ce chantier de 18 mois financé par Togo Terminal (groupe Bolloré), consiste à réaliser le troisième terminal à

conteneurs du port. Dans ce cadre, un mur de quai de 450 m de long, dragué à -15 m ZH, ainsi que le cercle d'évitage et la passe d'entrée sont en cours de construction grâce à la méthode du rideau mixte, qui alterne tubes et palplanches métalliques. En parallèle, 1 900 000 m³ de dragage sont réalisés. Pour ces travaux, commencés en juin 2012, Soletanche Bachy collabore avec Sogea Satom et EMCC.

Autre exemple de travaux intégrés, un chantier portuaire en Uruguay : nous réalisons un mur de quai sur pieux de 350 m de longueur et 15 m de tirant d'eau. C'est le troisième chantier de ce type qui nous est confié à Montevideo.

Pour conclure, pouvez-vous évoquer un chantier emblématique récent qui illustre votre positionnement sur des ouvrages complexes à fort enjeu ?

Un bon exemple vient de nous être donné par le chantier du barrage de Wolf Creek, dans le Kentucky, aux États-Unis pour le Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis. Pour remédier aux problèmes de fuite que connaît cet ouvrage, Soletanche Bachy a mis en œuvre plusieurs techniques complémentaires - forages dirigés verticaux à grande profondeur, pieux RCD, injections, paroi moulée à l'hydrofraise -, en respectant au mieux les spécifications extrêmement exigeantes du maître d'ouvrage, notamment en matière de sécurité. Sur ce chantier qui vient de se terminer après 5 ans de travaux, Soletanche Bachy a réalisé 1 200 000 heures de travail sans aucun accident. Sécurité et performance du projet vont de pair. □

© SOLETANCHE BACHY

9



© SOLETANCHE BACHY

10





1

© MATIÈRE®

ENTREPRISE MATIÈRE ACIER ET BÉTON : DES INNOVATIONS 100% FRANÇAISES

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

AVEC UN CHIFFRE D'AFFAIRES 2012 DE 127 MILLIONS D'EUROS ET UN EFFECTIF DE 400 COLLABORATEURS, L'ENTREPRISE MATIÈRE EST UNE GROSSE PME DONT LA PARTICULARITÉ EST D'EXERCER SON ACTIVITÉ À 45% EN FRANCE ET 55% À L'EXPORT AVEC DES PRODUITS BREVETÉS ET INNOVANTS EN BÉTON - LES FAMEUX « OUVRAGES MATIÈRE® » - ET EN ACIER POUR LES CHANTIERS DE TRAVAUX PUBLICS, FABRIQUÉS EN TOTALITÉ EN FRANCE. EN PARTICULIER, AVEC LE CONCEPT UNIBRIDGE® DÉVELOPPÉ DEPUIS 2003, ELLE APPORTE UNE INNOVATION RADICALE DANS LE DOMAINE DES OUVRAGES D'ART MODULAIRES EN ACIER. PHILIPPE MATIÈRE, SON DIRECTEUR GÉNÉRAL, FAIT LE POINT SUR L'ACTUALITÉ DE L'ENTREPRISE, APRÈS UN RAPPEL SYNTHÉTIQUE DE CE QUI A FAIT L'HISTOIRE DE MATIÈRE.

L'activité de l'entreprise Matière dans le secteur des Travaux Publics et, depuis peu, dans celui du bâtiment, remonte à déjà très loin puisqu'elle a été créée en 1932 par Louis Matière, grand-père de Philippe Matière, l'actuel directeur général, qui a lui-même succédé en 2000 à son père Marcel Matière, l'inventeur en 1983 des fameux ponts brevetés éponymes. C'est ainsi une longue tradition familiale qui se perpétue, marquée par plusieurs avancées technologiques qui ont permis à l'entreprise, non seulement de poursuivre son développement en toute indépendance, et avec des unités de production toutes implantées en France,



2

1- Ouvrage multi-arches pour passage de faune à Villers-Cotterets.
2- Philippe Matière, directeur général de l'entreprise Matière.

mais aussi de s'imposer à l'international dans des domaines où la concurrence est très présente, tant dans le secteur des ouvrages en béton que dans celui des ouvrages à structure métallique.



3

© MATIÈRE®

3- Pont définitif de Al-Nahrawan près de Bagdad en Irak.

4- C'était hier, avant la crise pétrolière : chantier du gazoduc de Groningue en 1967.

5- Ouvrage routier à Bilbao, en Espagne.

6- Pont ferroviaire à courte portée « RAPUB » à Jaucourt, en France.



4



5

45 000 KM DE CANALISATIONS DEPUIS 1932

En 1932, Matière® exerçait son activité, depuis son siège d'origine d'Arpajon-sur-Cère, dans le Cantal, essentiellement dans le domaine des tuyaux d'adduction d'eau. Depuis, 45 000 kilomètres de canalisations ont été mis en œuvre par l'entreprise.

À la fin des années 50, lorsque Marcel Matière en prend la direction, elle élargit son champ d'activité aux réseaux de distribution haute pression de 46 pouces (environ 1 500 mm) en acier, pour se placer sur ce marché en pleine expansion à la suite de l'ouverture du site de Lacq pour l'exploitation, et donc la distribution, du pétrole et du gaz. Mais cette phase de développement va connaître un arrêt brutal lorsque survient le premier choc pétrolier de 1973. Qu'à cela ne tienne. Marcel Matière saisit une opportunité qui vient de se faire jour : celle de la réalisation du plan routier du Massif Central et de son homologue en Bretagne. L'entreprise se dote alors d'un important parc de matériels de terrassement pour



6

© MATIÈRE®

intervenir sur la plupart des chantiers routiers et autoroutiers liés à ces plans. Elle participe très largement à celui du Massif Central, son fief d'origine.

LE SECRET : SORTIR DU CHEMIN CRITIQUE

Au début des années 80, en 1983 très précisément, tant pour répondre aux

besoins des grands chantiers routiers et autoroutiers que pour pallier les difficultés liées aux techniques alors mises en œuvre, l'entreprise invente et fait breveter les « ouvrages Matière® » qui permettent la réalisation de manière répétitive et donc économique, de structures en béton, de formes ovoïde ou parallélépipédique pour de très nom-

breuses applications, dans des sections allant de 2/3 m² à 120 m².

L'une des raisons du succès des ouvrages Matière® est qu'ils permettent de sortir du chantier le chemin critique de la fabrication des ouvrages d'art en les préfabriquant. Une avancée qui séduit immédiatement les maîtres d'ouvrage et les entreprises. ▷



7

© MATIÈRE®

Ces ouvrages Matière® peuvent et ont d'ailleurs été mis en œuvre dans une multitude d'applications : passages inférieurs, passages supérieurs, tranchées couvertes, galeries techniques, conduites d'assainissement, ouvrages de protection et de décharge, ouvrages hydrauliques, bassins de rétention, passages souterrains piétonniers, mais aussi ouvrages de grande dimensions sur des lignes de métro et des lignes de TGV, y compris les dernières en construction TGV Est, BPL (Bretagne - Pays de Loire, et SEA (Sud - Europe - Atlantique) : en effet, la section de 20 m² à 120 m² permet le passage des trains à grande vitesse, caténaires compris, tout en offrant un gabarit suffisant pour limiter l'effet de souffle dans les conditions requises par RFF.

Parmi les références récentes ou en cours sur les chantiers des lignes nouvelles, il n'est pas inutile de citer 69 ouvrages d'art dont 11 viaducs métalliques classés « exceptionnels » sur la SEA - (d'une longueur de 70 m à près de 400 m), 50 ouvrages sur la ligne BPL et une omniprésence sur l'ensemble des lots du TGV Est. À ce jour, 9 000 ouvrages d'art préfabriqués en béton ont été réalisés dans 19 pays.

DU BÉTON À L'ACIER

En 1995, Matière® connaît une nouvelle expansion en intégrant la construction de ponts métalliques modulaires capables de répondre aux exigences des grands ouvrages, à la suite de la reprise de l'entreprise Larive

7- PICF de type « Dalot » de 12 m d'ouverture sans béton en élévation sur l'autoroute A89 à Balbigny, en France.

8- Opticadre à Fontainebleau, en France.

9- Les ouvrages de type Opticadre peuvent également être mis en œuvre pour les pistes d'aéroports.

de Bagnac-sur-Célé, dans le Lot, dont elle modernise et agrandit l'usine tout en la dotant d'un bureau d'études performant.

Mais, si le pont métallique modulaire d'origine, inventé durant la deuxième guerre mondiale, a été très largement utilisé depuis comme ouvrage provisoire, sur des chantiers, à la suite de catastrophes naturelles ou dans des zones de conflit, il a connu en 2003 une évolution radicale avec le lancement par Matière® du concept Unibridge® : plus élaboré, plus modulable, plus facile à monter, plus esthétique aussi.

Grâce à ce concept et à son expérience de longue date dans ce domaine, Matière® figure actuellement dans le Top 5 des entreprises européennes de construction métallique.



8



9

© MATIÈRE®



10

© MATIÈRE®

La reprise en 2011 de la division « ouvrages d'art » de Richard Ducros a contribué à conforter cette position tandis que celle, tout récemment en 2012, de CPC Composants Précontraints a permis à Matière® d'élargir son champ d'action dans le béton en abordant le domaine de la précontrainte.

En effet, CPC Composants Précontraints, de Brive-la-Gaillarde, est spécialisée dans les poutres et poutres-dalles en béton précontraint.

Tout en lui permettant de couvrir désormais les portées de 15/35 m en complément de celles de 15/16 m avec les éléments préfabriqués en béton et de 30/35 m avec les structures métalliques, cette acquisition lui ouvre également les marchés du bâtiment. En 2013, l'entreprise dirigée par Phi-

10- L'outil industriel, en l'occurrence les 6 usines françaises, sont au cœur du développement de l'entreprise en France et à l'exportation.

11- Chantier de lancement d'un ouvrage routier au Cameroun.

12- Une passerelle de type Unibridge en cours de lancement au Kenya.

lippe Matière emploie 400 personnes et réalise un chiffre d'affaires de 127 millions d'euros se répartissant globalement, avec des fluctuations selon les années, à 45% en France et 55% à l'étranger.

Les ouvrages préfabriqués en béton représentent 40% de ce chiffre d'affaires, les 60% restants étant assurés par les ouvrages métalliques.

EXPORT : 6 BASES ET 19 PAYS

L'entreprise est directement présente à l'étranger au travers de 6 bases permanentes avec des effectifs locaux et placés sous la direction d'expatriés : Philippines (100 personnes dont 3 expatriés), pour couvrir la Papouasie, la Nouvelle Guinée et l'Indochine, Irak (50 personnes dont 2 expatriés), Algérie

(30 personnes dont 2 expatriés), Cameroun (150 personnes dont 5 expatriés), Gabon (30 personnes dont 2 expatriés) et Haïti (30 personnes dont 2 expatriés), cette base étant plus spécialement orientée vers les pays d'Amérique Centrale et, notamment, le Salvador, le Costa Rica et Panama.

À cette présence permanente s'ajoute des « références » Matière® dans une vingtaine de pays dans le monde parmi lesquels : en Europe, le Royaume Uni, l'Espagne, l'Italie, le Portugal, les pays scandinaves (Danemark, Norvège et Suède) ainsi que la Russie, la Pologne, la Slovaquie et la République Tchèque, les départements français de La Réunion, la Guadeloupe, la Martinique et la Guyane. Sans oublier, plus loin, la Turquie et l'Irak, le Cameroun, le Kenya, ▷



© MATIÈRE®

11

12



13

la Malaisie, le Japon... la ligne ne peut être exhaustive car elle évolue au fil des chantiers.

BUREAUX D'ÉTUDES : DE LA CONCEPTION À LA MISE EN ŒUVRE

L'ensemble des unités de production, toutes implantées en France, emploie 300 personnes auxquelles s'ajoutent 50 ingénieurs et techniciens dans les bureaux d'études.

Les usines sont en étroite relation avec deux bureaux d'études qui assurent la conception, les études et le développement de nouveaux produits : pour la construction métallique, outre son effectif initial, il intègre les ingénieurs et techniciens repris en même temps que l'usine de Charmes de Richard Ducros. Pour le béton armé préfabriqué, il est équipé des logiciels Robot Millenium, Autocad et Bocad avec une définition en 3D et réalise les études selon les réglementations Eurocodes, sismiques, RFF, LGV...

BÉTON ARMÉ PRÉFABRIQUÉ : INTÉGRATION À 100%

L'entreprise dispose de quatre usines de préfabrication « béton » : Arpajon-sur-Cère, près d'Aurillac, dans le Cantal, Chateaufrenard, dans les Bouches-du-Rhône, Laval, dans la Mayenne et Brive-la-Gaillarde, en Corrèze.

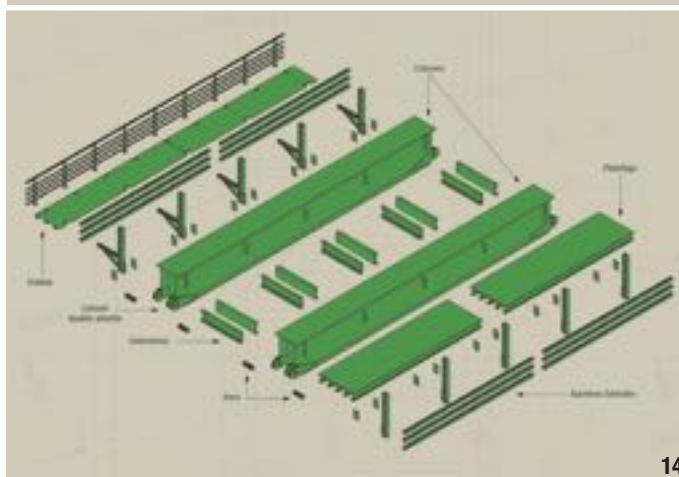
Trois agences de suivi de travaux complètent le dispositif, situées à Paris, Aurillac et Lyon.

LE PONT MODULAIRE DU 21^e SIÈCLE

Le procédé Unibridge® a reçu l'approbation du comité d'experts indépendants IVOR, qui l'a jugé « original par ses fonctionnalités (modularité de la géométrie, évolution possible au cours du temps) et par les modes d'assemblage et de mise en œuvre.

De nombreux pays ont aujourd'hui validé ce jugement : plus de 800 ponts Unibridge® ont été construits ou commandés à ce jour en France, en Asie du Sud-Est, en Afrique, dans l'Océan Indien, au Moyen-Orient, dans les Caraïbes et en Amérique Centrale.

Les ponts Unibridge® sont dimensionnés selon les normes en vigueur dans les pays où ils sont installés : Eurocodes, AAHSHTO (USA), British standards, Australian standards, SATCC (Afrique du Sud)...



45 MÈTRES EN 12 HEURES

Les ouvrages Unibridge® peuvent être réalisés dans des délais très courts, par des équipes restreintes : six personnes effectuent en 12 heures le montage d'une travée de 45 mètres.

13- Chantier Unibridge de Yabassi, au Cameroun.

14- Le principe du concept Unibridge fait appel à un nombre de composants particulièrement réduit.

Les ouvrages sont posés par les équipes de l'entreprise ce qui garantit le respect de ses procédures et le délai de livraison final. Ces dernières sont dotées de grues de 60 à 200 tonnes, de nacelles et des équipements pneumatiques et électriques pour la mise en place des structures.

OUVRAGES D'ART MÉTALLIQUES : TOUTE LA CHAÎNE DE A À Z

Les ouvrages à structure métallique sont fabriqués dans deux usines : à Bagnac-sur-Célé, dans le Lot, d'une capacité de production de 14 000 à 18 000 tonnes annuelles et à Charmes, dans les Vosges (usine ex-Richard-Ducros), d'une capacité de 8 000 tonnes annuelles.

Les deux usines sont dotées chacune de machine de découpe (plasma, oxy-coupage, ...), d'une machine de reconstitution de poutre de grande hauteur, d'automates de soudage et d'une installation complète de grenailage et de

15- Le pont Raymond Barre de type « bow string » à Lyon est l'un des ouvrages les plus importants réalisés à ce jour par l'entreprise Matière.

16- Mis en œuvre d'un ouvrage de type « multi-arches » sur un chantier auto-roulier en France.

17- L'une des réalisations récentes de Matière à La Réunion : la passerelle du quartier Le Butor.



© MATIÈRE®

15

LE PONT RAYMOND BARRE : 2 750 TONNES D'ACIER

Parmi les références les plus récentes de Matière®, il faut citer le pont Raymond Barre à Lyon, réalisé en collaboration avec Bouygues TP, dont la travée centrale en acier a été posée le 30 juillet dernier : 170 mètres de long, 17 mètres de haut, poids de 2 750 tonnes.

Le pont Raymond Barre est un ouvrage de type « Bow String » réalisé par le SYTRAL dans le cadre du prolongement de la ligne de tramway T1 de « Hôtel de Région - Montrochet » à « Debourg ».

Ce pont qui sera livré fin 2013 sera entièrement dédié au tramway T1 et aux modes doux afin de relier en quelques minutes la Confluence au quartier de Gerland.

La mise en place de son tablier a fait l'objet d'une procédure particulière réalisée par l'entreprise Sarens. Entièrement assemblé en rive du fleuve, il a été placé sur des chariots automoteurs Kamag qui ont eux-mêmes pris place sur une barge.

Après déplacement de la barge entre les piles de l'ouvrage, l'opération suivante a consisté à déballaster la barge pour mettre le tablier à niveau avant de le poser sur ses appuis définitifs.

Ce pont métallique en arc se caractérise par la structure de sa partie centrale qui est autoportante. Il a été fabriqué dans les usines Matière® de Bagnac-sur-Célé, dans le Lot, et de Charmes, dans le Jura.

peinture. Ces équipements très performants permettent à Matière® de réaliser des ouvrages métalliques de grande envergure et de haute technicité.

Sur le terrain, Matière® assure toutes les poses de ses ouvrages avec ses moyens propres (180 en 10 ans).

Elle dispose à cet effet d'équipes expérimentées pour le grutage, le lançage, l'assemblage et la soudure sur site dotées de moyens propres ; chaises, treuils, avant-becs, poutres arrière, postes et abris de soudage...).

Dispositif complété par le parc de grues et de nacelles également utilisés pour les ouvrages en béton.

UNIBRIDGE® : UNE MODULARITÉ TOTALE

Les premiers ponts portatifs métalliques, inventés pendant la deuxième guerre mondiale, étaient constitués de pièces dont les plus lourdes pouvaient être transportées par des équipes de 4 ou 6 hommes.

Il en a été largement fait usage par les sections du Génie pour remplacer des ouvrages détruits par l'occupant. Par la suite, ils ont été très largement utilisés comme ouvrages provisoires, sans jamais évoluer au niveau de la conception.

Le concept Unibridge, développé par Matière®, a tout changé depuis 2003. Les panneaux et pièces multiples cèdent la place à des caissons étanches, préfabriqués en usine et

assemblés sur place. Composé d'éléments de poutres de 6 mètres et 11,40 mètres de longueur, assemblés longitudinalement par entretoises, l'Unibridge® est totalement modulaire. Il permet de réaliser des ponts à travées multiples dont la longueur maximale de structure entre deux appuis est à ce jour de 50 mètres.

Le pont est fourni avec l'ensemble des composants nécessaires à l'assemblage et est accompagné d'un manuel

de montage spécifiant la nature et le poids de chaque pièce.

Sa modularité transversale permet d'accroître sa largeur circulaire utile au cours de la vie de l'ouvrage par adjonction de poutres supplémentaires. Il peut également être démonté pour être déplacé si nécessaire.

Deux types de tabliers sont possibles : en plus d'un tablier métallique ou bois, ce type de pont peut recevoir un tablier mixte métal-béton.

UNE FABRICATION FRANÇAISE

Les Unibridge® ont été conçus pour être réalisés industriellement en France, à partir d'aciers et de composants issus des usines européennes normées.

Ils sont ainsi intégralement fabriqués en France dans le cadre d'Unibridge® Trading, filiale commune entre Matière® et Eiffage Construction Métallique, pour la commercialisation, la fabrication et la construction de « ponts métalliques, modulaires, définitifs, à montage rapide » ce qui permet à chacune des deux entreprises de disposer des capacités industrielles suffisantes pour répondre à toutes les demandes en fonction des zones géographiques dont elles proviennent dans le monde.

Ils sont transportables par conteneurs et destinés principalement soit à des pays qui ont un besoin d'équipement rapide, soit à des pays qui sont frappés par des catastrophes naturelles, soit à des pays qui retrouvent une situation normale après un conflit : c'est le cas, par exemple de l'Irak.

Entreprise d'ouvrages d'art en béton et en métal, Matière® s'adapte en permanence aux besoins de ses clients et leur apporte des solutions innovantes.

Elle le fait avec la volonté de proposer un produit complet 100% français, de la conception à la pose, avec toutes les garanties en terme de qualité et de sécurité. □



© MATIÈRE®

16



17

CONSTRUCTION DU 3^e POSTE À QUAI DANS LE PORT DE LOMÉ AU TOGO

AUTEURS : HICHEM OUFFROUKH, CHEF DE PROJET, ARCADIS - KARIM CHENIOUR, DIRECTEUR DE PROJET, GROUPEMENT : SOLETANCHE BACHY / SOGEA SATOM / EMCC - CHARLES KOUKOVI GAFAN, PRÉSIDENT DIRECTEUR GÉNÉRAL, TOGO TERMINAL - ÉRIC GRAVOT, DIRECTEUR DES INFRASTRUCTURES, BOLLORE AFRICA LOGISTICS - CHRISTOPHE DEBEUF, CHEF DE PROJET, TOGO TERMINAL

LE PROGRAMME DE MODERNISATION ET D'AGRANDISSEMENT DU TERMINAL À CONTENEURS DU PORT DE LOMÉ AU TOGO PRÉVOIT, DANS LE CADRE DE LA CONCESSION OCTROYÉE À TOGO TERMINAL, FILIALE DU GROUPE BOLLORE, LA CONSTRUCTION D'UN TROISIÈME QUAI DE 450 M. CET OUVRAGE PORTE LA PROFONDEUR DU PORT À 15 M. EN OUTRE, LES TERRE-PLEINS EXISTANTS SERONT AGRANDIS SUR ENVIRON 30 HA. LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU 3^e POSTE À QUAI ET LE DRAGAGE ASSOCIÉ ONT ÉTÉ CONFIEÉS AU GROUPEMENT COMPOSÉ DE SOLETANCHE BACHY (MANDATAIRE), SOGEA SATOM ET EMCC. LA FIN DES TRAVAUX EST PRÉVUE À L'AUTOMNE 2013.

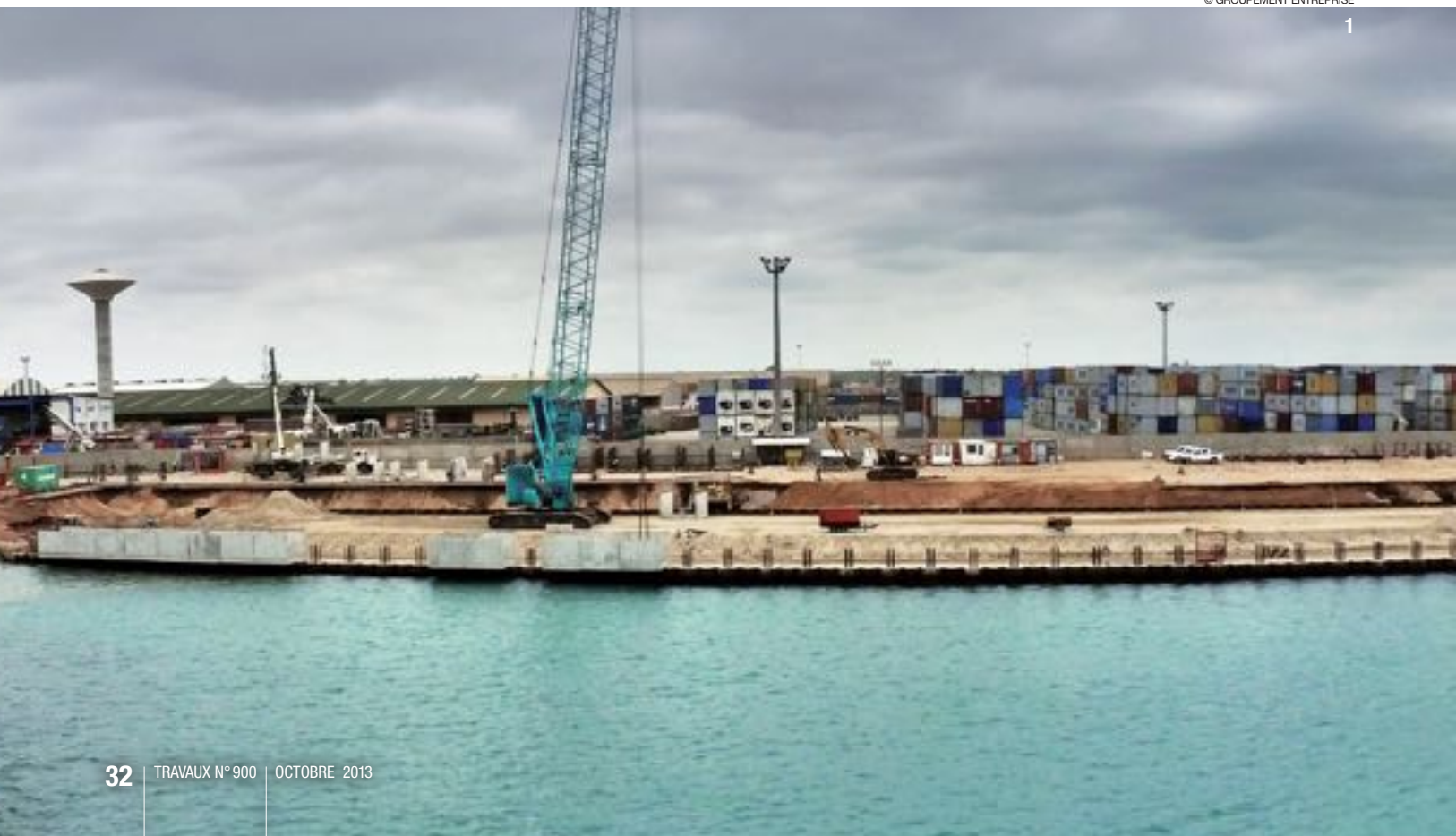
PROJET DE DÉVELOPPEMENT DU TERMINAL

Le port de Lomé est situé à 7,5 km environ à l'est de la capitale. Le plan d'eau abrité est constitué d'une jetée principale d'une longueur de 1,7 km et d'une contre-jetée de 0,95 km de long. Le Port de Lomé dispose actuellement des installations portuaires principales suivantes (figure 2) :

- 4 postes à quai PQ1 à PQ4 articulés autour du môle 1 et dédiés aux marchandises conventionnelles. Ces postes permettent l'accueil de navires de 9,5 m de tirant d'eau pour 3 postes et 7 m pour un poste ;
 - 2 postes à quai PQ5 et PQ6 de part et d'autre du môle 2, dédiés au trafic conteneurs. Ces deux postes permettent l'accueil de porte-conteneurs de tirants d'eau respectifs 10,60 et 11,30 m ;
 - 2 appontements : pour la marine nationale et pour les remorqueurs ;
 - Un quai minéralier (PQ9) ;
 - Un quai pétrolier (PQ10) ;
 - Un port de pêche ;
 - Des bâtiments de servitude et des entrepôts de stockage ;
 - Un terminal conteneurs d'environ 11 ha ;
- L'activité conteneurs du port est actuellement accueillie par les 2 postes à quai du môle 2, situés de part et d'autre d'un môle de 140 m de largeur. Les opérations de chargements/déchargements sur ces postes sont assurées au moyen de grues mobiles LHM et Gottwald.

© GROUPEMENT ENTREPRISE

1





© PLAQUETTE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ - PAL



© ARCADIS

Les terre-pleins associés, d'une superficie d'environ 11 ha, sont exploités au moyen de reach stackers.

Le projet de développement du Terminal à conteneurs (figures 1 et 3) consiste à :

- Créer un nouveau poste à quai de 450 m de long avec un tirant d'eau de 15 m destiné à recevoir des navires de projet de 300 m de longueur. Ce poste sera équipé à terme de 5 portiques sur rails ;
- Réaliser les travaux de dragage à -15 m associés à la réalisation de ce nouveau quai, afin de permettre l'accueil des navires de projet, y compris le dragage à l'intérieur du port : bassin, cercle d'évitage, rescindement de talus sous-marins, ...
- Réaliser les travaux d'extension et d'aménagement des terre-pleins

1- Panorama du chantier.

2- Port de Lomé - Situation avant travaux.

3- Futur Terminal à Conteneurs de Togo Terminal - Aménagement projeté.

1- Overview of the site.

2- Port of Lomé - Situation before the works.

3- Future container terminal (Togo Terminal) - Planned development.

existants. Sur une superficie d'environ 30 ha, il s'agira de densifier le stockage au moyen de portiques sur pneus (RTG). Ces travaux ne font pas l'objet du présent article.

ÉTUDES AMONT DE CONCEPTION GÉNÉRALE ÉTUDE DE MANŒVRABILITÉ

Avec les infrastructures actuelles du port de Lomé, la longueur maximale des navires porte-conteneurs accueillis jusqu'à présent est de 230 m.

Dans le cadre de sa nouvelle concession, Togo Terminal souhaitait être en mesure d'assurer l'accueil des navires jusqu'à 300 m de longueur. Les études de manœuvrabilité réalisées ont porté sur les différents points suivants :

- Évaluation de la faisabilité des

manœuvres d'arrivée et de départ du 3^e poste à quai du navire de projet ;

- Évaluation du plan masse actuel du port (plan de dragage) et propositions d'aménagement pour sécuriser les manœuvres de ces grands navires ;
- Détermination des conditions environnementales limitantes pour ces manœuvres (vent et houle) ;
- Évaluation des moyens d'assistance nécessaires à la sécurité de ces manœuvres (nombre et caractéristiques des remorqueurs) ;
- Recherche d'une éventuelle position optimale d'implantation du quai vis-à-vis de son accessibilité par les navires.

Simulations

Les simulations ont été réalisées par ARCADIS, au moyen du logiciel SHIP-NAVIGATOR. Ce logiciel permet de simuler en temps réel les manœuvres des navires en prenant en compte les effets du vent, de la houle et du courant sur le navire.

Les manœuvres sont conduites à partir du logiciel par un commandant qui peut agir sur les actionneurs suivants :

- Puissance des propulseurs principaux ;
- Puissance du propulseur d'étrave ;
- Angle de barre ;
- Actions des remorqueurs d'assistance.



Les simulations ont été conduites essentiellement avec le porte-conteneurs de projet de 300 m de longueur (tableau 1 et figure 4).

Les caractéristiques de ce navire de 300 m dépassent celles des nouvelles générations de porte-conteneurs de type over Panamax spécialement conçus pour les ports africains telles que les séries de type Africamax (228 m) ou Wafmax (249 m).

Les simulations de manœuvrabilité ont conduit aux principales conclusions suivantes :

1- En l'état le plan de dragage actuel du port ne permet pas l'accueil du navire de projet de 300 m dans les conditions de sécurité requises.

Un aménagement est nécessaire et doit comprendre :

- Un élargissement du cercle d'évitement à 600 m par extension au sud-ouest ;
- Le rescindement du talus sous-marin situé dans le prolongement du môle 2 pour élargir la zone d'évolution située entre l'extrémité de ce môle et le poste minéralier ;
- Une extension du dragage à -15 mZP devant le chantier naval OTAM ;
- Un léger élargissement de la passe d'entrée au Nord ;
- Le dragage à -15 mZP de toute la zone d'évolution.

Ces modifications ont été prises en compte dans le plan de dragage du projet.

2- L'accueil du navire de projet de 300 m ne peut pas se faire sans l'aide d'un remorqueur de 65 tonnes de traction au point fixe. Deux remorqueurs (65 t + 42 t) sont suffisants pour la majorité des conditions climatiques. Un troisième est nécessaire (24 t) dans quelques cas plus extrêmes. L'utilisation du propulseur d'étrave du navire est indispensable ; sans son utilisation, il est nécessaire de disposer d'un remorqueur supplémentaire.

CONTEXTE GÉOTECHNIQUE

Au début du projet, les données géotechniques et stratigraphiques disponibles au droit du site ont été jugées largement insuffisantes, raison pour laquelle une campagne de reconnaissance des sols a été réalisée par le maître d'ouvrage.

Cette campagne de sol a été définie de manière à pouvoir collecter l'ensemble des données de sol nécessaires pour les études et la réalisation des travaux qui font l'objet du présent marché. Elle a comporté des sondages en mer et

à terre, des essais in-situ et des essais en laboratoire sur les échantillons de sols prélevés.

Cette reconnaissance a été complétée par une campagne de reconnaissance complémentaire réalisée par l'Entrepreneur, dans la Zone Est, après l'attribution du marché afin de vérifier et de bien identifier le caractère compressible de certains horizons argileux, ainsi que de lever le doute sur les dernières incertitudes géotechniques.

De l'ensemble des reconnaissances réalisées, on pourra simplifier et résumer les conditions stratigraphiques dans la zone du projet à une alternance de sable fin à grossier, plus ou moins

4- Exemple de simulation (Arrivée navire 300 m, vent 7 m/s 270°N, Houle Hs = 2,25 m 175° Nord/Mer du vent Hs = 0,8 m, 270°N).

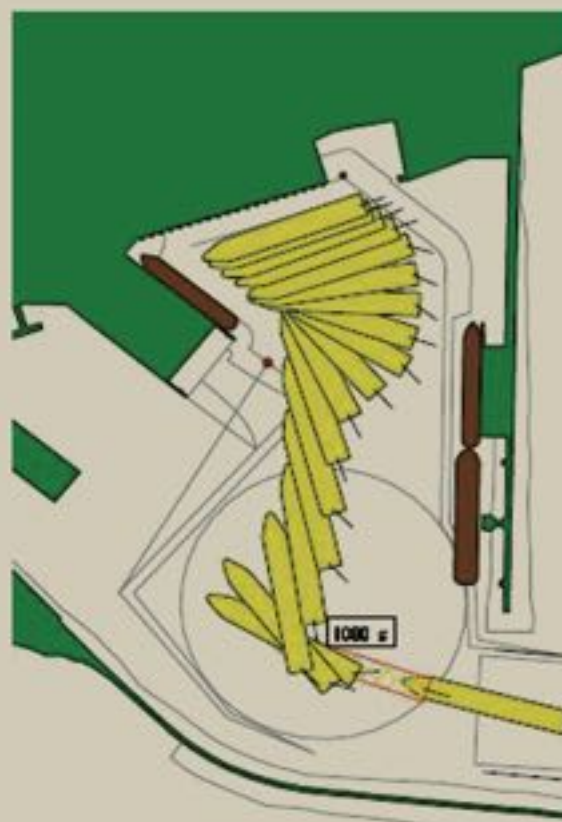
4- Exemple of simulation (ship arrival 300 m, wind 7 m/s 270°N, Swell Hs = 2.25 m 175° North/Wind-seas Hs = 0.8 m, 270°N).

TABLEAU 1 : CARACTÉRISTIQUE DU PORTE-CONTENEURS UTILISÉ POUR LES SIMULATIONS DE MANŒUVRABILITÉ

Longueur Hors tout	Loa	300 m
Largeur	B	41 m
Tirant d'eau max	Te (scantling)	14,2 m
Tirant d'eau de projet	Ted	13,2 m
Nombre de conteneurs EVP	Nb EVP	Env. 7 000
Port en lourd	DWT	81 700 t
Déplacement	D	110 000 t

EXEMPLE DE SIMULATION

(Arrivée navire 300 m, vent 7 m/s 270°N, Houle Hs = 2,25 m 175° Nord / Mer du vent Hs = 0,8 m, 270°N)



4

© ARCADIS

argileux, et de compacité variable. À noter qu'un passage franchement argileux a été rencontré entre la cote -14 m ZP et -18 m ZP.

De plus, certains sondages de reconnaissances ont révélé la présence des bancs de sables grésifiés (beach-rock) issus de la cimentation *in situ* sur une épaisseur de 1,5 m à 2 m. La largeur des bancs observables sur site est inférieure à 10 m.

ÉTABLISSEMENT DU PROGRAMME FONCTIONNEL ET CRITÈRES DE CONCEPTION

Le présent projet a été lancé en conception-construction afin d'éviter de confiner les différents groupements soumissionnaires à des solutions pré-établies.

Dans ce contexte, le dossier d'appel d'offres a été établi de façon à ce qu'il ne constitue en aucun cas un cahier des charges d'une solution déjà étudiée et dimensionnée. Le contenu de ce dossier s'attache à définir les prescriptions et exigences du Maître d'Ouvrage à respecter par l'Entrepreneur dans le cadre de sa mission de conception - réalisation.

À ce titre, il comprend :

- Les caractéristiques générales des ouvrages à construire ;
- Les choix fonctionnels retenus (qu'il s'agisse de principes fonctionnels ou d'équipements spécifiés requis par l'exploitant) ;
- Les règlements, normes, recommandations de référence à utiliser ;
- Les performances à obtenir ;
- Les conditions particulières d'exploitation ;
- Les contraintes de construction.

LE QUAI EN CONCEPTION RÉALISATION

Le contrat de conception-réalisation a été attribué le 24 février 2012 au groupement composé de Soletanche Bachy (mandataire), Sogea Satom et EMCC. Ces 3 sociétés sont membres du groupe Vinci et ont combiné dans ce projet leurs compétences respectives, à savoir :

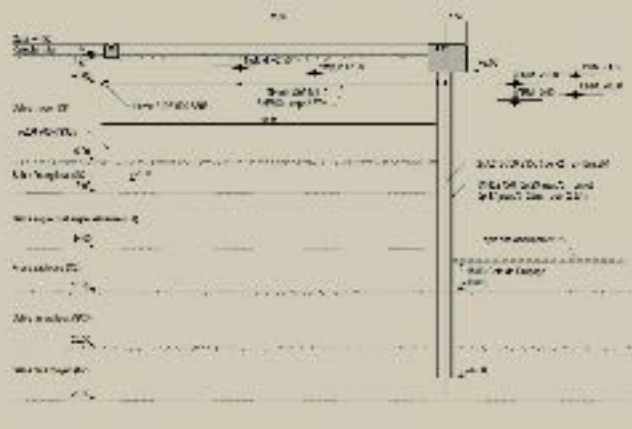
- La composante géotechnique et la réalisation de travaux portuaires de grande ampleur pour Soletanche Bachy ;
- L'implantation locale et les moyens de terrassement pour Sogea Satom, fer de lance du groupe Vinci en Afrique ;
- Son expérience en travaux maritimes, notamment pour le dragage et le battage, pour EMCC.

VUE EN PLAN GÉNÉRALE



5

COUPE TYPE - QUAI



6

LA SOLUTION RETENUE - SA CONCEPTION

La solution retenue est un quai de type combiwall. Le mur de quai côté mer est constitué d'un rideau mixte comprenant des tubes acier de diamètre 1422 mm de 26,2 m à 29,2 m de longueur. Une optimisation des types de tubes a été faite en réalisant des tubes avec 2 épaisseurs, 23,3 mm en tête sur 17 m et le reste en épaisseur de 17 mm. Le soutènement est complété par des paires de palplanches type AZ18-700 de 20 m de longueur. L'entre-axe des pieux est de 2,87 m. Le dispositif d'ancrage du mur de quai est constitué d'un rideau de palplanches arrière de type AZ36-700 de 11,5 m de long, conçu également pour assurer le rôle de fondation de la voie de grue arrière. La liaison entre rideau principal et contre rideau est assurée au moyen de tirants passifs, de nuance FeE500, articulés aux deux extrémités. À l'ouest, une transition de 40,30 m de long, constituée d'un talus en enrochements, permet le raccordement sur la structure du poste à quai PQ6. Le retour à l'est présente, quant à lui, une longueur de 110 m. (figures 5 et 6).

DÉROULEMENT DU CHANTIER

Au début du chantier, des travaux préparatoires nécessaires à la parfaite réalisation du projet d'aménagement ont été réalisés. Ces travaux comprennent les tâches suivantes :

- Démolition du mur de clôture existant et sa reconstruction à un nouvel emplacement ;
- Démolition d'une partie du petit môle implanté en partie médiane du futur quai. La démolition du reste du môle sera accomplie à la fin des travaux de façon à pouvoir utiliser

5- Vue en plan générale.

6- Coupe type - Quai.

7- Dépose des enrochements.

5- General plan view.

6- Typical cross section - Quay.

7- Placing rockfill.

cette partie du môle comme quai d'accostage et de chargement/déchargement ;

- Démolition et évacuation en décharge du revêtement béton de la plateforme actuelle dans l'emprise des travaux et d'une manière générale toute démolition jugée nécessaire par l'Entreprise dans le cadre de ses travaux ;
- Dépose des enrochements de protection du talus de fond de darse, de la cote -12.00 ZP à la cote 0.00 (figure 7) ;
- Dévoisement du câble 20 kV situé dans l'emprise des travaux.

Mur du quai et rideau d'ancrage

Les travaux du mur du quai sont réalisés à terre depuis la berge dans la partie ouest (avec un aménagement préalable du talus) et depuis une plateforme gagnée sur le plan d'eau dans la partie est (où l'on bénéficie d'une faible profondeur d'eau). (figures 8, 9, 10 et 11).

Les tubes sont préparés en usine, incluant la soudure des éléments de connexion ; il est prévu une seule longueur de tube par pieu.

Deux ateliers distincts sont mis en œuvre :

- Une grue de 250 tonnes sur chenilles équipée d'un vibreur type 120 HD et d'un marteau hydraulique IHC S150 avec casque pour les tubes ;
- Une grue de 100 tonnes sur chenilles équipée d'un vibreur type 65 HD et d'un marteau hydraulique IHCS70 avec casque pour les palplanches.

Les palplanches du rideau d'ancrage sont mises en œuvre, sur la partie ouest, à l'intérieur d'une tranchée provisoire, depuis le niveau du terre-plein actuel, et sur la partie est depuis le haut de la plateforme gagnée sur plan d'eau

Les tirants sont installés au droit de chaque pieu en une seule nappe à la cote +1.0 m (partie ouest) et +1.5 m (partie retour est), ce qui permet de minimiser les travaux de déblais et de pompage en fond de fouille.

Pour la protection contre la corrosion des éléments métalliques de la structure du quai, en complément de la perte d'épaisseur, il est prévu un dispositif de protection cathodique par anode sacrificielle.



7

© GROUPEMENT ENTREPRISE



8



9



10

Ainsi, pour les ouvrages principaux que sont les structures de soutènement du quai, la protection vis-à-vis de la corrosion est assurée comme suit :

- Protection cathodique par anode sacrificielle en zones immergées et de marnage + épaisseur sacrificielle en complément ;
- Épaisseur sacrificielle pour les autres zones.

Poutre de couronnement

Le quai est équipé d'une poutre de couronnement (figure 12) qui assure les fonctions principales suivantes :

- Rigidité d'ensemble du quai ;
- Transmission et diffusion des efforts d'accostage et d'amarrage aux structures d'ancrage du quai et au terrain encaissant ;
- Longrine support de la voie de roulement avant des portiques sur rails ;
- Accueil des appareils de quai et autres équipements suivants :
 - Bollards d'amarrage,
 - Fosse de brochage des portiques,
 - Système de défenses d'accostage,

8- Mise en fiche des tubes.

9- Battage du mur du quai.

10- Rideau arrière et pose des tirants.

11- Vue d'ensemble du chantier.

8- Setting tubes.

9- Pile driving for the quay wall.

10- Rear curtain and placing tie anchors.

11- Overall view of the construction site.

- Échelles d'accès au plan d'eau,
- Fosses et caniveaux électriques,
- Fosses pour prises d'eau douce et bouche à incendie.



11

La poutre de couronnement est coulée en place dans des « peaux coffrantes » préfabriquées (figures 13 et 14).

Elle est liaisonnée aux pieux au moyen d'armatures filantes ancrées dans le bouchon des têtes de pieu (recevant également le dispositif d'ancrage).

Le coffrage est ainsi constitué d'éléments préfabriqués en U prenant appui sur l'arase supérieure des pieux et palplanches.

Ils sont auto-stables. Une réservation est faite dans le coffrage pour permettre le passage des aciers sortant du tube (afin d'assurer la longueur de recouvrement) ; les palplanches sont recépées à la cote de sous-face des éléments préfabriqués.

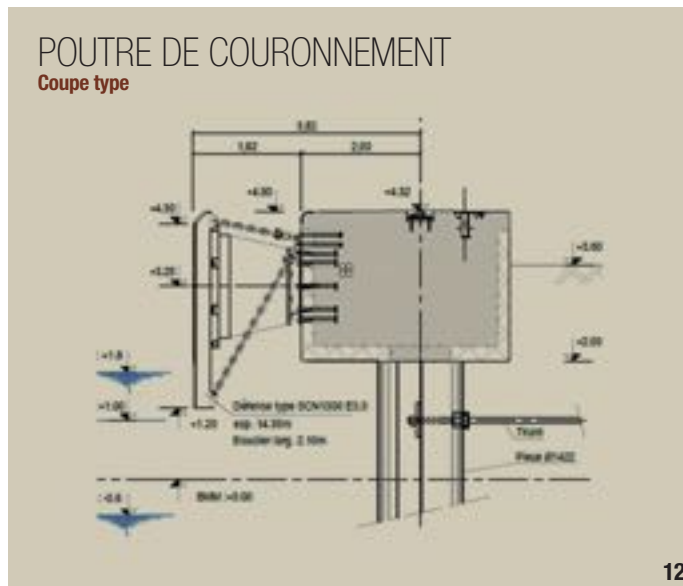
Fourniture et mise en œuvre des matériaux en remblai

Les remblais mis à l'arrière du quai sont issus essentiellement des matériaux de dragage, qui sont soit refoulés directement (sables propres), soit sélectionnés dans la zone de refoulement des sables et amenés par camions. Les matériaux sélectionnés contiennent peu de fines (moins de 12%) et doivent être insensibles à l'eau.

Pour les remblais installés sous eau, leur compacité est améliorée par vibro-compaction et/ou pré-chargement afin d'obtenir une densité relative (Dr) de 70% sur toute la hauteur. Le but de cette densification est :

- D'assurer la portance suffisante pour la suite des travaux de terrassement hors d'eau ;
- De limiter les tassements ultérieurs de la plateforme bord à quai.

Pour s'assurer que les objectifs de densification sont bien atteints, des essais *in situ* de contrôle (par pénétromètre statique) seront réalisés par l'Entrepreneur.



© GROUPEMENT ENTREPRISE

12- Poutre de couronnement - Coupe type.

13- Pose du coffrage de la poutre de couronnement.

14- Ferrailage de la poutre de couronnement.

12- Capping beam - Typical cross section.

13- Placing formwork for the capping beam.

14- Capping beam reinforcing bars.

Dragages

L'objectif des opérations de dragage consiste à garantir un plafond de dragage minimal à la cote -15 ZP sur les emprises nécessaires à l'accueil des navires de projet, de la passe d'entrée du port jusqu'au 3^e poste à quai. Ces emprises ont été vérifiées et optimisées à l'issue des études de manœuvrabilité des navires de projet.

Les raccordements aux plafonds de dragage actuels des zones adjacentes s'effectuent par le biais de talus réglés à une pente de 5H/1V. Les volumes concernés par ces dragages sont de l'ordre de 1,9 millions de mètres cubes. Le dragage a été réalisé au moyen des matériels suivants :

- Une drague aspiratrice stationnaire équipée d'une élinde capable d'atteindre 18 m de profondeur et équipée d'une roue pelle de type IHC

conçue pour pouvoir excaver tous les terrains y compris les passages éventuels d'argile raide ;

- Un ponton muni d'un chemin de roulement pour pelle hydraulique ou pelle à câbles ;
- Une benne lourde de terrassement type Blow Knox RN 711 (ou équivalente) pour pelle à câbles.

Cependant, la présence accrue de terrains argileux a retardé les travaux de dragage à la drague stationnaire (figure 15). Pour pallier à ce retard, une drague aspiratrice en marche est venue renforcer les moyens déjà mis en œuvre (figure 16).

Les dalles de grès dans l'emprise des travaux de dragage sont déroctées depuis la plateforme avec une pelle mécanique équipée d'un BRH marinisé. Trois zones de dépôt ont été utilisées :

- Mise en remblai hydraulique : les sables propres ont été refoulés directement en remblais hydrauliques pour la constitution de la plateforme en partie est du quai ;
- Refoulement à l'est : de façon générale, tous les autres matériaux ont été refoulés à l'est de la contre-jetée. Le transport s'est fait au moyen de conduites flottantes jusqu'à des points fixes, puis au moyen de conduites fixes installées à terre ;
- Clapage en mer : l'intervention en renfort d'une drague aspiratrice en marche a conduit à refouler également les matériaux dans la zone d'immersion en mer réservée pour ce type d'opération.

Protection des fonds et talus

L'érosion des fonds et des talus est un phénomène régulièrement constaté dans les ports. ▷





15



16

© GROUPEMENT ENTREPRISE

Dans le cadre du présent projet, le phénomène est d'autant plus à craindre que la zone de manœuvre est relativement exigüe et confinée et que les hauteurs d'eau sous la quille des navires (« clair sous quille ») sont relativement faibles pour les plus gros navires accueillis.

Cette érosion est principalement due :

- Aux effets des propulseurs principaux des différents navires de projet ;
- Aux effets des propulseurs d'étrave et de poupe des navires de projet ;
- Aux effets des propulseurs des remorqueurs.

Les zones qui ont été protégées vis-à-vis de ces phénomènes d'affouillement sont les suivantes :

- Talus de raccordement à l'angle entre le poste à quai n°6 et le futur 3^e poste ;
- Talus d'extrémité Est du 3^e poste, au droit du raccordement avec les structures de quai du port de pêche ;
- Talus sous-marin le long du poste à quai n°6 entre les cotes -15 et -12 m ZP ;

15- Drague aspiratrice stationnaire.

16- Drague aspiratrice en marche.

15- Stationary suction dredger.

16- Suction dredger in operation.

- Fonds devant le 3^e poste à la cote -15 m ZP.

Les types de protection envisagés sont :

- Enrochements naturels associés à une sous-couche filtre, composée de gabions de cailloux comprenant en partie inférieure une nappe géotextile intégrée à la cage, pour la protection des talus ;
- Matelas de gabions de cailloux de 0,5 m d'épaisseur pour la protection des fonds devant le nouveau quai. □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

CLIENT : Togo Terminal & Bolloré Africa Logistics

ASSISTANT TECHNIQUE CLIENT : Arcadis

ENTREPRISES : Soletanche Bachy (mandataire), Sogea Satom, EMCC

PRINCIPALES QUANTITÉS

STRUCTURE DU QUAI

PIEUX ϕ 1 422 mm : 151 u (3 100 t)

PAIRE DE PALPLANCHES AZ18-700 : 151 u (525 t)

PAIRE DE PALPLANCHES AZ38-700 : 289 u (780 t)

TIRANTS : 151 u (270 t)

BÉTON : 5 730 m³

ACIERS BÉTON ARMÉ : 885 t

TERRASSEMENT - DRAGAGE

REMBLAIS : 110 000 m³

DRAGAGE : 1 875 000 m³

ABSTRACT

CONSTRUCTION OF THE THIRD BERTH IN THE PORT OF LOMÉ, IN TOGO

H. OUFFROUKH, ARCADIS - K. CHENIOUR, SOLETANCHE BACHY / SOGEA SATOM / EMCC - C. KOUKOKI GAFAN, TOGO TERMINAL - É. GRAVOT, BOLLORE AFRICA LOGISTICS - C. DEBEUF, TOGO TERMINAL

Within the framework of the concession arrangement granted to Togo Terminal, a subsidiary of Bolloré group, the modernisation and enlargement programme for the container terminal of the Port of Lomé in Togo provides for the construction of a third 450-metre quay, deepening the port to 15 metres, and extension of the existing platforms over an area of about 30 ha. The contract for construction work on the third berth and the associated dredging was awarded to the consortium formed by Soletanche Bachy (leader), Sogea Satom and EMCC. Work completion is scheduled for the autumn of 2013. □

CONSTRUCCIÓN DEL 3^{er} ATRACADERO EN EL PUERTO DE LOMÉ EN TOGO

H. OUFFROUKH, ARCADIS - K. CHENIOUR, SOLETANCHE BACHY / SOGEA SATOM / EMCC - C. KOUKOKI GAFAN, TOGO TERMINAL - É. GRAVOT, BOLLORE AFRICA LOGISTICS - C. DEBEUF, TOGO TERMINAL

El programa de modernización y ampliación de la terminal para contenedores del puerto de Lomé en Togo prevé, en el marco de la concesión otorgada a Togo Terminal, filial del grupo Bolloré, la construcción de un tercer muelle de 450 m, que aumenta la profundidad del puerto a 15 m, y la ampliación de los terraplenes existentes en una superficie de cerca de 30 ha. Las obras de construcción del 3^{er} atracadero y el dragado asociado se han confiado a la agrupación formada por Soletanche Bachy (mandatario), Sogea Satom y EMCC. La finalización de las obras está prevista para otoño de 2013. □

En 2013,
la SMAvie BTP a...

80
ans
C'EST
RASSURANT!

Mon assurance-vie à la SMAvie BTP

L'avenir appartient à ceux qui le construisent!



EN 2013, PRIVILÉGIEZ L'ÉPARGNE GAGNANTE

Vous avez mille projets et vous donneriez bien un coup de pouce à votre épargne pour les réaliser ?

Pour cela, faites confiance à la SMAvie BTP : nous aidons nos sociétaires à assurer leur protection et à construire leurs rêves depuis 80 ans !

Et pour fêter notre anniversaire, profitez maintenant d'une offre exceptionnelle sur notre contrat d'assurance-vie BATIRETRAITE MultiCompte : un excellent rendement et zéro frais sur vos versements*.

La SMAvie BTP :
tout le monde
peut en profiter

Découvrez tous vos avantages
sur www.smavie.fr !

0%* FRAIS

sur versements jusqu'au
31 décembre 2013

3,40%**

Taux de rendement net minimum
au 4^e trimestre 2013


SMAVIE BTP
BÂTIR L'AVENIR AVEC ASSURANCE

* Pour tout versement supérieur à 10000 € comportant au moins 10 % d'unités de compte.

** Taux de rendement minimum appliqué sur le support € SMAvie BTP sur une base annualisée entre le 01/10/2013 et le 31/12/2013. Après application des frais de gestion et avant prélèvements sociaux. Les performances passées ne préjugent pas des rendements futurs.



**SCANNEZ CE CODE
POUR DÉCOUVRIR L'OFFRE SPÉCIALE**

Ce QRCode est lisible à partir de votre téléphone portable après avoir téléchargé et installé une application de lecture.

SOCIÉTÉ MUTUELLE D'ASSURANCE SUR LA VIE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

Société d'assurance mutuelle à cotisations fixes - Entreprise régie par le code des assurances - 775 664 772 rcs Paris - 114 avenue Emile Zola - 75739 Paris cedex 15



TANGER MED 2 : TRAVAUX COLOSSAUX AUX COLONNES D'HERCULE

AUTEURS : MICHEL YON, DIRECTEUR DE PROJET TM2 ADJOINT, SAIPEM SA - NICOLAS BERTHE, RESPONSABLE TECHNIQUE PROJET TM2, BOUYGUES TP - ANTOINE BIDAULT, DIRECTEUR PRODUCTION PROJET TM2, SAIPEM SA

ALORS QUE 20% DU TRAFIC MARITIME MONDIAL DE CONTENEURS PASSE PAR LE DÉTROIT DE GIBRALTAR, LE NORD DU MAROC N'AVAIT JUSQU'EN 2007 AUCUN PORT EN EAU PROFONDE. C'EST AVEC LA VOLONTÉ DE DÉVELOPPER LA RÉGION, QUE SM MOHAMED VI A DÉCIDÉ LA CONSTRUCTION DES PORTS DE TANGER MED1 (3,5 MILLIONS DE CONTENEURS/AN), TANGER RO-RO (ROULIER) ET TANGER MED 2 (5 MILLIONS/AN). FORTE DE SON EXPÉRIENCE SUR LES DEUX PREMIERS, LA MÊME JOINT VENTURE BOUYGUES TP-Saipem-BYMARO RÉALISE TANGER MED 2 QUI SERA LIVRÉ À L'ÉTÉ 2014.

CONCEPTION DES OUVRAGES DE PROTECTION

Deux digues, l'une principale (DP) et l'autre secondaire (DS), constituent les ouvrages de protection du Nouveau Port de Tanger Med2, objet du marché attribué à la JV (figure 3). Ces deux digues comprennent chacune une partie en talus (DPT longue de 1 km ; DST longue de 377 m) et une partie en caissons (DPC constituée de 95 caissons, DSC constituée de 10 caissons).

Les digues à talus sont protégées par une carapace en blocs Accropode™ côté mer (blocs de 4 m³, 6,3 m³ ou 9 m³) et par des enrochements naturels côté port (1,5-3 t ou 2,4-4,8 t). Les caissons sont des structures quadrilobées en béton armé, dont les dimensions enveloppe sont 28 m x 28 m x 24,5 m, et représentent environ 300 000 m³ de béton et 60 000 t d'aciers. Ces caissons sont munis d'une protection cathodique.

Le premier volet des études d'exécution a consisté à figer le plan masse. Pour ce faire, il a fallu :

→ Définir les conditions de houle au large : les conditions extrêmes et opérationnelles des houles d'origine Atlantique et Méditerranée ont été définies puis validées par un comité d'experts.
→ Définir le contour intérieur du bassin : le plan masse doit satisfaire les exigences de fonctionnalité fixées par le Maître d'Ouvrage (MO), que ce soit

en termes de dimensions internes du bassin, de longueur de recouvrement entre les ouvrages de protection, de linéaire de quais ou de profondeurs.

→ Vérifier le respect des critères d'agitation : le plan masse doit répondre aux critères fixés par le MO en termes d'agitation portuaire et de tenue de navires à poste, pour les porte-conteneurs comme pour les pétroliers.

→ Valider le plan masse via une étude de navigation : le plan masse a été



1
© TMBYS

validé par la commission nautique du complexe portuaire Tanger Med, sur la base de simulations de navigabilité. Une fois le plan masse défini, le second volet des études d'exécution a consisté à dimensionner les ouvrages de protection. Pour ce faire, il a fallu :

- Définir les conditions de houle au droit de l'ouvrage : une étude de propagation de la houle au large jusque devant l'ouvrage a été menée.
- Réaliser des essais hydrauliques en canal (2D) ou en cuve (3D) à houles : la jonction entre la DPT et la DPC ainsi

1- Vue générale projet TM2.
2- Déploiement des moyens pour la réalisation de la digue principale.

1- General view of TM2 project.
2- Deployment of equipment for construction of the main dyke.

que des sections spécifiques de la DPC et de la DSC ont été modélisées, ce qui a permis de valider la stabilité des ouvrages à talus, de vérifier que les franchissements de houle étaient conformes aux critères fixés par le MO, et de définir les efforts hydrauliques appliqués aux caissons.

→ Effectuer les études géotechniques : la DPT se situe sur un ancien paléotalweg, qui présente des épaisseurs relativement importantes de matériaux meubles. La stabilité des ouvrages a dû être validée, en prenant notamment en compte les risques potentiels liés à la liquéfaction des sols.

→ Effectuer le dimensionnement structurel des caissons en béton armé.

L'une des particularités du Nouveau Port de Tanger Med2, par comparaison aux précédents lots (Port Tanger Med1 et Port Roulier), est la contre-digue (CD) située à l'arrière des caissons de la DP (figure 4). Les études d'agitation ont en effet conduit à la mise en œuvre d'un talus en enrochements adossé aux caissons, dont le but est d'absorber une partie de la houle (réflexion de l'ordre 45 %) à l'intérieur du port. La partie supérieure de cette CD doit cependant être protégée, la protection était initialement constituée d'un mur de couronnement en béton et d'enrochements naturels. Or, les enrochements de protection n'étaient pas stables en raison des franchissements induits par les houles centennales. Le projet a donc dû concevoir et mettre en œuvre une solution alternative innovante : une dalle alvéolée en béton non armé. Cette dalle

a une épaisseur de 1,80 m et présente une porosité de 20 %. Elle permet une protection durable de la partie supérieure du talus de la CD, mais également une absorption partielle de la houle et par conséquent le respect des critères de franchissement au droit du mur de couronnement.

LES DIGUES À TALUS

La digue principale à talus est désormais achevée, pour sa partie en matériaux de carrière (figure 5). Elle sert de piste d'accès aux travaux actuellement en cours sur la digue principale à caissons. Seuls les travaux relatifs au mur de couronnement restent à réaliser, ils ne débiteront qu'après achèvement des travaux de la digue à caissons. Les efforts et les moyens sont actuellement concentrés sur le deuxième ouvrage à talus : la digue secondaire et sa piste d'accès. En effet, afin de respecter les délais de livraison du projet, il faut encore mettre en œuvre 1,3 millions de tonnes de matériaux de carrière et 3 250 blocs Accropode™ de 9 m³ dans l'été 2014.

Pour débiter les travaux de cette digue, un accès a dû être réalisé au préalable afin de pouvoir rejoindre la DS depuis la digue existante du port roulier (figure 6). La définition de cette piste a été réalisée conjointement avec le Client car les diverses solutions techniques étudiées impactaient l'ouvrage du port roulier lui appartenant. La solution retenue consiste à passer sur les 6 premiers caissons de la digue du port roulier puis sur une digue en enrochements de 320 m de long afin de rejoindre la DS. Le passage sur les caissons existants a nécessité :

→ La découpe, par la technique du câble diamanté, des structures brise-lame Jarlan de 5 caissons ;

→ La réalisation d'ouvrages en génie civil munis de protection cathodique par courant imposé, permettant de créer une voie de circulation double pour les engins de chantier (dumper de 40 t de capacité, grues à chenille de 300 t) nécessaires à la construction de la DS ;

→ Des ponts mixtes (structure métallique de 50 t et pré-dalle de 70 t) pour passer d'un caisson à l'autre (figure 7). Ces ponts ont été dimensionnés afin de reprendre les sous pressions générées par une houle de période de retour 20 ans, soit 4,60 m de Houle significative (Hs) à ce point.

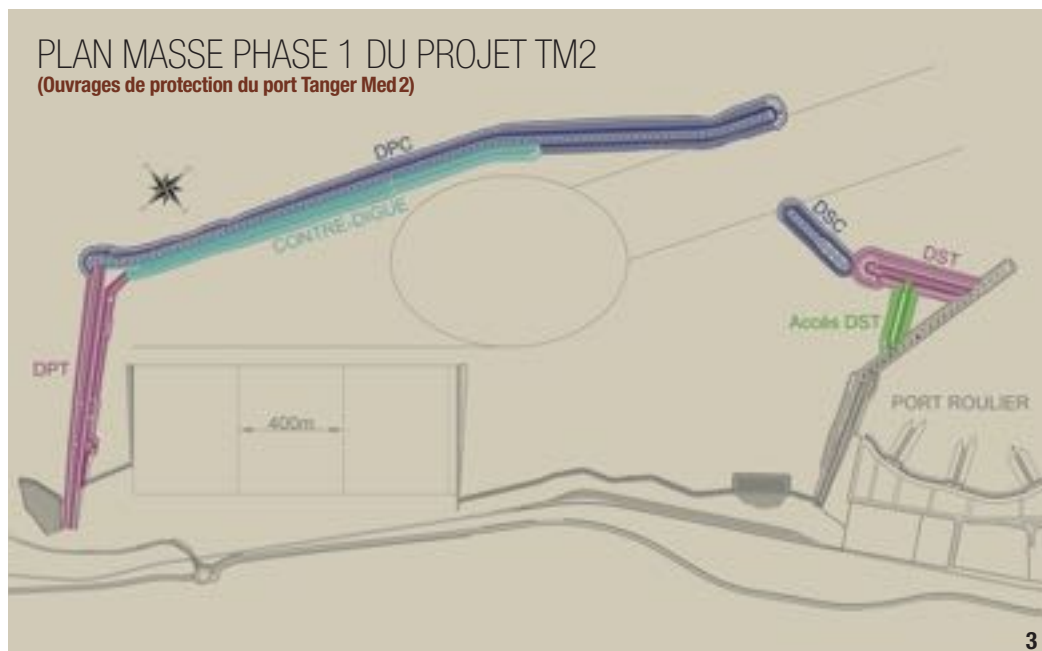
Le noyau de la digue d'accès est dorénavant achevé, permettant le démarrage des travaux de mise en œuvre du corps de digue par voie terrestre. ▷



2

3- Plan masse phase 1 du projet TM2.
4- Vue en plan et coupe de la DPC sur la dalle alvéolée.

3- Layout plan of phase 1 of the TM2 project.
4- Plan view and cross section of the main box-girder dyke on the honey-combed slab.



3

© TMBYS

Réalisés à une cadence moyenne journalière de 7 000 t de tout-venant de 1-500 kg livrées depuis la carrière du projet, ces travaux sont le préalable à l'amenée des équipements nécessaires à la réalisation des protections de la DS. Ces ouvrages ont été très fortement endommagés lors de l'hiver 2012-2013 au cours duquel le projet a subi deux tempêtes de houle supérieure à la houle cinquantennale (6,20 m de Hs) (figure 8). Afin de respecter les délais, la JV a décidé de mobiliser des moyens supplémentaires. Il est prévu de réaliser les travaux de protection : carapace en enrochements et en blocs Accropode™, au moyen de :

- 2 grues à chenilles de 300 t,
- 1 grue à chenilles de 200 t,
- 1 pelle hydraulique de 120 t avec un bras de 29 m de long.

Dernière pierre à l'édifice, les blocs Accropode™, produits sur le chantier, sont mis en place sous eau au moyen de scaphandriers qui réalisent la pose finale du bloc après la descente de ce dernier, à la grue de 300 t, au droit de sa position théorique indiquée par le système de positionnement GPS RTK (Real Time Kinematic) embarqué.

LES DIGUES À CAISSONS

Prolongement des ouvrages à talus, les digues à caissons représentent la majeure partie des ouvrages de protection. Les caissons sont préfabriqués sur site, comme décrit dans TRAVAUX n°884 d'Octobre 2011, en deux étapes. Le radier et la première levée de 9,20 m sont réalisés à terre. La seconde levée est réalisée à quai

après la mise à l'eau du caisson au moyen d'un portique spécialement conçu et réalisé par les équipes projet et qui permet de lever jusqu'à 3 600 t. La préfabrication des caissons, peu dépendante des aléas météo, a été néanmoins fortement perturbée par l'hiver 2012-2013. En effet, les conditions de mer ne permettaient pas la pose de caissons. Limitée par une capacité maximale de stockage de 8 unités, la ligne de préfabrication a ainsi subi de nombreux arrêts, impactant de fait le planning de cette activité.

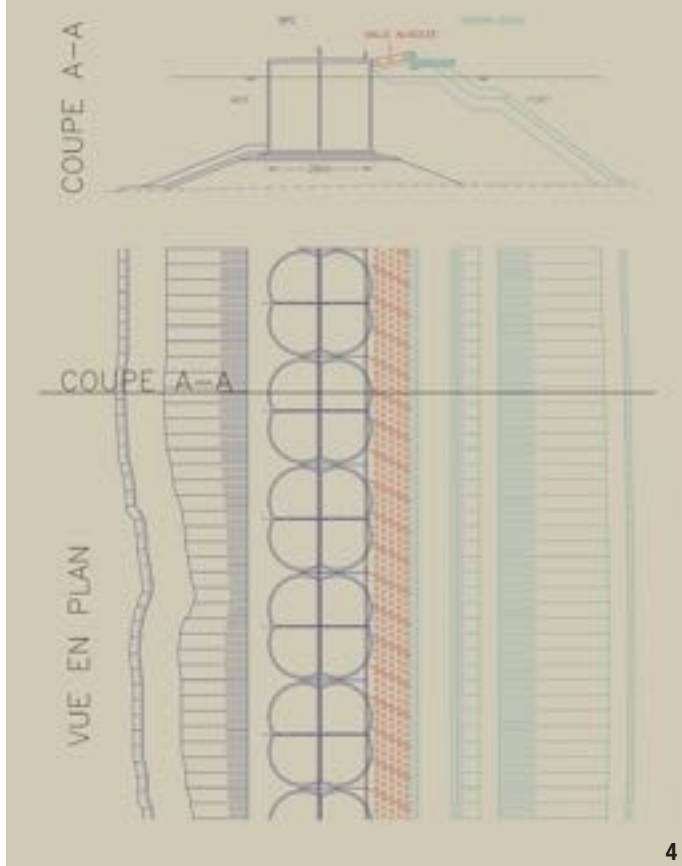
Avec le retour d'une météo plus clémente, la pose des caissons a repris à une cadence plus soutenue qui atteint jusqu'à 10 caissons par mois (figure 9). Les caissons sont posés sur une assise réalisée en ballast et nivelée au moyen d'un niveleur hydraulique piloté depuis la surface, qui permet de régler, en une mise en place, une surface de 15x30 m avec une tolérance de +/-4 cm par 20 m de fond.

Une fois posé, le caisson est ballasté par 28 000 t de matériau de carrière mis en œuvre avec une pelle de 80 t montée sur un chaland de 1 000 t de capacité. Cette étape est le préalable au démarrage des activités de superstructures :

→ Une dalle supérieure qui ferme le caisson (650 m³ de béton coulé en une seule fois ; 90 t de ferrailage muni de protection cathodique à courant imposé).

→ Deux voiles anti-franchissement surélevant la digue à caissons de 3 m afin de garantir les critères du MO. La réalisation des dalles est l'activité

VUE EN PLAN ET COUPE DE LA DPC SUR LA DALLE ALVÉOLÉE



4

© TMBYS

critique du projet, car son avancement guide celui de la contre-digue. Fortement impactée par les conditions hivernales, ces travaux ont été très ralentis. La difficulté de cette activité est de réaliser cette tâche en cadence, à un rythme industriel, comme peut l'être

une ligne de préfabrication, tout en ayant une forte dépendance vis-à-vis de la météo (figure 10).

Adossée aux 66 premiers caissons de la digue, la contre digue est ensuite réalisée. D'un point de vue travaux, la particularité de cet ouvrage, outre



5



6

© TMBYS

5- Digue principale et installations de préfabrication de caissons.

6- Digue d'accès et digue secondaire.

7- Pose des pont mixtes pour l'accès à la DST sur la digue du port RoRo.

5- Main dyke and box girder prefabrication plant.

6- Access dyke and secondary dyke.

7- Placing composite steel-concrete bridges for access to the secondary embankment dyke of the RoRo port.

la forte co-activité, est la réalisation de la dalle alvéolée. Positionnée entre les caissons et le mur de couronnement, sise sur une pente de 20% réalisée en matériau pierreux 100-500 kg, cette dalle est réalisée par plots de 8 m, de 150 m³ de béton, et comprend 20 alvéoles de 1 m de diamètre sur toute l'épaisseur de 1,80 m.

Pour réaliser ces alvéoles, un outil coffrant spécifique a été développé conjointement avec le fabricant Nord-Coffrage (figure 11).

Compte tenu de la géométrie de cette structure, la formule béton, à base de sable issu de dragage, a été optimisée en diminuant la teneur en ciment pour réduire l'exothermie.

Avant de réaliser ces ouvrages de génie civil, les travaux de terrassement de la CD doivent être préalablement terminés. Ces travaux, en cours, consistent à réaliser un talus en enrochements sur le côté port de la digue à caissons. Pour cela, et compte tenu du design, une pelle de 80 t avec un bras long a été spécialement conçue par Liebherr pour le projet. Cette pelle permet d'augmenter sensiblement la cadence de pose d'enrochements sous eau, qui sinon, se ferait à la grue à chenille de 280 t. Cette contre-digue est une zone à très forte co-activité car elle sert également de piste pour les approvisionnements en acier et en béton des superstructures, ainsi que pour la flotte d'engins transportant les 2,2 millions de tonnes de matériaux de carrière nécessaires à l'avancement du terrassement. La gestion de ces interfaces est quotidienne car l'enchaînement des différentes phases de terrassement ou de bétonnage nécessite fréquemment des déviations ou des interruptions de trafic. (figure 2).



© TMBYS

7

LA « MINE » DE MATÉRIAUX

La réalisation de ces ouvrages demande près de 20 millions de tonnes de matériaux principalement en tout venant inférieur à 500 kg, pour réaliser les digues à talus, mais également en enrochements de 0,5 à 7 t, et en agrégats, nécessaires à la fabrication des 506 000 m³ de béton.

Une carrière située à 15 km du projet a été spécialement ouverte pour les travaux de Tanger Med. Les délais du projet nécessitent une capacité de production de 600 000 t/mois.

Les moyens suivants, calqués sur des modèles miniers (figure 13), ont permis d'atteindre cet objectif :

- 3 foreuses roto-percussives,
- 7 chargeurs dont 3 de 540 CV,
- 4 bulls,
- 21 pelles de 30 à 80 t,
- 10 dumpers de 25 m³,
- Un crible rotatif de Tout Venants « Trommel » de 500 t/h,
- 3 cribles mobiles pour revalorisation des stériles,



8
© TMBYS

→ Une centrale de concassage de 200 t/h.

Ainsi qu'une flotte de 100 camions 8x4 ou semi-remorques qui, en fin de chantier, aura parcouru 75 fois la distance de la Terre à la Lune. À titre de comparaison, la production moyenne d'une carrière française⁽¹⁾ est de l'ordre de 240 000 t/an. Toutes les facettes de l'exploitation ont été analysées et optimisées afin de tirer le meilleur parti de ces moyens mis en œuvre :

→ Afin de garantir la souplesse nécessaire à la réalisation de trois tirs de mine par jour, la méthode retenue est un explosif traditionnel à base de granulés nitrate-fuel ;

→ Le logiciel Coralis permet de gérer l'avancement des tirs de mine au rythme de la production et en adéquation avec la géologie (figure 12) ;

→ Des zones de stockage permettant de lisser la production tout en adaptant les livraisons aux cadences de mise

8- Caissons affrontant la tempête du 19 Janvier 2013.

9- Remorquage du caisson C84 vers son lieu de pose.

10- Vue générale des superstructures des caissons de la DSC.

8- Box girders facing up to the storm of 19 January 2013.

9- Towing box girder C84 to its installation location.

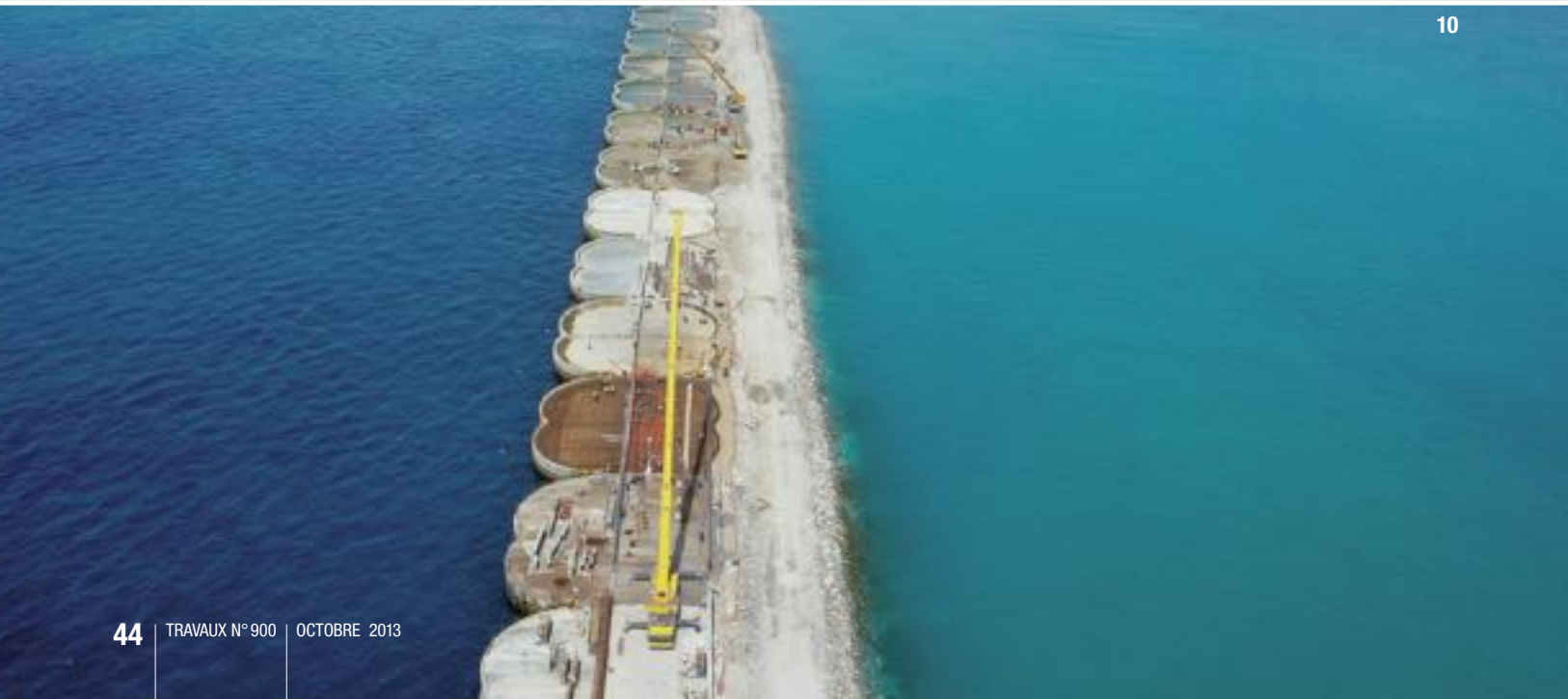
10- General view of the superstructures of the secondary box-girder dyke's box girders.

© TMBYS

9



10



11- Coffrages des dalles alvéolées de la contre digue.

12- Vue générale de la carrière Haft Labnate.

13- Exploitation de la carrière Haft Labnate.

11- Form-work for the counter-dyke's honeycombed slabs.

12- General view of the Haft Labnate quarry.

13- Working the Haft Labnate quarry.



en œuvre, qui dépendent fortement de la météo, ont été aménagées afin de pouvoir recevoir jusqu'à 1 300 000 t, en fin de période hivernale ;

→ Une démarche éco-responsable a été mise en place afin de limiter l'utilisation des ressources naturelles : à l'exception de certaines couches d'argile et de pélite, et après élaboration des matériaux nobles, les stériles de carrière sont utilisés soit en remblais,

là où la qualité le permet, soit pour ballaster et stabiliser les caissons formant les digues, soit à nouveau criblés afin d'obtenir un matériau qui, respectant les critères de filtre pour garantir la stabilité et la durabilité de l'ouvrage, peut constituer le corps de digue. Le nouveau sous-stérile issu de ce criblage est également utilisé en ballastage de caissons. Les quantités de matériaux impropres mises

en décharges sont donc minimisées ;
→ Les eaux de lavage des agrégats sont traitées pour permettre leur recyclage et limiter l'impact écologique de la carrière.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Consciente de sa responsabilité sociale en tant qu'un des principaux employeurs d'une région en cours de développement économique, la JV a développé de nombreuses initiatives auprès des communautés locales permettant, dans une démarche de développement durable, de participer à l'essor économique, ou d'améliorer le bien-être des communes entourant le projet notamment par :

→ La création d'emplois et le développement de compétences, la presque totalité de la main d'œuvre étant locale ;
→ La construction d'une école qui a été ouverte en 2012 ;
→ La rénovation de plusieurs bâtiments et maisons d'habitation. ▷

© TMBYS

12



13



Enfin à la carrière comme au site de construction du port, les 2 400 employés du projet participent régulièrement à de nombreuses formations à la sécurité, dont notamment le programme Leadership in Health and Safety (LiHS) développé par Saipem qui permet, au-delà des barrières culturelles, de sensibiliser les travailleurs à leur sécurité. Cela contribue à ce que le nombre d'accidents avec arrêt de travail soit limité à 1 par million d'heures travaillées.

CONCLUSION

Après dix ans d'un étroit partenariat, Bouygues TP, Saipem SA et Bymaro ont participé à la construction, ex-nihilo, de trois ports qui ensemble ont la capacité de devenir le plus grand port de la Méditerranée et de l'Afrique : Tanger Med. Les mêmes conceptions, les mêmes techniques, sans cesse améliorées et optimisées garantissent la qualité que mérite cet ouvrage exceptionnel. Cela démontre la capacité des partenaires de la JV de mener à bien la conception et la construction d'un projet clé-en-main de grande envergure dans le respect des délais, des budgets et des communautés avoisinantes. □

1- Données www.unicem.fr



14
© TMSA

14- Complexe portuaire Tanger Med.

14- Tangier Med port complex.

INTERVENANTS DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE : TM2SA (Tanger Med 2 Special Agency)

REPRÉSENTANT DU MO : TME (Tanger Med Engineering)

ENTREPRISES : JV Digue : Bouygues TP - Saipem SA - Bymaro
JV Quais : Besix - Somagec

PRINCIPALES QUANTITÉS

Ouvrages	Unit	Installations	DPT	DPC	Contre digue	Digue d'accès	DST	DSC	TOTAL
Tout venants < 500 kg	t	3 861 538	1 868 713	2 079 061	3 309 197	703 524	1 449 502	199 747	13 471 282
Enrochements 0,5 à 6 t	t	461 024	354 736	366 504	296 875	96 882	219 838	45 912	1 841 771
Ballast	t	791 277	9 896	2 175 316	7 385	9 287	4 811	283 188	3 281 160
Béton Murs de Couronnement	m³		26 468		57 680		9 837		93 985
Béton Accropode	m³		43 490				32 505		75 995
Béton Caissons	m³	19 449		221 005				13 394	253 848
Acier Caissons	t	1 651		45 098				2 733	49 482
Béton Superstructures	m³			76 956		1 028		3 875	81 859
Acier Superstructures	t			12 149		154		595	12 898
Agrégats béton	t	36 467	138 759	558 676	111 322	1 928	84 516	32 381	964 048
Total Matériaux de carrière yc agrégats	t	5 150 306	2 372 104	5 179 557	3 724 779	811 621	1 758 667	561 228	19 558 261
Total Béton	m³	19 449	69 958	297 960	57 680	1 028	42 342	17 270	505 687
Total Acier	t	1 651	-	57 247	-	154	-	3 328	62 380

ABSTRACT

TANGIER MED 2: COLOSSAL LABOUR ON THE PILLARS OF HERCULES

MICHEL YON, SAIPEM SA - NICOLAS BERTHE, BOUYGUES TP - ANTOINE BIDAULT, SAIPEM SA

Although 20% of the world's maritime container traffic passes through the Strait of Gibraltar, until 2007 northern Morocco had no deepwater port. With a view to developing the region, HM Mohamed VI decided on construction of the ports of Tanger Med1 (3.5 million containers/year), Tanger Ro-Ro and Tanger Med 2 (5 million containers/year). Applying the experience acquired on the first two projects, the same Bouygues TP-Saipem-Bymaro Joint Venture is building Tanger Med2, which will be delivered in the summer of 2014. The special feature of this new port by comparison with the previous projects is the counter-dyke located behind the box girders of the main dyke, with a honeycombed slab in ordinary concrete constituting an innovative alternative solution. □

TÁNGER MED II: OBRAS COLOSIALES EN LAS COLUMNAS DE HÉRCULES

MICHEL YON, SAIPEM SA - NICOLAS BERTHE, BOUYGUES TP - ANTOINE BIDAULT, SAIPEM SA

Aunque el 20% del tráfico marítimo mundial de contenedores pasa por el estrecho de Gibraltar, hasta 2007 el norte de Marruecos no tenía ningún puerto de aguas profundas. Con objeto de desarrollar la región, SM el rey Mohamed VI decidió la construcción de los puertos de Tánger Med I (3,5 millones de contenedores/año), Tánger RoRo y Tánger Med II (5 millones/año). Basándose en su experiencia en los dos primeros, la misma UTE Bouygues TP-Saipem-Bymaro está construyendo Tánger Med II que se entregará en el verano de 2014. Comparándolo con los anteriores, la particularidad de este nuevo puerto es el contradique situado en la parte posterior de los cajones del dique principal, con una placa alveolar de hormigón en masa que constituye una innovadora solución alternativa. □



1 - Vue aérienne du Port Autonome de Pointe-Noire.

1 - Aerial view of Port Autonome de Pointe-Noire.

© PHOTOTHÈQUE SAPEM

LE PORT DE POINTE-NOIRE : LA « PORTE OCÉANE » DE L'AFRIQUE CENTRALE

AUTEUR : ALBAN FIVEL, CHEF DE PROJET, SAPEM

SAPEM PARTICIPE AU PROGRAMME D'INVESTISSEMENTS PRIORITAIRES INITIÉ PAR LE PORT AUTONOME DE POINTE-NOIRE ET COFINANCÉ PAR CONGO TERMINAL, FILIALE CONGOLAISE DE BOLLORÉ AFRICA LOGISTICS, EN RÉALISANT 806 M DE QUAI POUR L'ACCUEIL DES NAVIRES DE GRANDE CAPACITÉ DE TYPE « WAFMAX » QUI NÉCESSITENT UN TIRANT D'EAU DE 15 M DE PROFONDEUR.

LE CONTEXTE

Situé au cœur de l'Afrique et desservi par un réseau ferroviaire, routier et fluvial, facilitant le trafic vers un hinterland composé par la République Démocratique du Congo, la République Centrafricaine, le Tchad, l'Angola, le Cabinda, le sud Gabon, la région des Grands Lacs (Rwanda, Burundi),

le Port Autonome de Pointe-Noire (PAPN) joue le rôle de port de transit. Unique port en eau profonde de la sous-région, bénéficiant de conditions d'accès très favorables et d'une logistique d'accueil aux navires performante, le Port Autonome de Pointe-Noire occupe une position clé au sein d'une stratégie maritime mondiale basée sur les

transbordements. C'est ainsi que des armateurs ont choisi le Port Autonome de Pointe-Noire comme « port hub » pour l'expansion des marchandises de provenance majoritairement de l'Asie. Le Port Autonome de Pointe-Noire (PAPN) est le seul port maritime de la République du Congo (Congo-Brazzaville).

Créé en 1934 pour désenclaver les territoires du Moyen Congo, du Gabon, de l'Oubangui-Chari et du Tchad, le Port Autonome de Pointe-Noire est la porte océane de l'Afrique Centrale. Il est situé sur la côte Ouest africaine, dans le Golf de Guinée, à 150 km au nord de l'embouchure du fleuve Congo. ▷

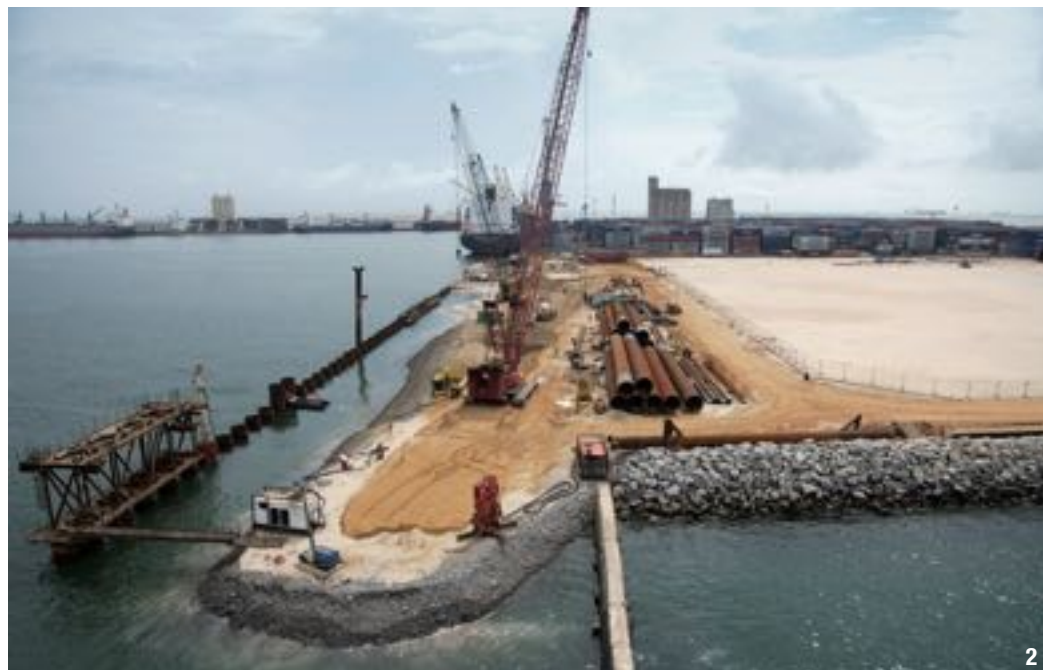
C'est un port extérieur gagné sur la mer et construit au sud de la baie du cap naturel de Pointe-Noire, qui a été renforcé et prolongé par une digue artificielle. Il bénéficie d'une baie naturelle, ce qui le protège des vagues en provenance de l'Atlantique.

Il est actuellement l'un des rares ports de la côte ouest africaine en eau profonde, allant jusqu'à -13,2 m, et pouvant recevoir des navires calant 34 pieds (soit à -10,40 m CM environ) et mesurant 234 m de longueur. L'entrée et la sortie des navires s'effectuent dans des conditions d'accès excellentes à travers un bassin portuaire d'une superficie de 84 ha, qui s'ouvre sur la baie par une passe d'entrée de 180 m de largeur, prolongée par un chenal d'accès d'une longueur de 1 200 m, dragué à -11,50 m CM. En outre, les conditions océaniques et climatiques font du Port Autonome de Pointe-Noire un port aux accès faciles et sûrs ouvert 24 h sur 24 h. (figure 1).

Le Port de Pointe Noire dispose déjà de 2 861 m de linéaire de quai, dont 2 135 m pour le port commercial avec 11 postes en eau profonde (de -7,3 m CM à -13,20 m CM), et quatre postes à quai de faible profondeur (de -3,70 m CM à -9 m CM). La zone réservée à la logistique pétrolière mesure 726 mètres avec des fonds de 4 mètres à 6 mètres. Le Programme d'Investissement Prioritaire (PIP) du Port Autonome de Pointe-Noire a fait l'objet de plusieurs études entre 2002 et 2008. Ces études ont permis d'arrêter un certain nombre de projets à exécuter.

Ce sont :

- Le rempiètement et l'allongement du quai G afin de porter la longueur accostable à 806 mètres sur une profondeur de -15,00 m ;
- Le rempiètement du quai D sur une longueur de 750 m à une profondeur de -13,00 m ;
- L'aménagement d'un terminal à conteneurs de 32 ha avec une zone logistique d'empotage et de dépotage de 4,5 ha ;
- Le prolongement de la digue extérieure (protection contre l'ensablement)
- Le dragage du chenal d'accès et du bassin portuaire à une profondeur de -16,00 m ;
- La réhabilitation et l'extension des réseaux d'électricité, d'eaux et des conduits d'assainissement ;
- L'acquisition des remorqueurs de grandes puissance et des vedettes de pilotage, de lamanage et hydrographique ;
- Etc.



2

© PHOTO THÉQUE SAIPEM



3

© PHOTO THÉQUE SAIPEM

Le coût global du Programme d'Investissements Prioritaires (PIP) est évalué à environ 454 milliards de FCFA (692 M€), dont 80 milliards de FCFA (122 M€) à la charge du PAPN (et ses bailleurs de fonds) et le reste aux investisseurs privés, notamment le Groupe Bolloré, concessionnaire du Terminal à Conteneurs, qui finance 374 milliards de FCFA (570 M€) dans le cadre des engagements liés à la concession. Les bailleurs de fond du PAPN sont l'Agence Française de Développement (AFD), la Banque Européenne d'Investissement (BEI) et la Banque de Développement des États d'Afrique Centrale

2- Le quai G4 en extension des quais existants.

3- Travaux de rempiètement du quai G1.

2- Quay G4 extending the existing quays.

3- Quay G1 underpinning work.

(BDEAC) qui participent au financement du PIP par un apport à hauteur de 35 milliard de FCFA (53 M€).

L'OBJET DES TRAVAUX

Faisant suite à l'appel d'offre lancé par le groupement Inros-lackner/Seamar Engineering, Maître d'Œuvre pour le compte du Port Autonome de Pointe-Noire, Maître d'Ouvrage, le Groupement d'Entreprises Saipem/Socofran CDE s'est vu attribuer le marché correspondant aux travaux du lot n°1 du « Programme d'Investissements Prioritaires » dont l'entrée en vigueur du Marché a été signifiée le 10 décembre 2010



et ce, pour un délai global de 34 mois. Ces travaux consistent à réaliser un nouveau quai à conteneurs mesurant au total 806 m de long et intégrant 15 m de tirant d'eau. Les 806 m sont réalisés en 3 phases distinctes correspondant à la réalisation de l'extension des quais G au travers du quai G4 : 296 m (figure 2), et à la reconstruction des quais existants, soit le quai G1 : 266 m et le quai G2/G3 : 244 m. Chaque séquence devra être terminée à 100% avant de pouvoir démarrer la suivante, le Port souhaitant garder en activité les quais à container pendant les travaux permettant alors une exploitation optimale.

Le principe de base pour l'adaptation des quais G1 à G3 consiste à intégrer au maximum les structures existantes dans la structure future.

L'évaluation de la stabilité du quai en blocs G1 et des quais en gabions G2-G3 a permis de définir des solutions évitant les interventions trop lourdes, telles la déconstruction de ces quais. Parmi les avantages de ces solutions, on retiendra, en termes d'exploitation du quai et du port, une moins longue indisponibilité des quais en travaux, et une emprise de chantier réduite au strict minimum sur la partie stockage.

L'étude de la meilleure solution, en termes de sécurité des ouvrages conservés, tant en phase travaux qu'en phase définitive, a conduit à positionner le nouveau front d'accostage à une dizaine de mètres du front actuel côté bassin.

4- Remblai sur tirants.

5- Rideau mixte de pieux diamètre 1 829 mm et palplanches PU 22⁽⁻¹⁾.

4- Backfill on tie anchors.

5- Composite curtain of 1 829 mm diameter piles and PU 22⁽⁻¹⁾ sheet piling.

La solution proposée consiste à battre un rideau mixte 10 m en avant de la magistrale des quais G existants (figure 3). Ce rideau mixte est stabilisé par l'intermédiaire d'un ancrage

constitué par des tirants positionnés à la cote (+)1,00 m et d'un rideau arrière (palplanches et liernes) afin de reprendre la poussée des terres du remblai situé entre les quais existants et le rideau avant, ainsi que les autres efforts horizontaux (amarrage, vent sur les portiques, ...) (figure 4). Ce type de dispositions permet d'éviter de solliciter les blocs du quai et les gabions des ouvrages existants.

La construction du quai G4 a pu être réalisée par la mise en œuvre de remblais en sable permettant de créer une réclamation dans le bassin portuaire, formant alors les plateformes de travail nécessaire pour la réalisation des travaux d'extension.

LE DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Les ouvrages ont été dimensionnés afin de permettre l'accostage de navires

atteignant 305 m d'une capacité de 6000 à 7000 EVP (Équivalent Vingt Pieds), d'un déplacement de 110 000 tonnes mais également des navires plus modestes de type vraquiers de 130 m de long et 13 000 tonnes de déplacement. Ce dimensionnement considérant le trafic susceptible de fréquenter le port de Pointe-Noire permet ainsi une adaptabilité optimale vis-à-vis des besoins futurs.

Les quais ont été dimensionnés afin de considérer les engins roulants actuellement disponibles sur la zone logistique comme les « reachstackers » d'une capacité de 45 tonnes ou encore les grues mobiles GOTTWALD d'un poids total en service de 461 tonnes mais surtout les 8 futurs portiques sur rail d'un empattement de 30,48 m et d'un poids total unitaire approchant les 1 000 tonnes.

Les calculs justificatifs des ouvrages de quais intègrent une souille en pied de quai draguée à la cote -15,00 m CM avec un potentiel sur-dragage de 50 cm.

Le cas exceptionnel d'un affouillement jusqu'à la cote -17,00 m CM est également considéré mais nécessitera de limiter les charges dans la zone affectée.

LES DIVERSES STRUCTURES

L'ouvrage réalisant la structure de quai consiste en une structure comportant un rideau mixte de pieux de diamètre 1 829 mm, épaisseur 20 mm et de triplettes de palplanches de type PU 22(-1) (figure 5). Ce rideau avant est ancré par des tirants d'entraxe 3 673 mm sur un rideau arrière en palplanches de type AZ 17 situé à 32,90 m de l'axe des pieux.

Les remblais d'apports en arrière du rideau mixte, issus des pièges à sables naturels situés à proximité de la zone chantier, ont fait l'objet d'un traitement de consolidation par vibroflottation, permettant de minimiser les efforts sur la structure mais également de minimiser les tassements à long terme des terre-pleins et des ouvrages, en particulier la longrine arrière.

Le rideau avant est surmonté d'une poutre de couronnement comprenant une embase en béton préfabriqué permettant de couler la partie supérieure en place au travers d'un coffrage prenant appui sur cette embase (figure 6). La poutre de couronnement apporte la rigidité longitudinale de l'ensemble nécessaire pour reprendre les efforts dissymétriques d'accostage, d'amarrage et de vents.



© PHOTO THÉQUE SAIPEM



6

© PHOTOTHÈQUE SAIPEM

La poutre de couronnement délimite la magistrale du quai et supporte les équipements d'accostage comme les défenses tronconiques en caoutchouc et leur bouclier d'accostage, les bollards d'amarrage de 150 t, les échelles d'accès, la protection continue de nez de quai. Cette poutre de couronnement intègre également le rail avant de roulement des portiques, ainsi que les heurtoirs en fin de voie et les dispositifs d'ancrage et brochage permettant de stationner les portiques en cas de tempêtes et ce, sur 8 emplacements distincts.

Le rail arrière recevant les portiques de déchargement des containers est fondé sur une longrine arrière, via une fondation superficielle. Cette longrine arrière intègre également les dispositifs d'ancrage et brochage précisés ci-dessus.

LES MÉTHODES DE TRAVAIL

La mise en œuvre du rideau mixte a été réalisée au travers d'un guide de battage spécifique permettant la mise en fiche et battage de 4 pieux de 29,50 m de longueur et 4 triplettes de palanches de 22 m de longueur par position (figure 7). L'arrière du guide reposant sur le dernier pieu battu et l'avant du guide sur un pieu provisoire, ce procédé a été développé pour d'autres chantiers réalisés par Saipem tel que le quai XXL à Fos/mer ou encore un quai sur la base Saipem à Soyo en Angola. La grue de capacité 250 tonnes servant à la mise en œuvre des éléments est située sur une plateforme de travail à une distance d'une vingtaine de mètres maximum.

Les travaux « à la marée » ont été nécessairement organisés afin de per-

6- Pièces préfabriquées et bétonnage de la poutre de couronnement.

7- Mise en place du guide de battage.

8- Passerelles de travail autour des pieux.

6- Prefabricated parts and concreting of the capping beam.

7- Positioning the pile driving guide.

8- Work foot bridges around piles.

mettre la mise en œuvre du système d'ancrage des pieux, à savoir l'installation des liernes, l'installation des têtes de pieux et la pose des tirants.

Les conditions de marnage étant faibles à Pointe-Noire (comprise entre +0,00 m CM et +2,00 m CM), la mise en place de tirants à la cote +1,00 m CM s'est révélée être un atout majeur afin de permettre une mise en œuvre dans les meilleures conditions et surtout en toute sécurité et ce, malgré un impact sur les charges en décollant et devant être reprises par la structure. Les remblais et déblais de masse ont été mis en œuvre par Socofran CDE au fur et à mesure des besoins, nécessitant une coordination quotidienne essentielle de part les espaces de travail réduits entre les activités des 2 partenaires du groupement.



7



8

© PHOTOTHÈQUE SAIPEM

Cette bonne gestion des interfaces a permis de minimiser les impacts planings et surtout d'assurer la mise en sécurité de la main d'œuvre engagée dans les travaux. Une fois les remblais réalisés, Saipem a effectué la vibroflotation au travers d'un maillage spécifique intégrant la présence de tirants dans le sous-sol.

La réalisation des ouvrages de Génie civil a été répartie entre les membres du groupement, à savoir :

→ Fourniture des éléments préfabriqués, fourniture du béton prêt à l'emploi, réalisation du coupé-façonné des cages d'armatures, réalisation de la longrine arrière par Socofran CDE.

→ Mise en place des éléments béton préfabriqués (figure 9), mise en place des cages d'armature, coffrage et bétonnage de la poutre de couronnement par Saipem.

Saipem, fort de son expérience des travaux maritimes, a souhaité réaliser en propre la magistrale de quai. Son installation, principalement au-dessus de l'eau nécessite la mise en œuvre de passerelles de travail spécifiques permettant de garantir un travail en toute sécurité et devant être planifié selon les diverses conditions de marées (figure 8).

L'apport du système QHSE de Saipem a été un plus en début de projet Il a été largement suivi par son partenaire local Socofran CDE qui a su participer à la pérennité de ce challenge au quotidien.

DES DIFFICULTÉS DE MISE EN ŒUVRE

L'ouvrage de quai G4 a été réalisé en extension des quais existants le long d'un ouvrage de digue construite en 1938.

Lors de la construction de ce quai et en particulier lors de la réalisation du rideau mixte, Saipem a dû faire face à des difficultés importantes liées à la présence de déchets accumulés par le passé enfouis sous d'épaisses couches de sable naturellement déposées dans le bassin portuaire.

La présence concomitante de ces obstructions et des sols très denses a été à l'origine de désordres lors de la mise en œuvre des palplanches aboutissant à de nombreux dégrafages de palplanches. La présence de ces dégrafages a été décelée lors du dragage de la souille devant la magistrale de ce quai.

Afin de ne pas perturber plus avant la mise en exploitation du quai, Saipem a mobilisé dans les plus brefs délais une entreprise sous-traitante, Keller,



9 © PHOTOTHÈQUE SAIPEM

9- Pose des éléments préfabriqués de la poutre de couronnement.

10- Réalisation de colonnes de Jet Grouting.

9- Placing the prefabricated elements of the capping beam.

10- Execution of jet grouting columns.

afin de réaliser des colonnes de « Jet Grouting », colonne d'un diamètre unitaire de 1800 mm environ à raison de 2 colonnes sécantes par intervalle de pieux. Ces colonnes de coulis d'une hauteur de 21 m et ce, sur le linéaire complet du rideau magistrale a permis d'assurer une pérennité largement sécuritaire vis-à-vis du sinistre survenu (figure 10).

Pour se faire 6 000 tonnes de ciment ont été livrées sur site en moins de 2 mois et utilisées en 3 mois.

L'implication de Saipem pour assurer une remise en conformité de l'ouvrage dans les plus brefs délais a permis

10 © PHOTOTHÈQUE SAIPEM



10

une mise en exploitation du quai G4 à compter du 20 mars 2013, réduisant ainsi l'impact du désordre survenu.

Grâce à cette expérience, Saipem a ainsi recommandé la mise en œuvre des palplanches sur les futurs quais à construire par vibrofonçage associé au lançage à l'eau.

LA POURSUITE DES TRAVAUX

Suite à la mise à disposition du quai G4 le 20 mars 2013, le groupement d'Entreprises poursuit les travaux en particulier en exécutant la reconstruction du quai G1. Avec l'expérience acquise sur la séquence précédente, l'enchaînement des activités a été optimisé afin de permettre une réalisation dans les meilleurs délais.

L'utilisation du lançage pour la mise en œuvre des palplanches contribue fortement à la bonne exécution du rideau mixte. Cette bonne mise en œuvre est confirmée par des moyens de contrôle additionnels tel que la mesure à l'inclinomètre électronique de la verticalité des pieux ou encore la vérification de l'enclenchement des palplanches par un procédé spécifique développé par le chantier.

Après 5 mois de travaux, l'ensemble du rideau mixte a été mis en œuvre avec succès et la poutre de couronnement était réalisée à 100%. Le groupement d'Entreprises prévoit de mettre à disposition le quai G1 avant la fin de l'été 2013 (figure 11).

UN VECTEUR DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Fort du support apporté par sa filiale locale Boscongo, qui est installée depuis 1978 à Pointe Noire, Saipem a pu apporter son soutien aux communautés locales au travers de formations du personnel et de sensibilisations sur divers sujets tel que l'environnement, la santé et les actions sociales en cours par des ONG à Pointe-Noire. Le chantier a également accueilli de nombreux stagiaires issus du cursus éducatif local afin de leur apporter des compléments de formation par l'apprentissage. Certains d'entre eux en fin de cursus scolaire se sont même vu proposer un emploi.

UNE EXPLOITATION OPTIMALE LORS DES TRAVAUX

Faisant suite à la fin des travaux du quai G4, Congo Terminal, société d'exploitation détenue en majorité par le groupe Bolloré, a reçu et mis en fonctionnement les deux premiers portiques de déchargement, qui s'ajoutent ▷



11



12

© PHOTO THÈQUE SAPEM

aux 3 grues mobiles Gottwald et aux 26 « reachstackers » déjà disponibles et utilisés quotidiennement (figure 12). Aussi, avec cet investissement en équipements modernes, Congo Terminal, le concessionnaire, entend-il accroître sa productivité, avec une prévision de 100 000 conteneurs supplémentaires en 2013. L'utilisation des portiques permettra également d'accueillir rapidement des navires porte-conteneurs de type « Wafmax » pour « West Africa Maximum », navire de 249 m transportant 4 500 EVP (équivalent 20 pieds). La cadence de déchargement des navires devrait ainsi être doublée. L'objectif est de la tripler d'ici 2014 suite à la livraison de portiques supplémentaires.

Notons qu'en décembre 2012, Congo Terminal a dépassé le cap symbolique de 500 000 conteneurs équivalent 20 pieds par an opérés sur son terminal.

En plus de la mise en service des portiques qui augure des opérations de grande envergure, Congo Terminal, filiale de Bolloré Africa Logistics, a étendu les quais du terminal à conteneurs à 32 hectares de terre-pleins

11- Avancement des travaux du Quai G1 à fin Juin 2013.

12- Livraison des portiques de déchargement des conteneurs.

13- Mise en exploitation du Quai G4.

11- Work progress on quay G1 at end-June 2013.

12- Delivery of the container unloading gantry cranes.

13- Operating start-up of quay G4.

contre 17 auparavant permettant à Congo Terminal d'accueillir des navires à très fort tirant d'eau. Des navires qui ne pourront pas accoster dans certains autres ports de la côte d'Afrique. Ce qui permettra à Pointe-Noire, comme port en eau profonde, de jouer pleinement son rôle de port de transbordement et



13

© PHOTO THÈQUE SAPEM

de transit pour la sous-région d'Afrique centrale (figure 13). □

Nota- SOCOFRAN CDE est une Entreprise Générale de Bâtiment et de Travaux Publics de droit congolais qui emploie 2 700 collaborateurs à Brazzaville, à Pointe-Noire et dans le Nord du Congo. Ses activités sont centrées vers le Bâtiment, le Génie Civil Industriel et les Travaux Publics uniquement en République du Congo.

QUANTITÉS PRINCIPALES

BÉTON ARMÉ : 11 000 m³
PILES / PALPLANCHES : 8 200 t
REMBLAIS : 190 000 m³

ABSTRACT

POINTE-NOIRE PORT: THE "OCEAN GATEWAY" TO CENTRAL AFRICA

ALBAN FIVEL, CHEF DE PROJET, SAPEM

Saipem took part in the priority investment programme initiated by Port Autonome de Pointe-Noire and co-financed by Congo Terminal, the Congolese subsidiary of Bolloré Africa Logistics, by constructing 806 metres of quay to receive large-capacity ships of the "wafmax" type which require a draught of depth 15 m. The work involved the execution of a composite curtain of 1829 mm dia. piles and PU22 sheet piling supported by tie anchors attached to a sheet piling curtain at the rear. This work was performed at low tide. □

EL PUERTO DE PUNTA NEGRA: LA "PUERTA OCÉANO" DE ÁFRICA CENTRAL

ALBAN FIVEL, CHEF DE PROJET, SAPEM

Saipem ha participado en el programa de inversiones prioritarias iniciado por el Port Autonome de Pointe-Noire y cofinanciado por Congo Terminal, filial congoleña de Bolloré Africa Logistics, realizando 806 m de muelle para recibir buques de gran capacidad de tipo "wafmax" que necesitan un calado de 15 m de profundidad. Para las obras, se realizó una cortina de pilotes y tablestacas Ø 1.829 mm y de tablestacas PU22 sostenida por tirantes fijados a un tablestacado trasero. Se trata de obras realizadas en "marea baja". □

LE PORT D'ESCALE DE CARABANE EN CASAMANCE

AUTEURS : SAMUEL DEMOLLIENS, CHEF DU SERVICE TRAVAUX MARITIMES, EIFFAGE SÉNÉGAL - ARNAUD DESPOND, RESPONSABLE TRAVAUX, EIFFAGE SÉNÉGAL - VINCENT MAUDUIT, CHEF DE PROJET AMÉNAGEMENT PORTUAIRE, EGIS - JULIEN SAMMUT, RESPONSABLE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION, EIFFAGE TP / SERVICE TECHNIQUE OUVRAGES D'ART

SUITE AU NAUFRAGE DU JOOLA LE 26 SEPTEMBRE 2002, L'ÉTAT DU SÉNÉGAL A ENTREPRIS LA RESTAURATION DE LA LIGNE MARITIME DAKAR-ZIGUINCHOR DANS LE RESPECT DES NORMES DE SÉCURITÉ INTERNATIONALES. LA CONSTRUCTION D'UN APPONTEMENT À PASSAGERS ET D'UN APPONTEMENT À PIROGUES SUR L'ÎLE DE CARABANE EN CASAMANCE, ASSURERA UN LIEN ÉCONOMIQUE MAJEUR DANS CETTE RÉGION GÉOGRAPHIQUEMENT ENCLAVÉE.



1
© EGIS - ÉTUDE PRÉALABLE

Le navire le Joola faisait la navette entre Dakar et Ziguinchor, capitale de la Casamance (figure 5). Avant de prendre la mer, il s'arrêtait au milieu du fleuve devant Carabane où des dizaines de pirogues venant de toute la région l'accostaient pour embarquer des passagers et des

1- Modélisation du projet.

1- Project modelling.

tonnes de marchandises à destination de Dakar. La Casamance était reliée à Dakar par les transports routiers et maritimes mais les transports routiers doivent traverser ou contourner sur des centaines de kilomètres un autre pays, la Gambie. Pour cette région enclavée, la ligne maritime représentait donc un

débouché, un cordon ombilical vital pour l'activité économique de toute la région de la Casamance et pour la sous-région de Carabane. En septembre 2002 il sombrait au large des côtes gambiennes, faisant près de 2000 victimes et plongeant la région dans de grandes difficultés économiques. ▷



2

© EIFFAGE SÉNÉGAL

C'est suite à cette catastrophe que l'État du Sénégal a entrepris la restauration de la ligne maritime Dakar-Ziguinchor, dans le respect des normes de sécurité internationales.

Dans ce cadre, les travaux de construction des gares maritimes de Dakar et Ziguinchor ont été réalisés ainsi que la mise en service du nouveau bateau Aline Sitoe Diatta (figure 4).

Le port de Ziguinchor a également été réhabilité, travaux réalisés par Eiffage Sénégal en 2004-2006, avec maîtrise d'œuvre complète assurée par Egis. Les travaux de construction d'un appontement à passager et à pirogues, devant permettre de restaurer l'escale de Carabane dans les conditions normales de sécurité, ont également été lancés en 2009.

LA CONCEPTION DU PROJET

Le projet devait répondre à des ambitions politiques, économiques et sociales dans un contexte sensible. Ce nouveau port d'escale devait notamment s'intégrer dans l'organisation des productions régionales, faciliter les échanges avec le marché de Dakar, catalyser l'économie régionale de Carabane et désenclaver la Casamance. Afin d'intégrer ces multiples aspects dans la conception, l'équipe d'Egis s'est appuyée sur sa connaissance historique du Sénégal et de la Casamance, et l'expérience acquise sur les études des autres escales de la ligne maritime (étude de l'escale de Dakar et maîtrise d'œuvre complète de la reconstruction du port de Ziguinchor).

La conception a alors suivi un processus en plusieurs étapes comprenant notamment :

- Un diagnostic de la situation actuelle et l'analyse des besoins avec la participation de la population locale et des autorités de la Région et de l'État ;
- La sélection du site optimum permettant un accostage autonome des navires en fonction des courants et de

l'évolution prévisible des fonds marins ;

- L'élaboration d'un schéma d'aménagement d'un débarcadère adapté aux contraintes naturelles, économiques, logistiques et environnementales au niveau d'Avant-Projet Sommaire (APS) ;
- L'Avant-Projet Détaillé (APD) du débarcadère à l'issue de campagnes de topographie, bathymétrie, et géotechnique ;

→ L'élaboration du Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) ;

- Une étude d'impact environnemental et sociétal sur l'île abritant des vestiges historiques et candidate pour

**2- Vue aérienne
île de Carabane.**

**3- Navire
le Joola.**

**4- Navire Aline
Sitoe Diatta.**

**2- Aerial view
of the island
of Carabane.**

**3- The Joola
vessel.**

**4- The Aline
Sitoe Diatta
vessel.**

être classée au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Pendant les travaux, des études de protection de rives ont permis de comparer des solutions de génie civil et génie végétal afin de promouvoir des techniques inspirées des modèles naturels et limitant les impacts sur les processus naturels et l'écosystème aquatique.

PRÉSENTATION DU PROJET

Les ouvrages réalisés (figure 1) comprennent la construction :

- D'un appontement de 100 m de long sur 20 m de large situé à 130 m du rivage, fondé sur pieux à 33 m de profondeur, destiné à la réception des navires passagers et de commerce. Il dispose à chaque extrémité d'un plan incliné permettant de recevoir la rampe arrière des navires rouliers ;

- De 8 ducs d'albe pour l'accostage et l'amarrage des navires ;

- D'une passerelle d'accès fondée sur pieux de longueur 130 m et 4 m de large ;

- D'un appontement pour l'accostage des pirogues de longueur 60 m sur 2 m de largeur ;

- Des ouvrages de protection du rivage à l'enracinement des appontements ;
- Des réseaux d'électricité, d'éclairage et de signalisation maritime ;

L'appontement est fondé sur des tubes métalliques 660/16 d'environ 33 m de longueur vibrofoncés puis battus sur une profondeur totale de 25 m dans des terrains alluvionnaires de faibles caractéristiques. Les pieux fonctionnent essentiellement en frottement, en pied des tubes, la pression limite nette n'étant que de l'ordre de 1 MPa. Le maillage des pieux est de 5 m x 5 m. Le platelage de l'appontement est constitué de poutres préfabriquées de 0,70 m de hauteur reliant les pieux et d'une dalle réalisée avec des pré-dalles collaborantes avec partie coulée en place pour une épaisseur totale moyenne de 0,35 m.



3



4

© EIFFAGE SÉNÉGAL

Des dés préfabriqués en béton armé positionnés en tête des tubes permettent la pose provisoire et le clavage des poutres avec une tolérance d'implantation des pieux.

Le bétonnage des pieux-tubes sur une hauteur de 10 m en tête permet de réaliser une liaison béton armé avec le platelage.

Les rives de l'appontement permettant l'accostage (3 côtés) sont constituées de poutres de hauteur 2,20 m réalisées en 2 phases sur lesquelles des défenses d'accostage trapézoïdales sont fixées.

L'accostage et l'amarrage des navires sont également assurés par 8 ducs d'Albe sur environ 100 m de part et d'autre en alignement de l'appontement.

Ils sont constitués de tubes métalliques de 1371/34 de 25 m de longueur fichés sur environ 13 m associés à des défenses tronconiques et d'un bouclier. Un bollard de 30 t placé en tête avec une plateforme de travail permet l'amarrage des navires.

La passerelle d'accès est construite sur le même principe que l'appontement sur 2 files de pieux métalliques 500/16 de 3 m d'entraxe tous les 6 m.

L'appontement pour les pirogues est fondé sur une seule file de pieux métalliques 500/16 espacés tous les 6 m supportant des chevêtres en éléments préfabriqués permettant la pose de 2 files de poutres préfabriquées et la réalisation de la dalle suivant le même principe constructif que les autres ouvrages.

À son extrémité, sur 12 m de longueur, un escalier permet l'embarquement et le déchargement piétonnier lors des variations du niveau d'eau.



© EIFFAGE SÉNÉGAL

5- Carte de situation.

6- Modélisation 3D de l'ouvrage et surfaces d'influences de la réaction sur pieu central.

7- Courbe déformation-énergie des défenses et loi de réaction frontale sur le sol.

5- Location map.

6- 3D modelling of the structure and surfaces of influence of the reaction on the centre pile.

7- Strain-energy curve of the protection systems and law of frontal reaction on the ground.

Les ouvrages de protection du rivage, en particulier pour la stabilisation du terre-plein d'accès aux appontements, sont constitués d'un rideau de palplanche AZ12 sur une longueur d'environ 170 m avec un couronnement en béton. Aux extrémités, des enrochements permettent la protection du rivage.

LES ÉTUDES TECHNIQUES

Une modélisation 3D complète de l'appontement a été réalisée avec prise en compte de l'interaction pieux/sol, compte tenu en particulier de la longueur importante des pieux amenant un comportement particulier de l'ouvrage sous charges verticales, la souplesse relative des pieux par rapport au platelage engendrant une flexion d'ensemble du platelage (figure 6).

Cette modélisation a également permis d'appréhender l'effet du comportement d'ensemble de l'ouvrage sur les sollicitations dans les pieux sous l'effet des efforts horizontaux induits par les

diverses configurations d'accostage et d'amarrage. L'effet du retrait du platelage continu sur tout l'ouvrage a également été pris en compte étant donné la longueur importante de l'ouvrage (100 m), son effet étant relativement limité compte tenu de la rigidité relativement faible des pieux.

Le recours systématique à la préfabrication visant à simplifier les méthodes de réalisation, comme c'est souvent le cas pour ce type d'ouvrage, a demandé un soin particulier et une association étroite avec le chantier lors de la réalisation des plans de ferrailage des éléments.

Enfin l'étude des ducs d'Albe a été réalisée à l'aide d'une analyse non linéaire de la réaction frontale sur le sol avec fonctionnement couplé aux défenses tronconiques SCN900 (figure 7).

La déformation en tête des tubes est de l'ordre de 25 cm sous accostage normal et 40 cm en accostage accidentel et permet au système de défense retenu d'absorber en service une énergie comprise entre 110 et 275 kN.m et jusqu'à 455 kN.m en situation d'accostage accidentel.

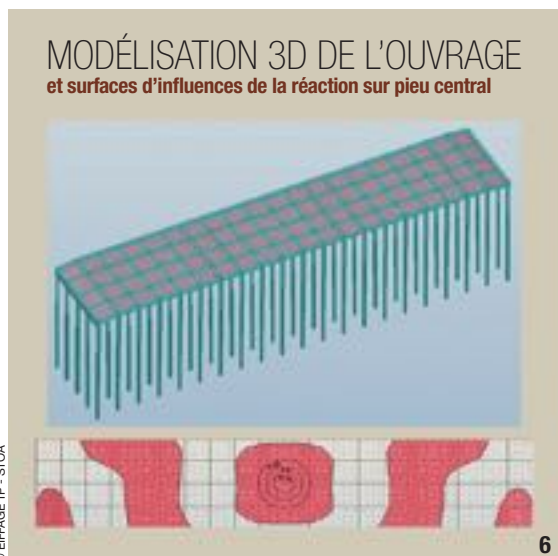
LA RÉALISATION DES TRAVAUX

UN CHANTIER LOGISTIQUE

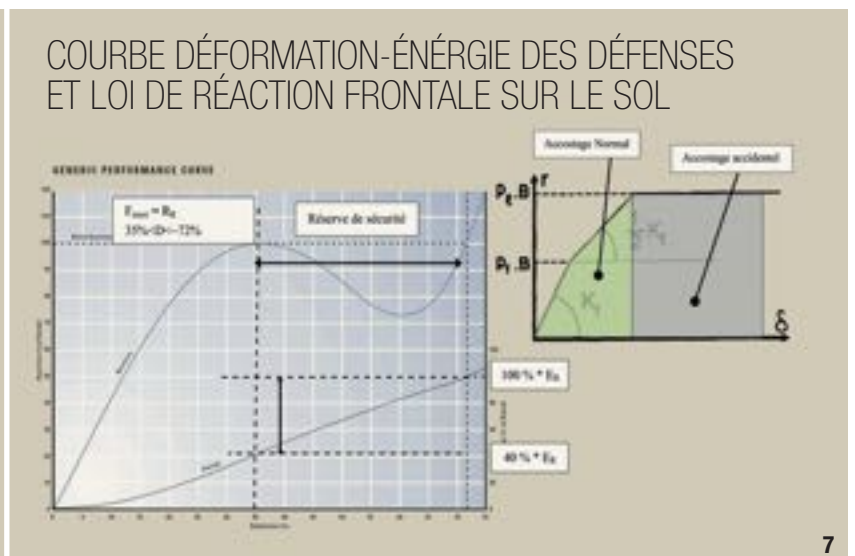
L'île de Carabane est située à l'embouchure de la Casamance, à 250 Km au sud de Dakar.

L'absence de réseau routier, de structure pour le débarquement des matériaux et donc de zone de stockage, et de fret maritime régulier pour desservir la Casamance constituent les principales contraintes.

Pour dépasser ces premières difficultés, les options suivantes ont été retenues : ▷



© EIFFAGE TP - STOA





8



9

© EIFFAGE SÉNÉGAL



10

© EIFFAGE SÉNÉGAL

→ Livraison et stockage des pieux de fondation directement sur site

Les 1 250 t de tubes métalliques de diamètre 500 et 660 mm, destinés aux fondations des appontements et passerelle d'accès, ont été livrés directement depuis Istanbul jusqu'à Carabane, par un navire affrété spécialement avec faible tirant d'eau pour franchir la passe de l'estuaire de la Casamance limité à 3 m.

Faute de zone de stockage accessible et disponible à terre, les pieux ont été déchargés et stockés en immergé hors zone de marnage pour limiter l'oxydation, chaque espace de stockage ayant été balisé au préalable (figures 8 et 9).

Cette solution a permis d'optimiser les transports, d'éviter les reprises et surtout de maîtriser les risques de rupture de stock sur site, de telle manière que les travaux de battage ont pu se dérouler sans discontinuer.

→ Gestion des zones de stockage

Une fois les travaux de battage des fondations suffisamment avancés, des platelages métalliques provisoires ont été disposés sur les pieux battus, pour servir de zone de stockage tampon et d'espace de travail.

Pour optimiser l'espace, une négociation a été effectuée avec les fournisseurs locaux pour qu'ils livrent les matériaux dans des big bags.

8 & 9- Livraison et déchargement des tubes métalliques.

10- Atelier de battage.

8 & 9- Delivery and unloading of steel tubes.

10- Pile driving equipment.

La rotation des platelages et le stockage ont été étudiés pour qu'à aucun moment les charges du stock ne dépassent les charges d'exploitation admissibles des pieux, ce qui a imposé une certaine rigueur dans la gestion du planning logistique et de l'organisation du stockage.

→ Mise en œuvre des pieux

Pour la réalisation du fonçage des pieux, réalisé en sous-traitance par l'entreprise CAN, deux guides de battage ont été confectionnés en France puis expédiés en pièces au Sénégal. Ils ont une dimension de 24 x 1,5 x 2,5 m Ht chacun avec deux niveaux de travail et des plateformes de circu-



11

© EIFFAGE SÉNÉGAL

lation de 3 m de large. Un guide repose sur deux pieux provisoires Ø660 mm. Ils peuvent accueillir jusqu'à 5 tubes métalliques pour permettre d'améliorer leur alignement. La rotation des guides permet de superposer l'équipe de soudeur avec l'atelier de battage.

L'atelier de battage (figure 10) ayant un tirant d'eau de 3,50 m, une partie des pieux de la passerelle d'accès et ceux de l'appontement pirogues était inaccessible. Aucun moyen de débarquer du matériel lourd pour le fongéage n'étant possible, il a donc été décidé d'adapter une benne preneuse sur la grue à treillis réalisant le battage pour créer deux chenaux d'accès et pouvoir ainsi s'approcher des berges.

11- Réalisation du platelage de l'appontement.

12 & 13- Avant/ après (bureaux de chantier HQE).

14- Garde-corps en bois.

11- Execution of the wharf decking.

12 & 13- Before/after (HQE construction site offices).

14- Wooden guard rails.

→ **Préfabrication**

Les éléments de superstructure en béton armé, chevêtres, poutres et prédalles, ont été préfabriqués à Dakar, pour alléger les contraintes de transport et de stockage, tout en permettant une meilleure maîtrise de la qualité (figure 11).

→ **Terrassements**

L'une des phases de travaux nécessitait l'apport de matériaux sableux pour la réalisation de remblais des terre-pleins à terre. Toujours dans un souci de pallier aux difficultés d'approvisionnement, il a été effectué des prélèvements dans le lit du fleuve avant de trouver un sable compatible aux exigences du cahier des charges.

Après accord avec le client et la mission de contrôle, la zone d'emprunt repérée a été balisée et nous avons procédé à une opération de dragage et de remblaiement hydraulique.

Les matériaux pompés ont été refoulés par une conduite flottante de 400 m jusque dans la zone de remblai.

DES CONTRAINTES BUDGÉTAIRES

Les aléas de mobilisation budgétaire ont conduit à la suspension des travaux pendant près d'un an alors que les ouvrages étaient réalisés à 90 %. Au-delà des incidences financières, une telle situation est une contrainte lourde dans la dynamique du chantier et dans la gestion sociale. Malgré ces contraintes, la reprise et la fin des travaux a pu s'effectuer dans de bonnes conditions par l'équipe travaux.

UN MILIEU DE VIE DÉPAYSANT

Autant pour le personnel dakarois que pour les expatriés, vivre à Carabane, village insulaire sans réseaux d'eau ni d'électricité, relève d'une forte capacité d'adaptation et d'intégration.

La vie du chantier a dû également parfois savoir composer avec toutes les dimensions culturelles et parfois mystiques de la région. Toutefois les populations casamançaises sont particulièrement accueillantes et travailleuses, et c'est souvent avec beaucoup de nostalgie que les travailleurs étrangers ont quitté l'île en fin de chantier.

Certains ne l'ont d'ailleurs pas totalement quitté, puisqu'ils ont investi dans une parcelle, ou même épousé une femme de la région.



12



13



14

© EIFFAGE SÉNÉGAL

© EIFFAGE SÉNÉGAL



15



16

© EIFFAGE SÉNÉGAL

UN CHANTIER PILOTE ENVIRONNEMENTAL ET SOCIÉTAL

L'île de Carabane, ancienne capitale de la Casamance et site classé au patrimoine historique, est un lieu unique dans un environnement privilégié et touristique. Dans ce contexte, Eiffage Sénégal a pris l'initiative de proposer un chantier pilote environnemental et sociétal, et a engagé de nombreuses actions au-delà des contraintes imposées par son contrat :

- Priorité à l'économie locale,
- Sensibilisation contre le sida,

- Nombreuses actions RSE,
- Réalisation d'un bilan carbone,
- Tri des déchets,
- Construction de bureaux de chantier

15- Inauguration avec un navire accosté.

16- Vue aérienne.

15- Inauguration with a berthed vessel.

16- Aerial view.

HQE (haute qualité environnementale) en vue de leur revalorisation pour les besoins de la future gare maritime (figures 12 et 13),

- Parc photovoltaïque,
- Propositions d'améliorations des ouvrages (garde-corps en bois, etc.) (figure 14). □

PRINCIPALES QUANTITÉS

1 249 t de pieux métalliques Ø 500 et 660 mm ep. 16 mm, fondés à 33 m de profondeur.

242 t de pieux métalliques Ø 1 371 mm ep. 34 mm pour ducs d'albe, fondés à 22 m.

2 260 m³ de béton armé, dont 1 350 m³ en mode forain.

122 t de palplanches.

COÛT DES TRAVAUX ET PLANNING

COÛT GLOBAL : 14 millions € HTVA (financement 100% État du Sénégal)

CHRONOLOGIE :

- **20 novembre 2009** : ordre de service de démarrage des travaux
- **15 novembre 2011 au 15 septembre 2012** : suspension des travaux faute de budget
- **25 mars 2013** : réception provisoire
- **6 juillet 2013** : inauguration et premier accostage du navire Aline Siteo Diatta

PRINCIPAUX INTERVENANTS

FINANCEMENT : État du Sénégal

MAÎTRE D'OUVRAGE : Ministère de la Pêche et des Affaires Maritimes, Agence Nationale des Affaires Maritimes

MAÎTRE D'ŒUVRE : Egis

ENTREPRISE : Eiffage Sénégal

SOUS-TRAITANT BATTAGE DES PIEUX : CAN (Travaux Maritimes & Fluviaux)

BUREAU D'ÉTUDE : Eiffage TP (Service Technique Ouvrage d'Art)

ABSTRACT

THE PORT OF CALL OF CARABANE

S. DEMOLLIENS, EIFFAGE - A. DESPOND, EIFFAGE - V. MAUDUIT, EGIS - J. SAMMUT, EIFFAGE

Following the "Joola" shipwreck, which caused more than 2000 casualties, the Senegalese government undertook to restore the Dakar-Ziguinchor shipping line, an umbilical cord for the economic activity of Casamance. After the construction of the marine terminals of Dakar and Ziguinchor and commissioning of the new vessel "Aline Siteo Diatta", the port of call of Carabane will allow this line to be restored. The structures executed are supported on foundations of piles driven to a depth of 33 m. The main wharf, 100 m long and 20 m wide, designed for passenger and freight Ro-Ro vessels, is linked to the marine terminal platform by a foot bridge 130 m long. Eight mooring posts ensure safe ship berthing and mooring. A secondary wharf 60 metres long, for canoes, completes the main wharf. Finally, the platform for access to the marine terminal structures was stabilised by peripheral sheet piling and rockfill structures. □

EL PUERTO DE ESCALA DE CARABANE

S. DEMOLLIENS, EIFFAGE - A. DESPOND, EIFFAGE - V. MAUDUIT, EGIS - J. SAMMUT, EIFFAGE

Como consecuencia del naufragio del buque "Joola", en el que hubo más de 2.000 víctimas, el Estado de Senegal ha emprendido la restauración de la línea marítima Dakar-Ziguinchor, cordón umbilical para la actividad económica de Casamanza. Después de la construcción de las estaciones marítimas de Dakar y Ziguinchor, así como de la puesta en servicio del nuevo barco "Aline Siteo Diatta", el puerto de escala de Carabane permitirá esta restauración. Las obras realizadas se cimentan en pilotes inyectados a 33 m de profundidad. El muelle de atraque principal de 100 m de largo por 20 m de ancho, destinado a los buques de pasaje de transporte rodado y de comercio está comunicado al terraplén de la estación marítima por una pasarela de 130 m. 8 Duques de Alba permiten el atraque y el amarre de los buques. Un muelle de atraque secundario de 60 m de longitud, para las piraguas, completa el muelle de atraque principal. Por último, el terraplén de acceso a las estructuras de la estación marítima se estabilizó con estructuras periféricas de tablestacados y escolleras. □



1

© PHOTOTHÉQUE BOUYGUES TP

3^e PONT D'ABIDJAN EN CÔTE D'IVOIRE

AUTEURS : SADDEK CHERIF, COORDINATEUR ÉTUDES TRAVAUX - DAVID BOREL, RESPONSABLE MÉTHODE - SYLVAIN GIMENEZ, DIRECTEUR PROJET : BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS - FRANÇOIS SACCO, DIRECTEUR CONCESSION, SOCOPRIM

LE NOUVEAU PONT D'ABIDJAN RELIE LES DEUX RIVES DE LA LAGUNE SUR 1 500 M DE LONG ET FAIT PARTIE D'UN PROJET AUTOROUTIER DE PLUS DE 6 KM, INTÉGRANT UN ÉCHANGEUR CONSTITUÉ DE 16 OUVRAGES D'ART PRÉ-CONTRAINS. LE TABLIER EST CONSTITUÉ DE CAISSONS PRÉFABRIQUÉS À TERRE PAR TRAVÉE ENTIÈRE QUI SONT ENSUITE RIPÉS ET REMORQUÉS PAR BARGE JUSQU'À LEUR POSITION DÉFINITIVE.

INTRODUCTION

Le troisième pont d'Abidjan est l'un des plus vieux projets de travaux publics en Côte d'Ivoire.

Sa construction permettra de soulager les deux ponts existants, Félix Houphouët Boigny et Charles De Gaulle, construits il y a plus de 30 ans, et d'améliorer les échanges entre les deux rives nord et sud de la lagune Ebrié. Ce pont fait partie d'un projet global autoroutier sur près de 6,4 km de long.

Au stade actuel, la phase 1 du projet est bien avancée au niveau des terrassements de l'autoroute ; la phase 2 relative aux travaux du pont, a démarré en décembre 2012. Il s'agit de la préfabrication des caissons et des fondations en lagune.

Bouygues Construction a décroché le contrat initialement en septembre 1999, reporté ensuite en 2011 suite

**1- Pont
vue générale.**

**2- Situation
du projet.**

**1- General
view of bridge.
2- Project
location.**

aux événements politiques qu'a vécus la Côte d'Ivoire.

Ce contrat est obtenu dans le cadre d'une concession de conception, construction, exploitation et maintenance du projet pendant 30 ans.

Le projet retournera alors à l'autorité concédante, l'État ivoirien.

DESCRIPTION GÉNÉRALE

Ce projet, appelé « 3^e Pont d'Abidjan », est un projet autoroutier qui s'articule autour d'un pont principal de 1 500 m de long permettant la traversée de la lagune Ebrié.

Il est composé principalement :

- D'un accès au nord de deux fois 2 voies sur 3 km de long, plus deux ouvrages d'arts et des ouvrages hydrauliques ;
- D'une aire de péage à 24 voies et des bâtiments d'exploitation ;
- Du 3^e Pont ;
- D'un accès au sud de deux fois trois voies sur 1,9 km de long, plus un ouvrage d'art ;
- D'un échangeur au sud composé de 16 ouvrages d'art. Ce dernier ne fait pas partie de la concession, il sera construit pour le compte de l'État ivoirien dans le cadre d'un marché classique.



2

© PHOTOTHÉQUE BOUYGUES TP



LE PONT PRINCIPAL CONCEPTION GÉNÉRALE

Une étude technico-économique a été menée par la Direction Technique de Bouygues Travaux Publics en partenariat avec le Bureau National des Etudes Techniques en Côte d'Ivoire (BNETD) pour le choix de la conception de l'ouvrage. Elle a conduit au choix d'un pont en béton précontraint à travées isostatiques multiples, conditionné par :

- La géotechnique difficile du fond de la lagune, plus de 10 m de vases et 40 m d'argiles, font que le risque de tassement est élevé, et la capacité portante des pieux est limitée à des profondeurs dépassant 70 m.
- L'agressivité du milieu marin de la lagune qui écarte la solution acier, nécessitant plus d'entretien dans le temps, et un coût plus élevé.
- La solution retenue est la plus adaptée compte tenu des moyens mis en œuvre de préfabrication, et transport des caissons par travée entière, près de 1 000 tonnes par caisson.

LE TABLIER

Le tablier est constitué de 30 travées isostatiques de 50 m de long et porte une chaussée de 2x3 voies de circulation plus une piste cyclable. Chaque travée est composée de deux caissons en béton précontraint jumelés en partie centrale. Longitudinalement les caissons sont reliés par une dalle de continuité au niveau du hourdis, avec un seul joint de dilatation au niveau de la pile P15, milieu du pont (hors joints sur culées).

LES APPUIS

L'ensemble des appuis est constitué de néoprènes frettés dont l'élasticité

permet de répartir les effets des déformations horizontales sur toutes les piles. Des appuis fixes sont prévus au droit de la pile centrale qui porte le joint de dilatation, et des appuis glissants sur les culées.

Des tenons solidaires des chevêtres sont prévus de manière à limiter les déformations du néoprène et répartir la part longitudinale du choc de bateau (120 t) sur l'ensemble des piles. Transversalement le choc est repris par l'effet portique créé par l'entretoise entre les deux piles.

LES PILES

Les piles sont constituées par des doublets de pieux de diamètre 2 m, avec des chevêtres en tête de chaque pieu. Les chevêtres sont reliés transversalement par une entretoise 1 x 2,20 m. Les pieux sont forés à la boue sous protection d'un casing métallique non structural sur une hauteur de 25 m environ au centre de la lagune. La longueur des pieux est variable avec un maximum de 80 m au centre de la lagune, pour s'ancrer dans les sables compacts.

3- Vue générale de la digue.

4- Dragage hydraulique.

5- Instrumentation par profilomètre.

3- Hydraulic dredging.

4- General view of the dyke.

5- Profilometer instrumentation.

Le choix des fondations s'est porté sur des pieux de diamètre 2 m, ancrés de 10 m dans les sables compacts.

Une injection de la pointe est prévue permettant de serrer le terrain et de pallier les effets de décompression du sol liée au forage.

LA DIGUE

Une digue de longueur 400 m permettra de faire la jonction entre la rive et la culée C0 du pont. Elle est réalisée en deux phases de remblai formant une plateforme avancée sur la rive nord de la lagune.

Phase 1 : Le sable lagunaire est pompé par voie hydraulique au fond de la rive nord de la lagune à l'aide d'une drague suceuse (figure 4), ensuite transporté dans un tube de 300 mm de diamètre jusqu'au site de décharge. Le remblai est monté jusqu'au niveau +2.15 NGCI durant cette phase.

Phase 2 : Le remblai est constitué essentiellement par du sable lagunaire engagé dans du sable argileux terrestre. Il atteindra le niveau +7.0 NGCI au niveau de la culée C0. Une protection des talus contre les

LE SOL DE FONDATION

Sur les deux tiers du tracé au centre de la lagune, les reconnaissances géotechniques ont mis en évidence la stratigraphie suivante :

- 10 m de vase environ ;
- 40 m d'argile plastique normalement consolidée avec parfois des bancs de sable ;
- 20 m de sables moyens à grossiers compacts pouvant renfermer des poches d'argiles.





effets des vagues est prévue en encochements mis en place sur une nappe de géotextile.

La réalisation de cette plateforme permettra de porter les bâtiments d'exploitation de l'autoroute, la barrière de péage de 24 voies et la culée nord du pont (figure 3).

Contexte géotechnique :

Les résultats des campagnes géotechniques ont permis d'identifier des terrains essentiellement sableux à sableux grossiers avec des passages argileux. Un suivi des tassements est prévu dès la fin du remblai de la 1^{re} phase par la mise en place d'une instrumentation, dont sept profilomètres répartis le long de la digue (figure 5).

- 6- Aire d'installations.
- 7- Aire de préfabrication.
- 8- Skid de ripage.
- 9- Outils coffrants.

- 6- Installation area.
- 7- Prefabrication area.
- 8- Sectional formwork.
- 9- Sliding skid.

MÉTHODE DE CONSTRUCTION PRÉFABRICATION DES CAISSONS

Les caissons seront préfabriqués par travée entière à terre sur une aire de préfabrication proche de l'ouvrage. Quatre ateliers de préfabrication répartis sur deux lignes de fabrication permettront la production de deux caissons par semaine (figure 6).

En zone de préfabrication le phasage suivant sera effectué :

Phase 1 : mise en place des cages d'armature par éléments de 11 m sur la totalité du caisson hormis la partie centrale de la dalle supérieure.

Phase 2 : Mise en place des coffrages intérieurs et extérieurs par un système hydraulique, et bétonnage de la totalité des abouts plus le U de la partie centrale.

Phase 3 : Décoffrage de la phase 2 et coffrage de la dalle supérieure. Mise en place du ferrailage par éléments préfabriqués et bétonnage (figures 7 & 9).

Phase 4 : mise en tension de 80 % de la précontrainte et ripage en zone de stockage.

Phase 5 : mise en tension de la totalité de la précontrainte et finitions, le caisson est prêt pour le transfert final.

TRANSPORT ET POSE DES CAISSONS

Depuis l'aire de stockage, les caissons seront soulevés ensuite transférés jusqu'à leur position finale en quatre principales étapes :

Étape 1 : Le caisson sera soulevé par des vérins de manière à le libérer du fond de moule, ensuite posé sur des sabots pour le ripage transversal, de l'aire de fabrication à la zone de stockage, ensuite vers la voie de ripage longitudinal. Ce ripage sera réalisé à l'aide de vérins de type SARSKID (figure 8), montés horizontalement sur un rail. Le déplacement se fera par glissement des appuis sur le rail, en plusieurs cycles correspondants à la course maximale des vérins égale à 1 m environ.

Étape 2 : Le caisson sera posé sur un système de boggies équipé de vérins hydrauliques pour le contrôle en quatre points de la charge sur les appuis.

Le déplacement sur la voie de ripage longitudinal est assuré par roulement des boggies sur des rails jusqu'au quai d'embarquement sur la barge.

Étape 3 : La voie de ripage longitudinal se prolonge au dessus de la barge, ce qui permet d'embarquer directement le caisson à l'aide du même système de boggies.



© PHOTOTHÈQUE BOUYGUES TP

© PHOTOTHÈQUE BOUYGUES TP

Le bord du quai est équipé d'un système d'amarrage tenant compte du niveau de la marée et de la stabilité de la barge.

Étape 4 : Le transfert du caisson se fait par remorquage de la barge jusqu'à l'approche des piles de destination (figure 10).

La barge sera déplacée à l'aide de treuils de manière à s'aligner avec l'ouvrage. Le caisson sera soulevé au dessus des piles à l'aide de colonnes équipées de vérins, avant de descendre sur ses appuis provisoires (figure 11). La barge sera alors libérée pour le caisson suivant.

L'ÉCHANGEUR

L'échangeur « Valéry Giscard d'Estaing » constitue l'extrémité sud du projet, il permet le raccordement de l'auto-route au réseau routier de la zone sud (figure 12).

Il comprend la réalisation de 16 ouvrages d'arts à travées variables de type « ponts dalles précontraints », et 8 rampes d'accès qui seront réalisées en Terre Armée. □

10- Remorquage de la barge (maquette).

11- Pose du caisson (maquette).

12- Vue générale, construction des premiers ouvrages VGE.

10- Towing the barge (mock-up).

11- Placing the box girder (mock-up).

12- General view of construction of the first "VGE" structures.



10

© PHOTO THÉQUE - MAMMOET



11

© PHOTO THÉQUE - MAMMOET



12

© PHOTO THÉQUE BOUYGUES TP

PRINCIPALES QUANTITÉS

BÉTON DE TABLIER ET CHEVÊTRES : 28 000 m³

BÉTON DES PIEUX : 14 000 m³

ARMATURES PASSIVES HORS PIEUX : 4 500 t

ARMATURES PASSIVES PIEUX : 1 100 t

ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE : 720 t

SABLE DE DRAGAGE DE LA DIGUE : 170 000 m³

INTERVENANTS

AGEROUTE : Concédant Représentant de l'État

BNETD : Bureau d'Études Conseil de l'État

SOCOPRIM-SA : Concessionnaire

BUREAU VERITAS : Bureau de Contrôle

SACPRM : Groupement Entreprises BOUYGUES-TP

ABSTRACT

THIRD ABIDJAN BRIDGE IN CÔTE D'IVOIRE

S. CHERIF - D. BOREL - S. GIMENEZ : BOUYGUES - F. SACCO, SOCOPRIM

The project for the third Abidjan bridge forms part of a major motorway project 6.4 km long. The contract was won by Bouygues Construction under a 30-year Build and Operate concession arrangement. The works are currently in the start-up stage, and the article gives a general description of the project and details of the design and construction of the main bridge, which crosses the Ebrié Lagoon over a length of 1500 m. Particular distinguishing features are:

- > **The supports:** The bottom of the lagoon consists mainly of sludge and clays which mean that the spans are limited to 50 m and the foundations are on piles 2.0 m in diameter driven down to -77 m.
- > **The northern abutment:** executed at the end of a dyke reclaimed from the lagoon, with hydraulic backfill.
- > **The construction technique:** The deck is prefabricated in complete spans, almost 1000 tonnes per box girder in prestressed concrete, transported and placed in position by sea. □

3^{er} PUENTE DE ABIDJAN EN COSTA DE MARFIL

S. CHERIF - D. BOREL - S. GIMENEZ : BOUYGUES - F. SACCO, SOCOPRIM

El proyecto del 3^{er} puente de Abidjan forma parte de un gran proyecto relativo a la autopista de 6,4 km de longitud. Lo ha ganado Bouygues Construction en el marco de una concesión de construcción y explotación durante 30 años. Las obras están actualmente en fase de inicio. El artículo hace una descripción general del proyecto y presenta los detalles de diseño y construcción del puente principal, que cruza la laguna Ebrié en una longitud de 1.500 m. Se distingue en particular por:

- > **Los apoyos:** el fondo de la laguna está constituido esencialmente por fango y arcillas que hacen que los tramos se limiten a 50 m y los cimientos sobre pilotes de 2,0 m de diámetro lleguen a -77 m.
- > **El estribo norte:** realizado en el extremo de un dique ganado a la laguna, de relleno hidráulico.
- > **El método de construcción:** el tablero está prefabricado por tramos enteros, cerca de 1.000 toneladas por cajón de hormigón pretensado, transportado e instalado por vía marítima. □

PASSEZ VOTRE PUBLICITÉ DANS **TRAVAUX** POUR UN MAXIMUM D'IMPACT SUR LES ACTEURS DE LA PROFESSION DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

VIADUC DE MILLAU © CEMM

■ NOTRE LECTORAT

41 % - Maîtres d'ouvrage, Maîtres d'œuvre, Bureaux d'études, Laboratoires de recherche, Architectes, Conseils généraux et régionaux, Collectivités locales et territoriales.

5 % - Enseignement.

54 % - Entreprises : Grands groupes / PME.

■ ÉDITEUR



Travaux est une publication de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) qui regroupe 20 Fédérations régionales et 17 syndicats professionnels des travaux publics.

■ DIFFUSION

9 à 10 numéros par an, de 70 à 100 pages, diffusés par abonnement - distribution dans les manifestations professionnelles, mise à disposition du public dans les institutions officielles.

Trage : 2 000 exemplaires.

Diffusion internationale : 1 800 exemplaires.

■ LIGNE ÉDITORIALE

Travaux est un mensuel technique et professionnel qui s'adresse à tous les acteurs de la profession des travaux publics : entreprises, bureaux d'études, maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, fabricants de matériel, chercheurs, étudiants, importateurs, exportateurs, etc. Les articles sont rédigés par des directeurs de projets, des ingénieurs et chefs d'opération, ainsi que par des autorités scientifiques. Chaque numéro comporte un éditorial signé par une personnalité et, le plus souvent une interview d'une autre personnalité et un reportage sur une entreprise ou un fournisseur indépendant. Plusieurs pages d'actualités et un calendrier des manifestations viennent compléter l'information.

NOS TARIFS 2013

Surface	Prix (HT)	Format (L x H)	
2 ^e couverture*	3 390 €	215 x 315 mm	
3 ^e couverture*	2 980 €		
4 ^e couverture*	3 660 €		
Page*	2 650 €	215 x 315 mm	
1/2 page	1 630 €	185 x 121 mm	
1/4 page	1 150 €	90,5 x 121 mm	
Encart	Recto/Verso	2 680 €	
	4 pages	4 110 €	Nous consulter
Publi rédactionnel	1 page	2 690 €	
	2 pages	5 315 €	Nous consulter
Répertoire des fournisseurs	Rubrique	102 €	Par ligne/rubrique/an
	Module	235 €	Par cm/colonne/an

* Prévoir 5 mm de fond perdu sur les 4 côtés et ne pas mettre de texte ou logo à moins de 15 mm des bords gauche et droite

■ RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

Remise des éléments d'impression : 5 semaines avant parution.

Documents d'impression acceptés dans les formats : PDF, JPEG, Photoshop EPS ou TIFF (sans compression) avec une définition de 300 dpi.

Délai d'annulation : 2 mois avant parution.

Frais techniques (PAO) : à la charge de l'annonceur. Nous pouvons nous charger de la réalisation de votre annonce avec les éléments que vous nous remettez. Ces travaux sont dans ce cas facturés en sus, avec la première parution. Forfait pour la modification d'une adresse, d'un numéro de téléphone, etc. : 63 € HT.

- **Dégressifs de surface** :
- - 2 à 4 pages : 6 %
- - 5 à 7 pages : 9 %
- - 8 à 10 pages : 12 %
- **Emplacement préférentiel** : + 15 %
- **Dégressifs d'insertions** :
- - 2 à 4 insertions : 3 %
- - 5 à 7 insertions : 6 %
- - 8 à 10 insertions : 9 %
- **Règlement** : 30 jours, à l'ordre de :
- ESI, 9 rue de Berri - 75008 Paris.
- **Conditions de vente sur demande.**

VOTRE CONTACT

Emmanuelle Hammaoui, chef de publicité
9, rue de Berri - 75008 Paris - France
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 41 - Email : ehammaoui@fnfp.fr



1

© CHANTIER CONTRAT N° 703 MTRC

TDM (TUNNEL DISMANTLING MACHINE) DE LA CONCEPTION À LA RÉALISATION DES TRAVAUX

AUTEURS : GUILLAUME ROUX, INGÉNIEUR TRAVAUX, CSM BESSAC - JEAN-NOËL LASFARGUE, DIRECTEUR COMMERCIAL, CSM BESSAC - SEVED ROBIN, DIRECTEUR DE PROJET, BOUYGUES TP - FRANCIS VALLON, CHEF DE SERVICE MÉTHODES ET PRIX, BOUYGUES TP

DANS LE CADRE D'UN CONTRAT AVEC LA MASS TRANSIT RAILWAY CORPORATION DE HONG KONG PORTANT SUR LA WEST ISLAND LINE, UNE DES TÂCHES CONSISTE À DÉMONTER UN TUNNEL EXISTANT. LE CONTEXTE N'EST PAS DES PLUS FACILES : TISSU URBAIN DENSE, TRAVAUX SOUS FORTE PRESSION HYDROSTATIQUE, FACIÈS GÉOLOGIQUES CHANGEANTS. LE GROUPEMENT D'ENTREPRISE UTILISE UNE MACHINE APPELÉE TDM, SPÉCIALEMENT FABRIQUÉE PAR CSM BESSAC, CAPABLE, SOUS PRESSION D'AIR, DE DÉPOSER LES VOUSOIRS, DE RÉALISER UN ANNEAU DE BÉTON PROJETÉ ET DE REMBLAYER AU MORTIER. LE TUNNEL EST ENSUITE RÉ-EXCAVÉ AU TUNNELIER CLASSIQUE.

PRÉAMBULE

Le contrat n°703 de MTRC (Mass Transit Railway Corporation, société du métro de Hong Kong), sur la West Island Line (WIL), consiste en l'extension vers l'ouest de la ligne de métro souterrain desservant l'île principale de Hong Kong. Ce projet, qui présente de nombreuses

difficultés techniques, comprend la réalisation de puits et de tunnels, ainsi que le démontage d'un tunnel existant, le tout dans un environnement urbain dense et une géologie complexe.

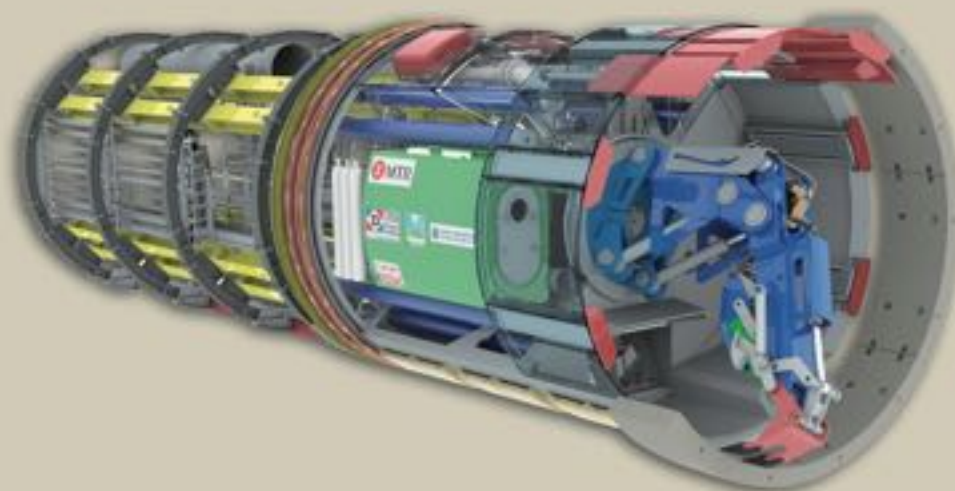
Le groupement d'entreprises DRAGAGES (filiale de BOUYGUES CONSTRUCTION), MAEDA CORPORATION et

1- Bâti
de poussée.

1- Thrust
frame.

BACHY SOLETANCHE), en partenariat avec MTRC, a développé des solutions innovantes afin de répondre aux défis de ce contrat. Le groupement s'est notamment associé à CSM BESSAC (filiale de SOLETANCHE BACHY) pour proposer et développer une machine (TDM, Tunnel Dismantling Machine)

VUE 3D DU TDM AU STADE DES ÉTUDES



© CSM BESSAC

2

destinée à démonter et à remblayer, sur une longueur de 132 m, un tunnel existant, construit en terrains meubles avec une hauteur de nappe de près de 30 m.

Le Groupement a confié la conception de cette machine spécifique conjointement à CSM BESSAC et BOUYGUES TP et la fabrication (figures 2 et 3) à CSM BESSAC, dans son usine de Saint-Jory où le siège de l'entreprise est implanté. Le TDM se déplace à reculons, à l'intérieur du tunnel à démonter, à l'arrière d'un mur en béton armé qui le sépare de la ligne de métro en service. Il retire les voussoirs du tunnel un à un, sous une pression d'air comprimé de 2,8 bars. Tous les mètres, le TDM applique une couche de béton projeté sur le terrain mis à nu et projette un mortier de remplissage afin de remblayer le tunnel. Les opérateurs, quant à eux, restent à l'arrière du bouclier du TDM, à la pression atmosphérique.

Le tunnel démonté et remblayé a ensuite été ré-excavé par un tunnelier à pression de boue afin de réaliser le nouvel alignement du nouveau tunnel qui se connecte sur la ligne existante. Cet article met en lumière les innovations et les solutions développées durant la conception du TDM et tout au long de la réalisation des travaux.

LE CHOIX D'UNE TECHNIQUE NOUVELLE : LE TDM LE PROJET ET LA CONNEXION DES TUNNELS

Le front de mer nord de l'île de Hong Kong est densément urbanisé et il est



3

© CSM BESSAC

2- Vue 3D du TDM au stade des études.

3- Fabrication du TDM en atelier.

2- 3D view of the TDM in the design engineering stage.

3- Manufacture of the TDM in workshop.

desservi par la ligne de métro « Island Line » de MTR Corporation. Le projet West Island Line, l'extension ouest de cette ligne, comprend 3,3 km de tunnel bitube et trois nouvelles stations. Le premier lot de l'extension (contrat n°703) connecte les nouveaux tunnels, d'une part à la Crossover Box, station existante où les trains changent de voie pour repartir vers l'autre extrémité de la ligne, et d'autre part à l'Overrun tunnel, après la station de Sheung Wan (voir le plan figure 4).

Les principaux travaux à réaliser dans le cadre du contrat 703 sont :

- Un puits d'attaque de 70 m de profondeur creusé dans de la roche dure ;
- Un puits d'entrée et de ventilation de 40 m de profondeur au milieu de bâtiments d'habitation ;
- Un tunnel de 770 m de long (Uptrack) pour connecter la nouvelle ligne à la Crossover box en service ;
- Un tunnel de 490 m de long (Downtrack) pour la connecter sur l'Overrun tunnel existant, dont 132 m doivent être démolis préalablement à l'excavation du Downtrack tunnel ;
- Plusieurs galeries d'accès et de connexion pour la construction et/ou les ouvrages définitifs.

Les tunnels sont excavés, depuis le puits d'attaque jusqu'au puits d'entrée à l'explosif (en bleu sur la figure 4), et à l'aide d'un tunnelier à pression de boue, du puits d'entrée jusqu'à la Crossover box et à l'Overrun tunnel (en violet).

Lors de la construction de la ligne dans les années 80, l'extension ouest avait été prévue le long de la côte. Cependant, le développement de l'ouest de l'île de Hong Kong n'a finalement pas vu se réaliser les remblais en mer alors envisagés, rendant caduque le concept de future extension de la ligne. Il a finalement été décidé de modifier le tracé des tunnels afin d'étendre la ligne vers l'intérieur de l'île, et de construire deux stations souterraines afin de mieux desservir les quartiers ouest. Le réalignement de l'Overrun tunnel existant a donc été nécessaire (figure 5).

CONTRAINTES

Contrainte de délai

L'Overrun tunnel existant permet aux rames de métro circulant sur la voie aval (Downtrack) de dépasser la Crossover box, et de changer de direction en repartant sur la voie amont (Uptrack). Un train qui présente une panne peut être garé à l'extrémité de l'Overrun tunnel, tout en permettant au train suivant de s'y engager afin de procéder au changement de direction.

La longueur additionnelle d'Overrun tunnel qui permet à un train défaillant d'y stationner, appelée voie refuge, est l'un des éléments clés employés par MTRC pour sécuriser le fonctionnement de la ligne et en optimiser les performances.

La section de voie refuge de l'Overrun tunnel et le puits de ventilation adjacent ont été isolés de la ligne de métro en service, afin de permettre la connexion de l'extension de la West Island Line (figure 4, en marron).

La période de clôture de la voie de refuge, affectant le fonctionnement de la ligne en cas de panne d'une rame, a été limitée à 12 mois, jusqu'à ce qu'une nouvelle voie de refuge dans le nouveau tunnel Uptrack soit opérationnelle.

Nature du tunnel existant à démonter

Le tunnel existant présente un diamètre extérieur de 5,80 m et est constitué d'anneaux de voussoirs de 1 m de longueur, en béton armé ou en fonte. La connexion avec le nouveau tunnel intercepte 125 anneaux en béton et 7 anneaux en fonte (figure 6).

L'accès au tunnel

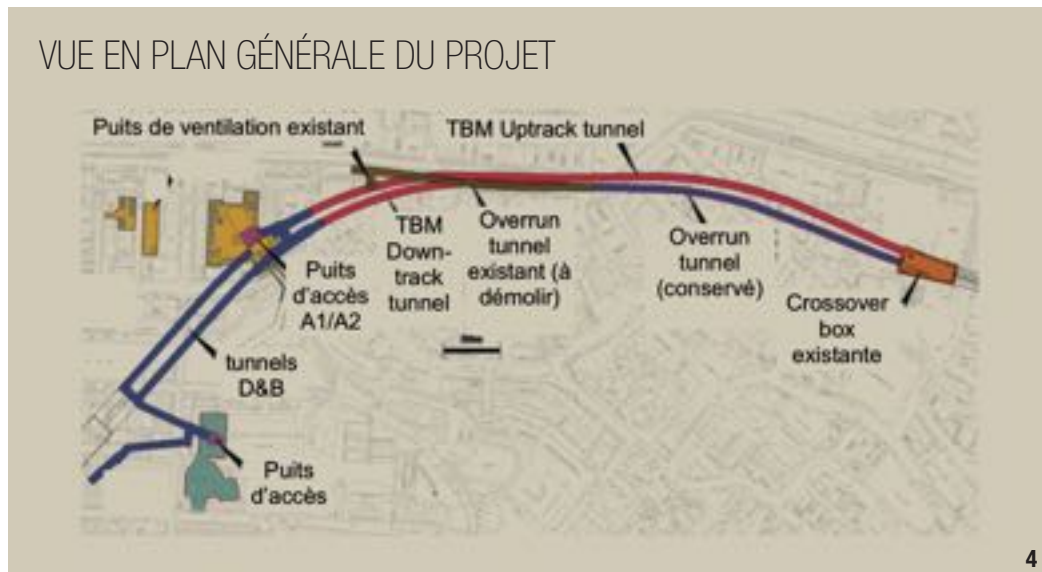
L'accès au tunnel à démonter s'est fait par un puits de ventilation existant. Le TDM a donc dû être conçu de façon à ce que ses éléments constitutifs présentent des dimensions compatibles avec ce puits (2,50 x 4 m).

La géologie

La géologie s'avère changeante et complexe (figure 7) : elle comprend notamment un socle granitique dont la résistance à la compression varie entre 100 et 200 MPa, des granites fortement altérés (CDG, Completely Decomposed Granite) contenant des zones indurées, des alluvions et des dépôts marins. Le tracé est sous nappe avec des pressions atteignant 2,8 bars au niveau du radier.

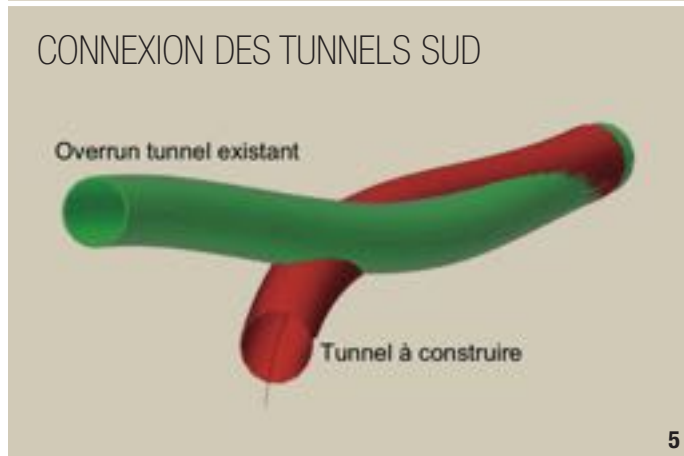
PRINCIPE DE CONSTRUCTION

Tout d'abord a été édifié un mur de séparation de 6 m de long qui isole l'Overrun tunnel à démonter du tunnel restant en service. Après cette opération, une campagne d'injection a été menée afin de combler tous les vides susceptibles d'exister, de réduire la perméabilité du terrain et de sécuriser



4

© CHANTIER CONTRAT N° 703 MTRC



5

© CHANTIER CONTRAT N° 703 MTRC

4- Vue en plan générale du projet.
5- Connexion des tunnels sud.
6- Overrun tunnel existant.

4- General plan view of the project.
5- Connection of the South tunnels.
6- Existing overrun tunnel.

le confinement une fois le TDM en service, et enfin d'améliorer les caractéristiques mécaniques du sol au droit des zones devant reprendre les efforts de poussée. Le TDM se déplace à reculons à l'intérieur du tunnel à démonter, du mur de séparation vers le puits de ventilation,

en retirant les anneaux de voussoirs par pas de 1 m dans une chambre de démolition confinée à l'air comprimé à une pression de 2,8 bars. Le terrain mis à nu est recouvert de 30 cm de béton projeté après retrait des voussoirs. Le béton projeté ainsi que le mortier de remplissage sont

appliqués à l'aide du bras de démolition du TDM. Pour toutes les opérations courantes, le personnel d'exécution reste à pression atmosphérique, à l'arrière du bouclier du TDM. Le tunnel remblayé est finalement ré-excavé par un tunnelier à pression de boue réalisant le tunnel définitif.



6

© CHANTIER CONTRAT N° 703 MTRC

LE DESIGN DU TDM

Le principe du fonctionnement du TDM est issu de la technologie des tunneliers à confinement par air comprimé. Le design et le développement du TDM ont requis efforts et imagination dans la mesure où les solutions d'ordinaire utilisées sur les tunneliers ont dû être vérifiées, repensées, et bien souvent complètement remodelées, afin de satisfaire aux spécificités du TDM.

7- Coupe géologique.

8- Vue en éclaté des principaux composants du TDM.

7- Geological cross section.

8- Exploded view of the main components of the TDM.

Celui-ci est composé de trois principaux éléments, dont les fonctions spécifiques sont détaillées dans la vue en éclaté en figure 8.

Le bras de démolition articulé est équipé pour différentes tâches : brise roche hydraulique amovible pour la démolition des voussoirs, godet équipé d'une pince pour la saisie des éléments (figure 9), plaque de curage pour le nettoyage du radier avant projection,

lance à béton projeté et instrumentation des vérins du bras afin de calculer en temps réel les épaisseurs de béton appliquées. Toutes ces fonctions sont opérationnelles quelle que soit la position du bras, sur 360°. Un des principaux challenges consistait à ne pas sacrifier la robustesse au profit de la fonctionnalité.

Le TDM est équipé de 2 sas à personnel et d'un sas à matériaux (figure 10) qui permet le chargement et le transfert des voussoirs démontés du front confiné vers l'arrière du TDM à la pression atmosphérique. Le sas est équipé d'un plateau de transfert recevant des skips à voussoirs interchangeables. L'anneau en cours de démontage est temporairement maintenu en place par 6 bras télescopiques. La partie supérieure de la chambre de démolition est équipée de plaques escamotables destinées à la protection du personnel susceptible d'intervenir dans la chambre en hyperbare, en cas d'incident mécanique par exemple.

La jupe est séparée du bouclier principal du TDM par un joint articulé autorisant un déplacement radial de 20 mm sur 360°. Ce système permet un centrage optimal du TDM à l'intérieur du tunnel indépendamment de la position de l'anneau et de son ovalisation (jusqu'à 80 mm sur le diamètre) ; il garantit donc l'étanchéité. Le joint d'étanchéité est constitué de 3 rangées de brosses créant 2 chambres d'injection de mastic.

Afin de tester et de valider différentes solutions techniques, des essais à l'échelle 1/2 et à taille réelle ont été menés à Toulouse, Paris et Hong Kong : développements et essais de béton projeté sous air comprimé à l'intérieur d'un sas de 3 m de diamètre, étanchéité des joints de brosse à l'air comprimé sur un banc d'essai de 3 m de diamètre, test du BRH et de sa cinématique, installation et assemblage du TDM à l'intérieur d'un faux tunnel métallique à taille réelle de 15 m de long.

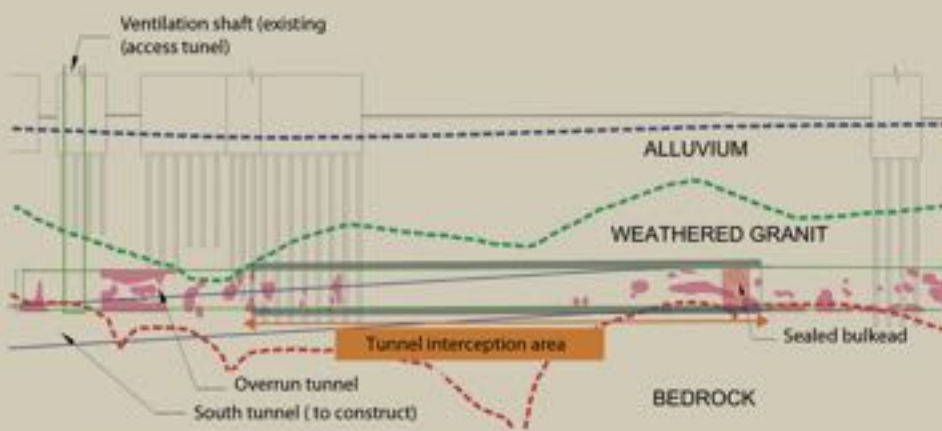
INSTALLATION DE CHANTIER

Le chantier est installé à Ko Shing Street (puits), et le long de Des Voeux Road, sur une voie de circulation de 45 m de long.

La plupart des équipements se trouvent dans le puits de ventilation et dans la galerie souterraine de 250 m de long. Le puits est situé dans une rue étroite dont l'accès est limité.

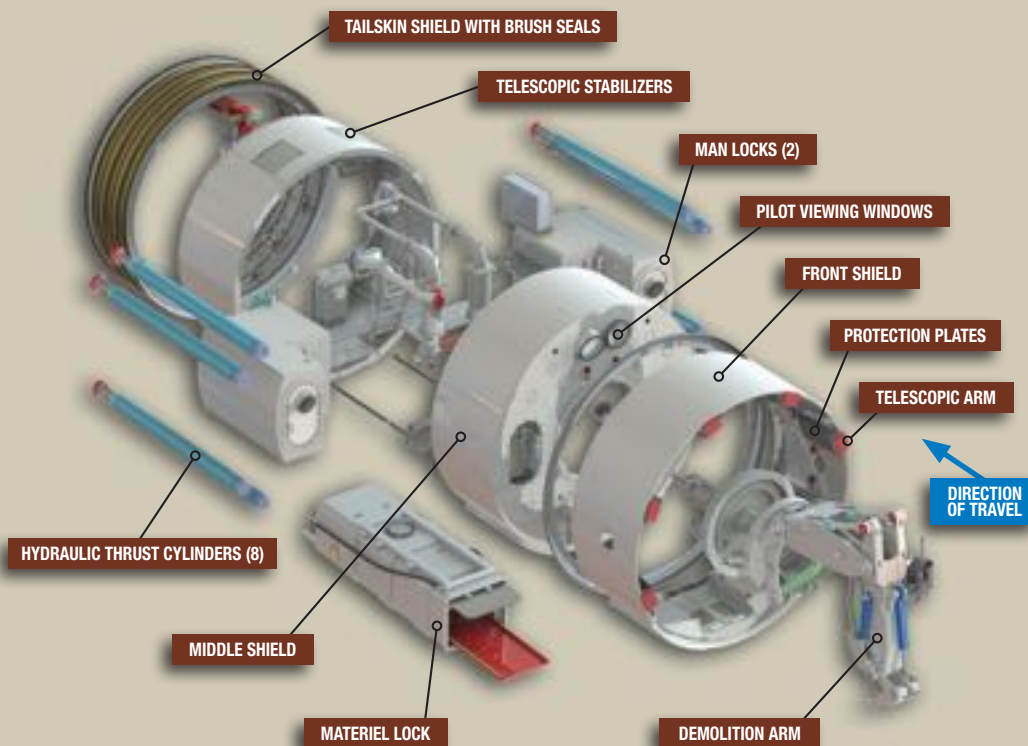
Par ailleurs, les normes environnementales imposent de fortes restrictions sonores.

COUPE GÉOLOGIQUE



7

VUE EN ÉCLATÉ DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU TDM



8

SURFACE

Toutes les installations de surface se concentrent sur une aire de 45 m de long sur 4,5 m de large (figure 11), d'où sont livrés le béton et le mortier. Cette zone minimaliste accueille un groupe électrogène de secours et son armoire de transfert de source, un transformateur de 1 250 kVA, un TGBT, une station de traitement des eaux, un compresseur d'air diesel de secours, une tour de refroidissement pour le power pack du TDM et une pompe à béton. À Ko Shing Street (accès principal), au dessus du puits de ventilation, un pont roulant de 10 tonnes permet l'approvisionnement du tunnel (figure 11). Le bâtiment du puits de ventilation, hors service au moment des travaux, est utilisé pour abriter la ventilation provisoire du tunnel. Afin de réduire le bruit émis par le chantier, toutes les ouvertures sont couvertes de panneaux acoustiques de 45 dB(A) de réduction. Le puits est donc couvert la nuit et l'accès en surface se fait via un sas équipé de portes acoustiques.

PUITS DE VENTILATION

Le puits de ventilation a une profondeur de 30 m et un diamètre compris entre 7,4 et 6,4 m. Un ascenseur permet un accès facile 24h/24h et la ventilation pulse l'air frais via une conduite rigide le long du puits. Des ventilateurs additionnels ont été installés. 2 compresseurs d'air industriel et 2 unités de production d'air respirable sont installés dans le puits, avec leurs cuves à air. Le groupe hydraulique du TDM est également installé en fond de puits.

ADIT/OVERRUN TUNNEL

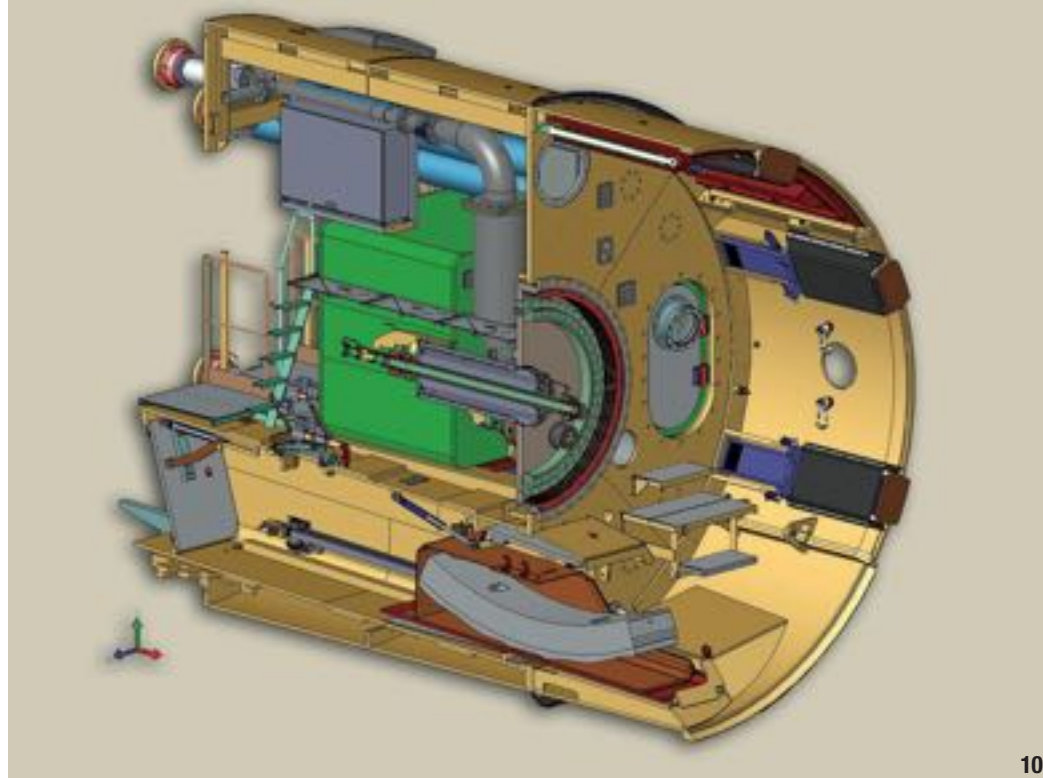
En phase de production, les installations souterraines permettent une production continue afin de démonter le tunnel et de le remblayer nuit et jour. Le diamètre intérieur du tunnel où les équipements sont installés est de 5,3 m. La longueur disponible pour leur installation est d'environ 50 m, le long desquels le train de service doit malgré tout circuler. Dans l'adit entre le puits de ventilation et l'Overrun tunnel, un wagon hâlé par un treuil de 3 tonnes est utilisé pour transférer les pièces.

À l'arrière du tunnel, l'aire béton comprend deux trémies agitatrices de 7 et 9 m³, installées au-dessus de la pompe à béton de reprise de tunnel. Le béton projeté est directement parquéé à la pompe à béton projeté parquée à l'arrière du TDM. Les plates-formes de stockage situées le long du tunnel avant le premier anneau de reprise de



9 © CSM BESSAC

SAS À MATÉRIAU



10 © CSM BESSAC

poussée offrent l'espace nécessaire au stockage des voussoirs et des éléments de bâti de poussée déposés durant la nuit, alors que tout lavage dans le puits est impossible (puits fermé pour des raisons acoustiques).

Un train de service achemine alternativement la machine de béton projeté et la nacelle élévatrice au front, en les positionnant sur la voie depuis leur aire de stockage latérale.

9- Bras de démolition saisissant un voussoir.
10- Sas à matériaux.

9- Demolition arm seizing a segment.
10- Air lock for materials.

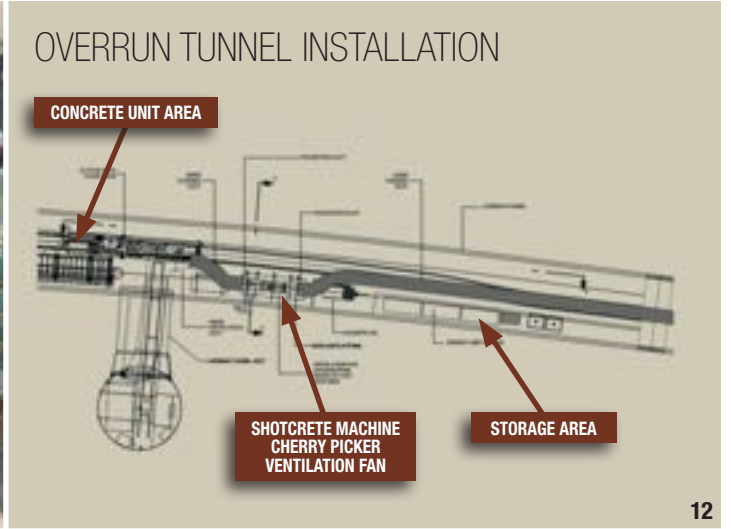
BÂTI DE REPRISE DE POUSSÉE DU TDM

Immédiatement à l'arrière du TDM, un bâti de reprise de poussée de 48 m de long est installé. En effet, le confinement à 2,8 bars au-devant du TDM génère une contre-poussée d'environ 700 tonnes qu'il est nécessaire de retenir à l'aide d'un bâti de poussée qui transfère la charge à des anneaux de poussée en béton armé (3 anneaux



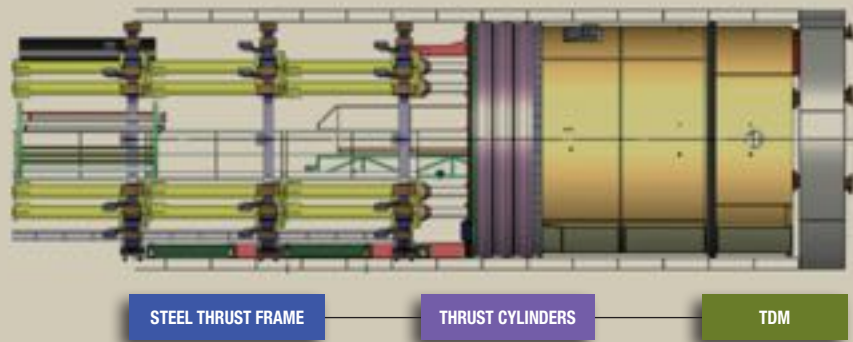
© CHANTIER CONTRAT N° 703 MTRC

11



12

BÂTI DE POUSSÉE



13

à 44 m d'intervalle - figure 13). Ces anneaux eux-mêmes la redistribuent vers le revêtement du tunnel existant et vers le terrain.

Les 8 vérins de poussée périphériques, liaisonnant le TDM au bâti de poussée, permettent le recul de la machine. Le bâti de poussée se compose de 3 principaux éléments : les butons métalliques, connectés directement aux vérins, les arches de maintien, supportant les butons tous les 3 m (course des vérins de poussée), et l'anneau de reprise de la poussée en béton armé. Les butons et les arches sont démontés et recyclés au fur et à mesure du recul du TDM. Les 3 anneaux de poussée en béton sont, quant à eux, démolis lorsque le TDM arrive à leur contact.

RÉALISATION DES TRAVAUX AVEC LE TDM

MONTAGE DU TDM SUR CHANTIER

Le TDM a été livré sur site, au cœur du quartier de Sai Yin Pun, en pièces de moins de 10 tonnes, dont les dimensions n'excédaient pas 2,50 m x 4 m,

11- Aire d'installation.

12- Overrun tunnel installation.

13- Bâti de poussée.

11- Installation site.

12- Overrun tunnel, installation.

13- Thrust frame.

ce qui correspondait à la fenêtre de passage du puits d'accès existant. Le montage sur site a été achevé en 55 jours, ce qui a été rendu possible grâce au montage à blanc dans un faux tunnel métallique en usine, à Saint-Jory. La méthode innovante de montage, développée pour assembler les boulonniers, le bras d'abatage ainsi que les joints de jupe, s'est révélée efficace et sûre (figure 14). La mise en route

s'est déroulée sans problème majeur : elle incluait les tests des paramètres automatés, la vérification par étages du bon fonctionnement hydraulique de la machine, ainsi qu'une validation poussée du comportement de la structure de poussée (notamment en phase de recyclage, particulièrement critique).

SÉQUENCE DE DÉMONTAGE DE L'OVERRUN TUNNEL

Les 132 m de tunnel seront démontés en 3 sections égales de 44 m. À chaque anneau de reprise de poussée, le TDM est stoppé et la pression de confinement retirée pour environ une semaine, le temps de la démolition de l'anneau, après projection de béton de la chambre (figure 15) et son remblaiement partiel.

Afin d'éviter autant que possible les interventions hyperbares, le tunnel était remblayé quotidiennement, sous air comprimé, avec un mortier s'apparentant au béton projeté. Les travaux de maintenance dans la chambre d'abatage étaient exécutés les dimanches à la pression atmosphérique, après confirmation de la bonne épaisseur

de béton projeté (300 mm) et de la bonne résistance (15 MPa). Chaque décompression a été menée en suivant strictement une procédure de dé-confinement par palier.

Les cadences initialement envisagées ont ainsi pu être atteintes, et même dépassées !

CONFINEMENT

Deux surpresseurs d'air respirable fournissent 500 l/s chacun, à 2,8 bars. L'un est en secours. Les deux unités sont alimentées par un groupe électrogène de secours en cas de coupure électrique générale. Les 3 rangées de brosses et les 2 chambres de graissage sont alimentées par des réseaux et des pompes à mastic indépendants ; le TDM est équipé d'une chambre de secours, dans laquelle on peut injecter soit du mastic, soit une mousse polymère expansive, si besoin est. Les pertes d'air n'ont jamais excédé les 500 l/s prévus et ce, malgré des ovalisations d'anneaux atteignant 80 mm sur le diamètre, une surface de revêtement quelque peu irrégulière et la courbure du tunnel.

DÉMONTAGE DES VOUSOIRS

Le démontage des voussoirs commence par l'extension des vérins télescopiques de maintien de l'anneau en cours de démolition. L'anneau est ensuite décomprimé en y réalisant une tranchée à l'aide du BRH.

Le bras de démolition, équipé de sa pince, retire ensuite les voussoirs un à un et les évacue par le biais du sas à matériaux.

Au niveau des premiers anneaux, où le futur tunnel Downtrack se connecte au tunnel existant, une sur-excavation de 900 mm s'est révélée nécessaire pour l'arrivée du TBM, afin de créer un bouchon étanche.

RETENIR ET DÉPLACER LE TDM

Le bâti de poussée (figure 1) doit être démonté et recyclé tous les 3 m, au fur et à mesure du recul du TDM, à l'aide de la grue du train de service et de ses outils spécifiques. Lors des reculs, le roulis du TDM est contrôlé à l'aide d'une structure anti-roulis équipée de vérins hydrauliques. Le tangage est resté stable.

CONCLUSION

L'utilisation de l'espace souterrain se développant, les interférences entre nouvelles structures et anciens ouvrages redondants vont devenir inévitablement plus fréquentes. Le besoin de solutions ingénieuses qui permettent d'apporter une réponse à ces nouvelles problématiques devient chaque jour un facteur plus important dans les projets souterrains modernes. Alors que le développement du TDM est une solution singulière à une problématique qui l'est tout autant, de telles machines et méthodes vont inévitablement être



14



15

© CHANTIER CONTRAT N° 705 MTRC

requis plus fréquemment dans le futur afin de maintenir et développer les sous-sols de l'espace urbain. Grâce aux avantages combinés d'un contrat flexible (risques partagés), d'un groupement d'entreprises chevronnées, et d'une excellente équipe d'ingénieurs et d'ouvriers, le TDM a parfaitement accompli sa tâche, en sécurité et avec un minimum d'impact sur les tierces

14- Montage du TDM en tunnel.

15- Béton projeté.

14- TDM setup in the tunnel.

15- Shotcreting.

parties. Ce succès est le fruit d'un travail exhaustif au stade du design et des tests : les précautions prises ont permis de sécuriser l'opération, d'un point de vue technique et d'un point de vue planning. Elles ont permis également de limiter la durée de la période de test et de validation sur chantier, où les conditions étaient particulièrement contraignantes. □

ABSTRACT

TDM (TUNNEL DISMANTLING MACHINE) FROM WORK DESIGN TO PERFORMANCE

GUILLAUME ROUX, CSM BESSAC - JEAN-NOËL LASFARGUE, CSM BESSAC - SEVED ROBIN, BOUYGUES TP - FRANCIS VALLON, BOUYGUES TP

Under a contract with the Mass Transit Railway Corporation of Hong Kong concerning the West Island Line, one of the tasks is to dismantle an existing tunnel. The context is not one of the easiest. The dense urban fabric means there is little space available for installation. The hydrostatic pressure is high: 28 m of water. The geological facies are changing: granite, weathered granite, alluvia and marine deposits. The consortium uses an original machine called a TDM (Tunnel Dismantling Machine), specially designed and manufactured by CSM Bessac, which is capable, under air pressure, of removing segments, executing a shotcrete ring and performing backfilling with mortar. The tunnel is then re-excavated with a conventional TBM. □

TDM (TUNNEL DISMANTLING MACHINE) DESDE EL DISEÑO HASTA LA REALIZACIÓN DE LAS OBRAS

GUILLAUME ROUX, CSM BESSAC - JEAN-NOËL LASFARGUE, CSM BESSAC - SEVED ROBIN, BOUYGUES TP - FRANCIS VALLON, BOUYGUES TP

En el marco de un contrato con la Mass Transit Railway Corporation de Hong Kong relativo a la West Island Line, una de las tareas consiste en desmontar un túnel existente, en un complicado contexto. El denso tejido urbano deja terrenos de instalación reducidos. La presión hidrostática es alta: 28 m de agua. Las facies geológicas son variables: granito, granito alterado, aluviones y depósitos marinos. La agrupación de empresas utiliza una máquina original denominada TDM (Tunnel Dismantling Machine), diseñada especialmente y fabricada por CSM Bessac que, bajo presión de aire, puede desmontar las dovelas, realizar un anillo de hormigón proyectado y rellenar con mortero. A continuación, el túnel es reexcavado con tuneladora convencional. □

LE PONT DE HALIÇ SUR LA CORNE D'OR EN TURQUIE

AUTEUR : MARTIN DUROYON, DIRECTEUR DE TRAVAUX, FREYSSINET

À ISTANBUL, LE PONT DE HALIÇ, QUATRIÈME PONT FRANCHISSANT L'ESTUAIRE DE LA CORNE D'OR, VIENT D'ÊTRE ACHEVÉ. CE PONT DE 919 M, CONSTITUÉ DE DEUX VIADUCS D'ACCÈS, D'UN PONT À HAUBANS ET D'UN PONT TOURNANT, A ÉTÉ ÉLEVÉ SUR UN SITE HISTORIQUE ET PERMETTRA DE PROLONGER UNE LIGNE DE MÉTRO DANS UNE VILLE QUI SUFFOQUE SOUS LES EMBOUTEILLAGES.



1

© FREYSSINET

Avec 13,6 millions d'habitants et une superficie de 5 170 km² (50 fois Paris), la ville d'Istanbul est la plus importante de Turquie. Inscrite au patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1985, elle est le principal pôle économique du pays et connaît une croissance sans pareil.

La partie historique occidentale de la ville est située de part et d'autre de l'estuaire de la Corne d'Or.

Long de 7,5 kilomètres et large de 750 mètres, ce dernier rejoint le Bosphore qui sépare l'Asie de l'Europe et relie la mer Noire à la mer de Marmara. Voie de passage et de commerce, le Bosphore est le 4^e passage le plus emprunté au monde, fréquenté jour et nuit par de nombreux cargos et porte-containers.

1 - Vue générale du pont de Haliç.

1- General view of Haliç Bridge.

LE PONT DE HALIÇ, CONTEXTE ET GENÈSE DU PROJET

LE 4^e PONT FRANCHISSANT L'ESTUAIRE DE LA CORNE D'OR

L'estuaire de la Corne d'Or était jusqu'à ce jour traversé par trois ponts, le pont de la Corne d'Or, le pont Atatürk et le pont de Galata. Depuis la mi-2013, il est traversé par un 4^e pont, le pont de Haliç. Situé entre les ponts de Galata et Atatürk et à proximité de la tour de

Galata et de la mosquée de Soliman, cette nouvelle liaison associe un pont à haubans et une station de métro (figure 2).

D'une longueur de 919 mètres, ce pont constituera la liaison entre deux tunnels de métro situés sur les rives opposées de l'estuaire. Il permettra de prolonger la ligne de métro M2 au-delà du terminus de Yenikapi, jusqu'à la place Taksim, et de faire ainsi passer la capacité de transport actuelle de 200 000 à environ 750 000 passagers par jour. Le projet repose sur un concept original élaboré par Michel Virlogeux pour la ville d'Istanbul. La version finale et les dessins architecturaux et structuraux correspondants ont été réalisés respectivement par Hakan Kiran et Wiecon, et le contrat a été attribué au groupe-

ment formé de Astaldi et de Gülermak en décembre 2009.

UN OUVRAGE DE 919 MÈTRES DE LONG

Le pont est constitué de trois parties principales, la plus importante étant le pont à haubans de 387 mètres de long qui enjambe la Corne d'Or, constitué d'une travée centrale de 180 mètres de long et deux travées latérales de 90 mètres de long. Particularité de l'ouvrage : la présence d'une station de métro sur la travée principale. Un pont tournant d'une longueur de 120 mètres permet en outre d'assurer le trafic maritime sur la Corne d'Or. Les deux ponts sont flanqués de viaducs d'accès à chaque extrémité, assurant la liaison avec les tunnels.

La structure haubanée comporte deux pylônes en acier de 65 mètres de haut, entre lesquels sont situées la plateforme et la toiture de la station de métro, sur la travée principale du pont.

UN PROJET MODIFIÉ POUR UNE MEILLEURE INTÉGRATION DANS LE PAYSAGE

Le pont de Haliç étant construit sur un site historique protégé, les travaux ont fait l'objet d'une attention toute particulière afin de préserver les vestiges archéologiques présents sur place. Ainsi, les 15 fondations des piles de viaduc ont été excavées manuellement et la terre prélevée a été lavée et tamisée afin de récupérer tout objet ayant une valeur historique. Des fouilles réalisées pendant la construction ont permis de mettre à jour de nombreux vestiges de l'époque byzantine. Une voûte, le mur d'une basilique et un cimetière ont ainsi été découverts au niveau des fondations des piles sur la rive du quartier d'Unkapani. Ces mises à jour ont entraîné des modifications dans la conception du bâtiment abritant la machinerie du pont tournant.

Enfin, la hauteur du sommet des pylônes a dû être modifiée deux fois au cours du projet, du fait de la localisation du pont dans une zone protégée inscrite au patrimoine mondial. La principale préoccupation de l'Unesco était de réduire au maximum l'impact visuel du pont et de préserver la vue sur la mosquée de Soliman. En novembre 2009, la ville d'Istanbul a demandé de réduire la hauteur des pylônes de 82 mètres à 65 mètres conduisant à baisser le niveau supérieur des câbles de 63 mètres à 55 mètres. Une seconde révision de cette hauteur, baissant le niveau supérieur des haubans à 47 mètres, a été ordonnée en juillet 2011 et il a fallu attendre février 2012 pour qu'elle soit validée. La conception des fondations sur pieux pour le pont à haubans et le pont tour-



nant a également dû être revue pour tenir compte de la géologie du sol ; l'agrément de la nouvelle conception a été donné en juillet 2009 et un pieu-test a été installé en octobre de la même année.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

La nouvelle structure permettant au métro d'enjamber la Corne d'Or est longue de 919 mètres. Elle est constituée de deux viaducs d'accès, d'un pont à haubans et d'un pont tournant (figure 3). Le pont à haubans d'une longueur de 387 mètres comprend deux travées latérales et une travée centrale de 180 mètres de long. Il est supporté par une nappe centrale de haubans ancrée sur deux pylônes métalliques. Ces pylônes sont eux-mêmes supportés par deux séries de neuf pieux métalliques d'un diamètre de 2,5 mètres, d'une longueur maximale de 75 mètres et partiellement renforcés par un remplissage béton. L'extrémité inférieure de ces tubes est foncée dans le substratum rocheux par

2- Localisation du pont de Haliç.

3- Élévation de l'ouvrage.

2- Location of Haliç Bridge.

3- Elevation view of the bridge.

l'intermédiaire d'une extension mixte en acier et béton d'un diamètre de 2,2 mètres. Une tête de pieux métallique située légèrement en dessous du niveau de la mer, à -0,5 mètres, réalise la jonction avec le pylône.

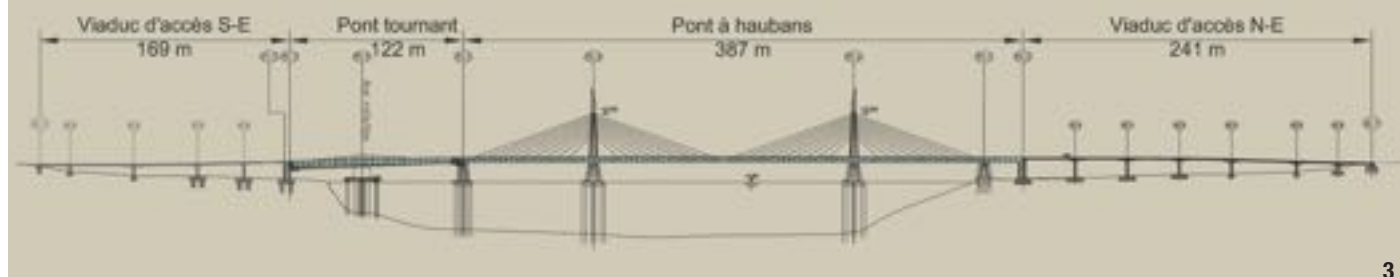
Le tablier est un caisson métallique orthotrope, large de 14,50 mètres et haut de 3,70 mètres (figure 4).

Deux passerelles piétonnes de 4,40 mètres de large sont suspendues sous ce caisson. L'ensemble, large de 28,650 mètres, donne un trait singulier et élégant à l'ouvrage.

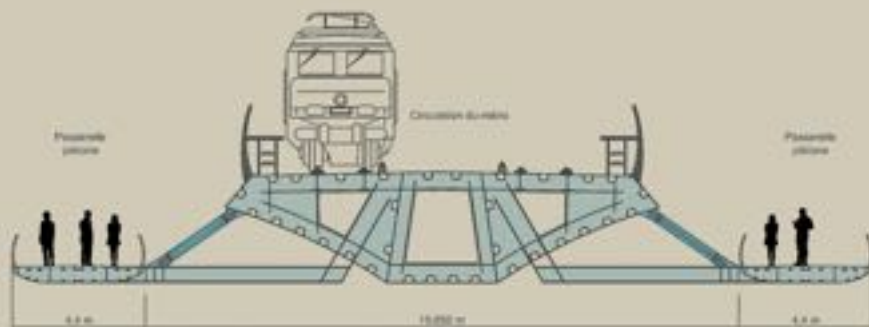
Le pont à haubans permet de libérer un gabarit de passage de 13,80 mètres. Ce gabarit est suffisant pour la grande majorité des bateaux navigants sur la Corne d'Or. Néanmoins, la présence notamment en amont d'un chantier naval, nécessite la traversée de navires de plus grande taille. Un pont tournant a donc été construit à l'extrémité sud-ouest. Il permet, grâce à une rotation de 90° autour d'un axe vertical, de libérer un passage libre large de 50 mètres environ.

Ce pont est constitué par une pile centrale, servant d'axe de rotation, et de deux travées en cantilever d'une longueur de 50 mètres et 70 mètres. Son tablier est également un caisson métallique orthotrope renforcé en extrados par des raidisseurs en acier à haute résistance. Les deux encorbellements étant libres lors de la rotation, un contrepoids placé en extrémité du fléau de 50 mètres équilibre le tablier. En configuration fermée, autorisant le passage du métro, les deux extrémités sont supportées sur des piles, le vérin de rotation est rétracté reportant ainsi

ÉLÉVATION DE L'OUVRAGE

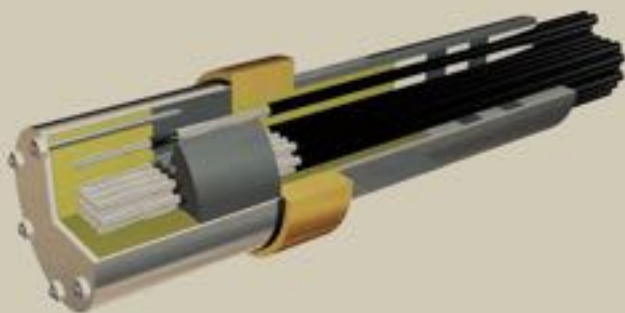


COUPE TRANSVERSALE TYPE



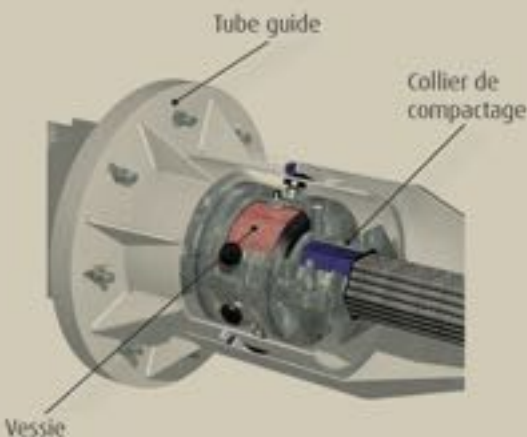
4

ANCRAGE DE HAUBANS H2000



5

PRINCIPE D'UN AMORTISSEUR IHD



6

la charge sur deux appuis à pot en tête de la pile de rotation P2-2.

Deux viaducs d'accès complètent l'ouvrage. Le viaduc d'accès sud-est est constitué de cinq travées d'une longueur totale de 169 mètres. À l'autre extrémité, les sept travées du viaduc nord-est enjambent sur 241 mètres des vestiges historiques ainsi préservés. Ces deux viaducs, élégants et élancés, sont constitués d'un tablier en béton précontraint. 172 câbles de 19 torons T15.7S ont été installés.

4- Coupe transversale type.

5- Ancrage de haubans H2000.

6- Principe d'un amortisseur IHD.

4- Typical cross section.

5- H2000 stay cable anchoring.

6- Schematic of an IHD damper.

LES HAUBANS

La nappe de haubans supportant les travées principales de l'ouvrage comportent 36 haubans Freyssinet H2000 ultra compact d'unité 55 à 75. Les haubans sont de type MTP (Multi-Torons Parallèles), constitués de torons T15S - 1860 MPa galvanisés gainés cirés logés dans une gaine générale en PEHD. Ce procédé est développé et mis en œuvre par Freyssinet depuis plus de 30 ans.

Le toron utilisé est semi adhérent, breveté Freyssinet. Il assure une durabilité optimale par adhérence partielle du système de protection contre la corrosion. Il est composé de 7 fils galvanisés à chaud d'une section totale de 150 mm² et d'une classe de résistance de 1860 MPa, d'une cire micro-cristalline exclusive de type HPF (Haut Point de Fusion) complétant la protection contre la corrosion et permettant également d'éviter l'apparition de « fretting corrosion » et d'une gaine en polyéthylène haute densité extrudée sur le toron spécialement sélectionnée pour sa résistance et sa durabilité.

Chaque toron est individuellement ancré par un mors fatigue de procédé exclusif Freyssinet dans un bloc en acier à haute limite élastique et résilience (figure 5). L'extrémité avant de l'ancrage est aussi équipée d'un dispositif de contrôle des contraintes de flexion dans les torons.

Les ancrages inférieurs possèdent une course de réglage de 100 mm donnant des possibilités d'ajustement des haubans dans la vie de l'ouvrage. La protection anticorrosion des ancrages est assurée par une métallisation. Après mise en œuvre des torons, un capot en acier galvanisé et une injection à la cire permettent d'assurer la continuité de la protection anticorrosion des torons. Une gaine générale de couleur gris clair

assure des fonctions aérodynamiques, mécaniques et esthétiques. Cette gaine est munie d'une double spirale évitant l'apparition d'instabilités provoquée par l'action combinée de la pluie et du vent. Un système de type compact élaboré par Freyssinet a été installé sur l'ouvrage afin de diminuer significativement le diamètre des gaines.

La présence de piétons sur l'ouvrage, ainsi que les vibrations apportées par le freinage et l'accélération des rames de métro ont nécessité une attention particulière pour le choix des amortisseurs des haubans. Les haubans à haute résistance présentent un amortissement intrinsèque faible. Il était donc important d'équiper les haubans les plus longs (plus de 80 mètres) avec des amortisseurs réagissant efficacement indépendamment de l'amplitude de vibration.

Des amortisseurs Freyssinet de type IHD (Internal Hydraulic Damper - figure 6) ont été sélectionnés suite à cette analyse. Les amortisseurs de type hydraulique réagissent dès les faibles amplitudes de vibration, a contrario des amortisseurs par friction initialement spécifiés qui ont un effet fusible (déclenchement dès lors que la sollicitation provoquée par la vibration excède le frottement résistant). Le choix de la viscosité permet d'optimiser l'amortissement en fonction des caractéristiques propres des haubans. La durabilité des IHD a été validée par des tests de fatigue à un million de cycle pour des amplitudes maxi de +/- 15 mm. Les quatre paires de haubans les plus longs de l'ouvrage ont été équipés lors de la construction d'amortisseurs IHD. Les quatre paires de haubans suivants sont pourvus de tubes guides spécifiques permettant une installation ultérieure aisée d'amortisseurs s'ils s'avéraient nécessaires.

Le système de haubans a été testé avec succès de manière intensive suivant les critères actuels les plus sévères. Conformément aux recommandations du PTI, des prototypes d'unité 75 torons ont subi deux millions de cycles avec une variation de 200 MPa et avec la présence d'une cale biaise de 10 mrad sous chaque ancrage. Un test de traction à 95 % de l'effort de rupture garanti a par la suite été effectué sur un prototype, un test d'étanchéité a été effectué sur un autre prototype. Ce test d'étanchéité consiste à plonger l'ancrage, ainsi que l'ensemble de ses composants, sous une hauteur de 3 mètres d'eau pendant 96 heures et de vérifier l'étanchéité ▽

complète de l'ancrage (aucune migration d'eau à l'intérieur de l'ancrage ou sur les torons). Des contrôles qualité intensifs sont réalisés pendant toutes les phases du projet : fabrication des différents composants, calcul des paramètres d'haubanage, installation des haubans. Par exemple, durant la phase d'installation, l'ensemble des paramètres d'haubanage sont enregistrés par l'automate Isotension et manuellement par les techniciens Freyssinet, donnant ainsi une traçabilité complète. Le système de pose des haubans développé par Freyssinet depuis maintenant plusieurs années est léger, rapide et précis. L'originalité de ce système réside dans le fait qu'une fois la gaine en place, chaque toron est hissé puis tendu un à un en utilisant un système léger propre à Freyssinet : l'Isotension. Une cellule de force permet de mesurer l'effort dans le premier toron hissé, appelé toron de référence. Lors de la mise en tension des torons suivants (torons courants), un automate contrôle le vérin monotoron et applique un effort identique à celui mesuré dans le toron de référence. Ce procédé permet d'obtenir un effort identique dans l'ensemble des torons.

Les ancrages sont installés sur leur plaque d'appui et bridés temporairement. La gaine extérieure en PEHD est fabriquée en soudant bout à bout plusieurs gaines de longueur standard (soudure au miroir). En partie supérieure, un conduit court de diamètre supérieur permet la dilatation de la gaine générale sans introduire de contrainte. Un tube anti-vandalisme est vissé à l'extrémité inférieure du conduit. Pour chaque hauban, on utilise un toron de référence dont la longueur est marquée avec précision. Ce toron est enfilé dans la gaine préparée sur le tablier. La gaine est hissée à l'aide d'une potence légère en tête de pylône. Le toron de référence est ancré dans le pylône et sur le tablier. Il est tendu à un effort calculé pour obtenir en fin d'installation de tous les torons la valeur d'effort voulue dans le hauban. Les torons courants sont dévidés directement de la bobine par un système de treuillage en va et vient. Au fur et à mesure du hissage, les torons sont dénudés en extrémité pour permettre leur ancrage tout en garantissant que la zone dénudée reste dans l'encombrement du presse-étoupe. Ils sont tendus au fur et à mesure par le système Isotension. Après clavage de l'ouvrage et un contrôle général, les haubans sont retendus pour affiner parfaitement la géométrie de l'ouvrage.



7

© FREYSSINET

7- Levage d'un voussoir standard.

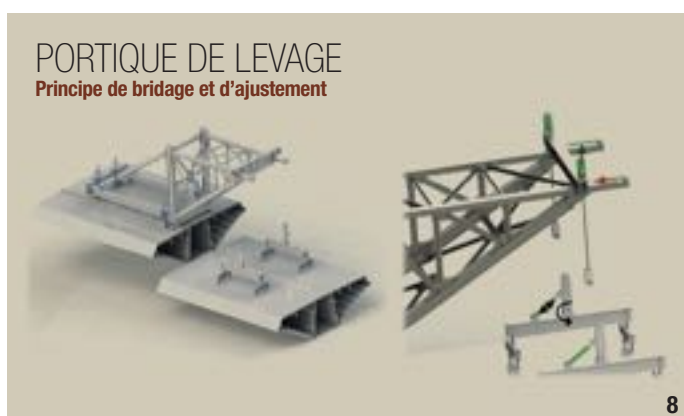
8- Portique de levage. Principe de bridage et d'ajustement.

9- Cycle d'installation des voussoirs et des haubans.

7- Lifting a standard segment.

8- Lifting gantry / Schematic of clamping and adjustment.

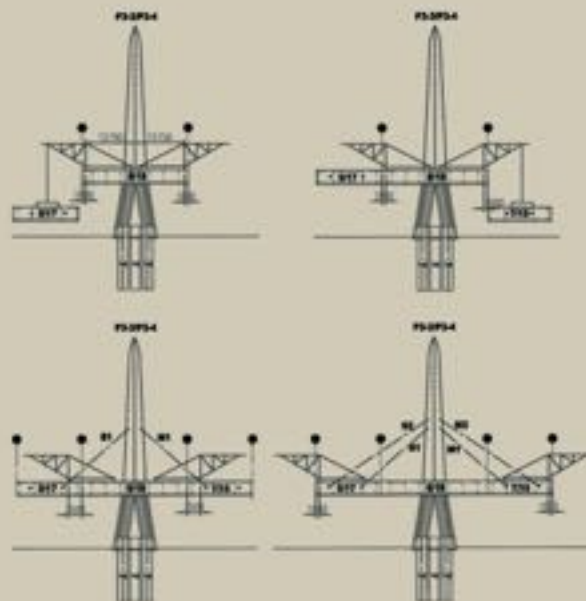
9- Segment and stay cable installation cycle.



8

© FREYSSINET

CYCLE D'INSTALLATION DES VOUSOIRS ET DES HAUBANS



9

© FREYSSINET

L'installation des haubans Freyssinet MTP nécessite uniquement le levage de charge légère (les éléments les plus lourds étant les bobines de torons), évitant ainsi des coûts de grue.

Ce système est une solution efficace aussi bien à des ouvrages de petite dimension, ne comportant pas toujours des moyens de levage lourd, qu'à des ouvrages exceptionnels (grande portée par exemple) en limitant les surcharges de construction.

LES MÉTHODES DE CONSTRUCTION

Les deux fléaux ont été érigés par encorbellements successifs (figure 7).



© FREYSSINET
10

Les piles, les voussoirs sur pile, ainsi que les pylônes ont été levés avec l'aide d'une grue sur barge. Les 17 voussoirs composant les 4 travées ont été hissés par l'intermédiaire de 4 portiques de levage. Les voussoirs fabriqués par un atelier en Turquie ont été acheminés par barge jusqu'au chantier après un court convoi sur la mer de Marmara.

2 paires de portiques de levage ont été fabriquées pour la construction de l'ouvrage (figure 8). Chaque portique d'un poids propre de 80 t environ a une capacité de 230 tonnes. Les portiques sont constitués de 2 cadres verticaux à treillis liaisons par des contreventements. Une poutre de translation s'appuie à l'extrémité de ces cadres et accueille 2 vérins de levage Hebetec de capacité 140 tonnes. Cette poutre

de translation autorise un ajustement longitudinal de la position des vérins de levage et donc autorise un réglage précis et rapide de la position longitudinale et de l'orientation du voussoir en fin de levage. Les 2 palonniers connectés au voussoir à lever sont pourvus de 2 vérins d'ajustement de l'assiette du voussoir. Ces 3 dispositifs d'ajustement ont permis de régler les voussoirs suivant la position recherchée en s'accommodant des erreurs constructives (position du centre de gravité, etc.).

Lors du levage des voussoirs (figure 9), le portique est bridé sur le voussoir précédent par l'intermédiaire de 8 barres de précontrainte Freyssibar Ø50.

Ce brelage permet d'équilibrer les portiques pendant le levage mais également de reprendre l'ensemble des charges accidentelles (effet du vent par

10- Clavage du tablier.

10- Keying the deck.

exemple). En configuration de déplacement, les portiques roulent sur 2 rails servant également de point d'accroche au dispositif anti-basculement.

Les fléaux des 2 pylônes ont été construits avec un demi-cycle de décalage permettant d'optimiser les ressources du chantier : les équipes de soudure travaillant sur les fléaux d'un pylône pendant que les équipes de levage et d'haubanage opéraient sur le second pylône. Les portiques de levage maintenaient la charge jusqu'à obtention du minimum de soudure défini par l'ingénieur, permettant ainsi d'économiser le coût et le temps d'installation d'un bridage temporaire. Afin d'éviter des grutages additionnels, les 2 passerelles piétonnes étaient assemblées sur les barges et levées en même temps que les voussoirs par les portiques de levage. Cette organisation a permis de réaliser des cycles complets en 18 jours. Le clavage de l'ouvrage a été effectué le 7 mars 2013 (figure 10). Le très léger espace, de l'ordre de 30 mm, laissé pour le passage du voussoir de clavage, a été vériné afin de maintenir l'ouvrage dans sa configuration théorique pendant la réalisation des soudures de clavage. □

LES INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Municipalité d'Istanbul

ARCHITECTE : Hakan Kiran

ENTREPRISE GÉNÉRALE : Astaldi-Gulermak JV

SOUS-TRAITANTS PRINCIPAUX :

- Freyssinet (haubans, précontrainte, appuis, levage des voussoirs)
- Wiecon (études d'exécution)
- Waagner Biro (mécanisme pont tournant)

ABSTRACT

THE HALIÇ BRIDGE OVER THE GOLDEN HORN IN TURKEY

MARTIN DUROYON, FREYSSINET

In Istanbul, the Haliç Bridge, the fourth bridge crossing the Golden Horn estuary, was completed recently. This 919-metre bridge, consisting of two access viaducts, a cable-stayed bridge and a swing bridge, was erected on a historic site and will allow the extension of a metro line in a city that is suffocated by traffic congestion. In all, 172 cables with 19 T15.7S strands were installed. The stay cables are of the MTP (parallel multi-strand) type, consisting of galvanised, ducted and wax-lubricated T15S - 1860 MPa strands, inserted in a main HDPE duct. This process has been developed and used by Freyssinet for more than 30 years. The longest stay cables (more than 80 metres) were fitted with IHD (Internal Hydraulic Damper) type Freyssinet dampers reacting independently of the vibration amplitude. □

EL PUENTE DE HALIÇ SOBRE EL CUERNO DE ORO EN TURQUÍA

MARTIN DUROYON, FREYSSINET

La construcción, en Estambul, del puente de Haliç, el cuarto puente que cruza el estuario del Cuerno de Oro, acaba de finalizar. Este puente de 919 m, constituido por dos viaductos de acceso, un puente atirantado y un puente giratorio, se ha construido en un paraje histórico y permitirá prolongar una línea de metro en una ciudad sofocada por los atascos. En total, se han instalado 172 cables de 19 cordones trenzados T15.7S. Los tirantes son de tipo MTP (Multicordones trenzados Paralelos), constituidos de cordones trenzados T15S - 1860 MPa galvanizados, enfundados/recubiertos y encerados, alojados en un conducto general de PEAD. Este procedimiento ha sido desarrollado y puesto en práctica por Freyssinet hace más de 30 años. Los tirantes más largos (más de 80 metros) se han equipado con amortiguadores Freyssinet de tipo IHD (Internal Hydraulic Damper) que reaccionan independientemente de la amplitud de la vibración. □



1
© SOLETANCHE BACHY

THE NEW BUGIS STATION AND ASSOCIATED TUNNELS FOR THE SINGAPORE MRT

AUTEUR : ALISTAIR SIM, DIRECTEUR RÉGIONAL ASIE PACIFIQUE, SOLETANCHE BACHY

THE STORY OF MASS RAPID TRANSIT IN SINGAPORE IS NOT AT ALL OLD, WITH THE FIRST LINES ONLY OPERATING FOR LITTLE OVER 25 YEARS. HOWEVER, NEW LINES ARE INCREASINGLY INTERLACING WITH EXISTING UNDERGROUND ASSETS, WITH UNIQUE PROBLEMS PRESENTING THEMSELVES. THIS, TOGETHER WITH DEMANDS OF GREATER RESPECT FOR THE BUILT ENVIRONMENT WITH INCONVENIENCE ALONG WITH NOISE, DUST AND WATER POLLUTION ALL BEING SUBJECT TO GREATER SCRUTINY AND ALSO REQUIREMENTS ACCORDING TO THE HIGHEST INTERNATIONAL STANDARDS.

INTRODUCTION

The Singapore Mass Rapid Transit (MRT) system started operational service on the 7 November 1987. The decision to proceed with a Rapid Transit System was only taken after extensive studies

and consideration of a bus only system. Given the land-scarce country's other priorities and with 10% of the available land already taken up by roads and related facilities the decision was taken to construct an extensive MRT network

1- Global view of Bugis Station.

1- Vue globale de la station Bugis.

starting with the 45km North South Line initially comprising 20 stations. A further 21 stations were subsequently added with the opening of the East West Line in July 1990. The MRT has continued its expansion with the extension of the



DOWNTOWN LINE

The LTA announced the construction of the Downtown Line in June 2005. The stage one of the project was initially referred to as the Downtown Extension of the Circle Line but as planning evolved this became the first of three phases to complete the whole Downtown Line which will be the fifth metro line to be constructed in Singapore and is due to be fully open by 2016.

PRESENTATION OF THE DOWNTOWN LINE (DTL)

Serving the expanding business district of Marina Bay along with the new Marina Bay Sands Integrated Resort and through to the North-Western and Eastern areas of the island the line will comprise 34 stations over its 42 km length. As mentioned above, the whole line will be underground. More than half a million commuters are expected daily on this line. The three stages will have a staggered opening with stage one (DTL1) to be completed by 2013 followed by DTL2 in 2015 and DTL3 in 2017. Stage One incorporates the stations in the existing Central Business District through the New Downtown to the Bugis district and will have four interchange stations linking into three different underground lines: North East Line at Chinatown; the East West Line

at Bugis; the Circle Line at Bayfront and Promenade Stations. Construction of this line started early in 2008.

DTL1 C903 BUGIS STATION AND ASSOCIATED TUNNELS

Contract 903, Bugis Station and Associated Tunnels, was awarded in November 2008 to Soletanche Bachy as main contractor, and leader of the Joint Venture with local company Koh Brothers. It was the last contract awarded on DTL1 and is a Construct Only contract with the design being undertaken by Arup on behalf of the LTA. At the time, it was the largest rail project ever awarded by the LTA at S\$582 million (360 m euros at current exchange rates). The new Bugis Station will be the terminus for Stage One of Downtown Line (DTL1) and was therefore a critical section as the crossover and overrun was integrated within this contract.

The Bugis area is an important commercial centre, historically linked to seaborne trading but now a thriving area with private and public housing, major shopping and commercial complexes along with a large private hospital. Bugis is surrounded by the tourist areas of Little India and Kampong Glam. The new station was to be built partially below Rochor Road and adjacent open land, whilst the cut and cover tunnels were built below the heavily traffic Rochor Road. Indeed Rochor Road is one of two principal arteries into central Singapore from the South and the first when coming from the airport via the busy East Coast Parkway.

The project extends over 600 m with four major road crossings at Beach Road, North Bridge Road, Victoria Street and Queen Street (figure 2). The Victoria

Street crossing is further complicated due to the existing Bugis MRT Station running below the street and across the alignment of the new tunnels. At Beach Road and Queen Street numerous utilities ran below the surface.

Due to the number of technical and physical constraints it was necessary to construct nearly all of this entire section as a cut and cover. At the Southern end the crossover precluded bored tunneling and beyond the station the physical constraints going below the existing Bugis Station and the narrow horizontal footprint meant a cut and cover tunnel was the only solution until after Queen Street. Furthermore, the connection tunnels from the new to the existing station would also mean significant works below Rochor Road.

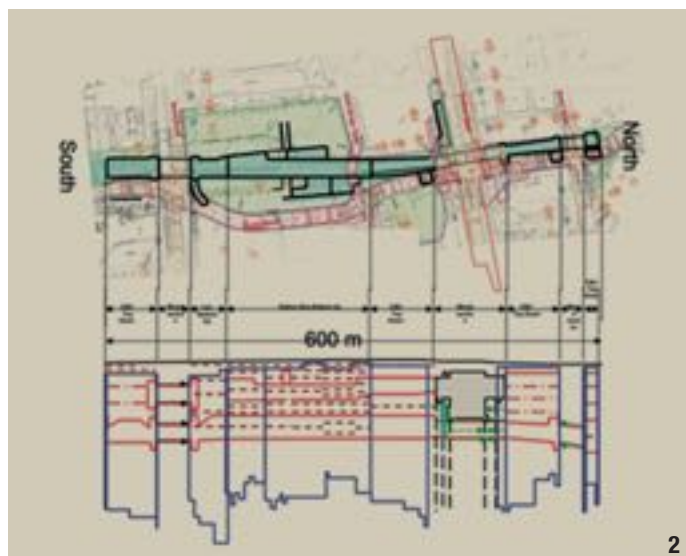
At either end of the project, bored tunnels would make the connection to the adjacent stations. At the Southern end a temporary access shaft was constructed by the neighbouring contractor to launch their TBM's towards Promenade Station and at the North end a receiving shaft was built to reception the TBM's coming from Rochor Station, the first DTL2 station. The excavation depth for the station and tunnels varies along the alignment but was generally 27 m below ground level with the deepest section at the Queen Street receiving shaft. The geology in this area of Singapore is essentially 3 to 5 m of fill/sand overlying 20 to 30 m of Marine Clay above Old Alluvium.

All the major retaining walls were constructed using the diaphragm wall technique and barrette piles were used for the foundations. The excavation depth and the stiffness required to avoid settlement and movement to the surrounding assets meant that a robust earth retention system was required over the full length of the project. Due to the very soft clays overlying the founding Old Alluvium, additional strengthening of the ground was required prior to bulk excavation to minimise deflection of the retaining walls. This was carried out using two different techniques. In areas where utilities and obstructions were expected, one or two jet grouted slabs were installed to improve horizontal restraint. In more open areas such as the station, cross walls were constructed between the two retaining walls built using the same equipment as the diaphragm walling. Soletanche Bachy were able to propose a value engineering scheme where a significant section of jet grouting was replaced by cross walls.

existing lines and the construction of new lines such as the North East Line and the Circle Line and this has been complemented with Light Rail systems at Bukit Panjang, Sengkang and Punggol feeding the main MRT system. Following publication by the Singapore Land Transport Authority (LTA) of a White Paper titled "A World Class Land Transportation System" in 1996 an extensive expansion of this network was confirmed and is now proceeding apace. The comprehensive rail network will become the backbone of an integrated public transportation system catering for a growing population. Whilst the early lines mixed underground and overhead sections the new lines are entirely underground. The 16 station, North East Line and 28 station Circle Line are fully underground and these will be followed by the 34 station Downtown Line, 22 station Thomson Line and the future Eastern Region and Cross Island Lines. This major expansion in a mature urban environment brings with it many challenges some of which are addressed in this paper.

2- Schematic plan and cross section of the overall works.

2- Schéma de principe et section transversale de l'ensemble des travaux.



© SOLETANCHE BACHY



3



4



5



6

3- A view of the Station area showing the bottom up excavation and the Rochor Road diversion around the site.

4- A picture from inside the Station showing the strutting required for the bottom up excavation.

5- The acoustic enclosure around the top down access shaft adjacent to the Rochor Centre.

6- Excavation for the diaphragm walls in front of Bugis Village. Note the green 'Ninja Turtle' enclosure around the two excavation cranes.

In addition to being a more robust solution, there was a benefit to the programme as the same equipment could be used reducing congestion on the working platforms and as importantly no additional materials testing regime was required such as the lengthy coring of the jet grouted slab to ensure compliance with the specifications.

As explained below a three principal construction methods were necessary to overcome the environment that the physical constraints imposed over the length of the site. These were using the Bottom Up and Top Down Methods for cut and cover construction and mined tunnels where existing infrastructure precluded open excavation.

CONSTRUCTION BY BOTTOM UP METHOD

The Bottom Up method was applied in the central area of the site between Beach Road and North Bridge Road. This area had less physical constraints and the Contractor had the space to move Rochor Road to either side of the excavation during the construction (figure 3).

Once the diaphragm wall was constructed the bulk excavation could commence. Up to 9 layers of steel struts were installed to support the retaining walls as the excavation proceeded to

a depth of 27 m (figure 4). A total of 20,000 tonnes of steel struts were installed for the whole site (nearly three times the Eiffel Tower's 7,300 tonnes!). Once the excavation reached the formation level, the base slab is poured and the structure built from the bottom back up to the roof slab. As the reinforced concrete structure is built and the walls braced by the inner structure, the temporary steel struts can be removed.

CONSTRUCTION BY TOP DOWN METHOD

The Top Down method was used primarily in areas where it was essential to reinstate the Rochor Road to maintain traffic flow along this busy route. In general, the retaining walls, jet grouting or cross walls and roof slab were done in two phases by shifting the road alignment slightly to create space to work on one side of the tunnel at any one time. The top down sections are South of Beach Road and from North Bridge Road right to the Northern end of the site after Queen Street. The corridor for the tunnels at these locations was very tight and with buildings very close to the alignment of the tunnels the top down method also afforded a very stiff structure to be built minimising settlements and therefore potential damage to the adjacent assets. It was especially the

case in the section in front of the Bugis Village, a row of heritage shop houses fronting Rochor Road between Victoria Street and Queen Street.

To facilitate the bulk excavation, 'off line' shafts were constructed at several locations to allow the removal of the excavated material. Towards the Northern end of the site adjacent to the Rochor Centre a public housing complex, noise mitigation measures were required around the shaft prevent nuisance to the neighbours (figure 5). Indeed for much of the diaphragm wall, cross wall and barrette foundation work, noise mitigation measures were normal practice. A large acoustic screen was erected at the beginning of the Contract between the Station site area and a row of private houses and Soletanche Bachy developed a special sound proofing around the excavation cranes (figure 6). Baptised the 'Ninja Turtle', the sound enclosure incorporated cameras to ensure that the operators vision was not impaired and also a air conditioning system to prevent overheating of the machines. This was one of the innovative ideas that were put into practice on the site which won an award from the Singapore Workplace Safety & Health Council.

With the walls and roof of the top down section cast and the road reinstated

3- Vue de la zone de la station montrant la fouille "bottom up" et le détournement de la Rochor Road pour contourner le chantier.

4- Une image de l'intérieur de la station montrant l'étalement nécessaire pour la fouille "bottom up".

5- L'enceinte acoustique autour du puits d'accès "top down" contigu au "Rochor Centre".

6- Fouille pour les parois moulées devant "Bugis Village". On remarquera l'enceinte verte 'Tortue Ninja' autour des deux grues de fouille.



above, the excavation continued by 'mining' below the roof slab (figure 7) and then constructing temporary supports (generally, reinforced concrete struts - figure 8) or the definitive reinforced concrete slabs. Once the overall structure was complete and waterproofed, the voids between the tunnels and the surface were backfilled using a self compacting 'liquid soil' material.

CONSTRUCTION BY MINING

Of all the different methods used on this project, the three mining (figure 9) sections were by far the most challenging. At Beach Road, two mined tunnels were constructed, the larger one for the railway and a second, smaller, pedestrian tunnel for a future development link. The large cross section of the rail tunnel at Beach Road was necessary as the crossover was situated at this location between the end of the bored tunnel section and the station platforms. At Queen Street a similar mined tunnel was required for the rail albeit with a smaller cross section. The mined tunnel below the existing Bugis Station was an entirely different proposition. Fully 80m long it stretched below the entrance structures and the central platform section with the operating railway running for the whole duration of the works.

7- A view of the excavation in a 'top down' section, working below the roof slab.

8- Preparation to casting the reinforced concrete struts in a 'top down' section of the project.

9- C903 Bugis station and associated tunnels layout.

10- Excavation method for Beach Road and Queen Street tunnels.

7- Vue de la fouille sur un tronçon 'top down', travaillant sous la dalle de couverture.

8- Préparation du coulage des butons en béton armé sur un tronçon 'top down' du chantier.

9- C903 Plan de la station Bugis et tunnels associés.

10- Méthode d'excavation pour les tunnels de Beach Road et Queen Street.

BEACH ROAD AND QUEEN STREET TUNNELS

These two lengths of 30m and 40m tunnels of a large sectional area (7.5m x 22m and 7m x 15m) are entirely excavated in the very soft marine clay layer and require extensive preliminary works. To prevent any instability during the excavation, the whole area was improved by jet grouting.

Deep columns (>30m) were installed from the surface for a total of 29,000m³. The retaining structure was made of horizontal pipe piles (600mm and 900mm diameters) installed from the cut and cover areas by pipe ramming method (figure 10).

The diaphragm wall was opened by stitch coring to allow the pipe pile installation. At 30m below ground level, the risk of water seepage was high and at some locations, additional grouting was carried out to ensure these openings were watertight. The cut section of wall was supported by steel propping in the temporary stage (figure 12).

The pipes were driven with two types of hammers operated by compressed air. Due to the restricted working space and the ongoing structural works in the vicinity, the pipes were installed in short sections and welded together (figure 11).

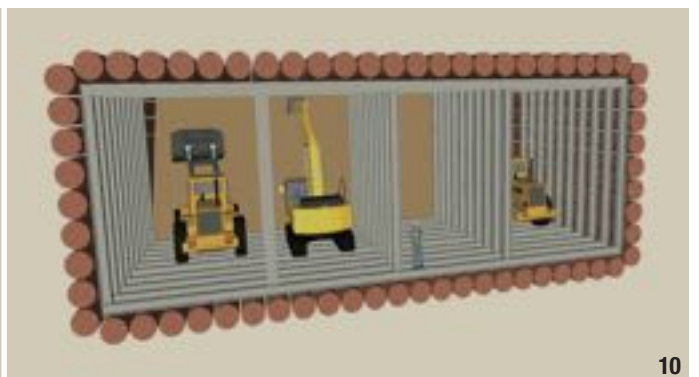
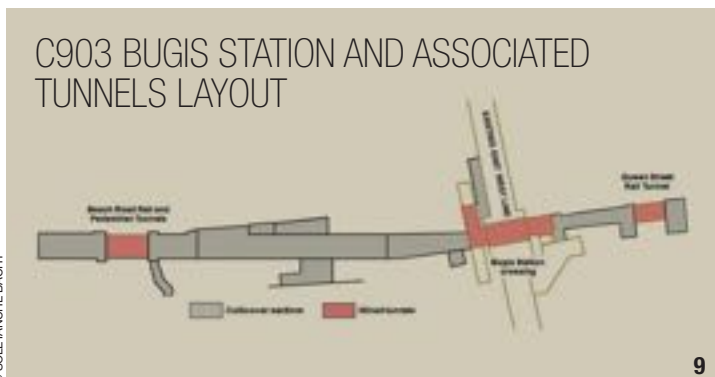
Depending on the area, Soletanche Bachy were able to use either 4m or 6m lengths of pipe.

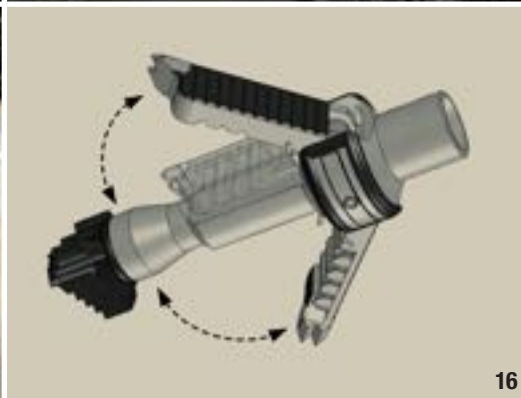
In some areas where access and the working area were severely restricted (40m long pipe pile installation for the Central Mining through an additional small shaft), the hammer was installed directly within the pipe to minimize the overall length.

Even with this powerful tool, hardened soil by Jet Grouting or obstructions caused refusal of the pipe driving. In such instances an auger was used to clean the pipe before resuming pipe ramming. Once completed, the pipes were fully cleaned out using the auger and the pipes cast with self-compacting concrete. For the last stage, the excavation of the tunnels was carried out using traditional methods with the installation of steel frames at regular intervals to support the pipes. At peak production 70 welders were required for pipe and steel frames installation.

MINING UNDER EXISTING BUGIS STATION

By comparison to the Beach Road and Queen Street tunnels, the Bugis Station mined tunnel posed different problems and represented the most sensitive part of the overall project. ▶





11- Setting up and welding - Beach Road rail tunnel.
 12- Temporary propping to support diaphragm wall.
 13- Pipe jacking and mining - South Wing.
 14- The "Gun" for the Ø600 pipes.
 15- Drilling in the soil nails using the Springsol.
 16- The Springsol tool, unfolded.

11- Mise en place et soudage - Tunnel ferroviaire de Beach Road.
 12- Étalement provisoire pour soutenir la paroi moulée.
 13- Pousse-tube et extraction - Aile Sud.
 14- Le "Gun", guide pour les tubes Ø600.
 15- Forage des clous du sol au moyen du Springsol.
 16- L'outil Springsol, déplié.

Tubular piles (600 mm and 900 mm diameter) acting as retaining walls were installed after a complex phase of works (bulk excavation, soil treatment, micropiles, Berlin wall, and strutting). Soletanche Bachy had been aware of the presence of old king posts which had been used as temporary supports during the construction of the 1985

station and left in place. The accurate position of these obstructions were unknown and a detailed working procedure for the removal of these obstructions was put in place covering safe access lighting and air supply. When a King Post was encountered during pipe ramming, the auger was used to clean the pipe and the steel profile exposed.

Following strict safety procedures, a worker was sent into the pipe to clean around the profile and it was then cut into smaller pieces for removal back through the pipe. Under the station, all the pipes were driven to the existing diaphragm walls (figure 13) and had to be anchored into them.

The initial design indicated the pipes being driven 500 mm into the opposing wall. However, as well as the impracticalities of doing so, the Authorities had rejected this scheme through concern for damage to the existing structure. Soletanche Bachy proposed to tie in the pipes, using drilled reinforcement bars.



An innovative system was developed by Soletanche Bachy. A guide was fabricated and inserted into the pipe.

This guide (figure 14) was positioned at the end of the pipe up against the opposing wall and cores were then drilled into the diaphragm wall using the guide to ensure accurate positioning of the dowel bars which were sealed using an adhesive capsule.

The Client had been concerned about the strength of the Marine Clay below the existing station and it had been impossible to carry out a soil investigation campaign at this location. 'Soil improvement' in advance of the mining works had therefore been specified but left to the Contractor to determine although ground freezing or horizontal jet grouting had been mooted. Soletanche Bachy shared the Client's concern about the use of ground freezing or horizontal jet grouting and so proposed a combination of two soil improvement methods; using Springsol and fibreglass soil nails.

17- Central mining invert - Excavation and frames installation.

18- North Wing top heading - Roof pipes and heavy frames.

17- Radier de minage central - Fouille et mise en place des cadres.

18- Soutènement du plafond de l'Aile Nord - Tubes de voûte et cadres lourds.

Initially developed to strengthen the ground below existing railway tracks, the Springsol method uses a foldable tool (figure 16), developed by the Soletanche Bachy, and is able to install 400mm or 600mm diameter soil mixed columns through a small opening

of only 162mm diameter (figure 15). The innovative horizontal application of this method proved highly efficient at improving the Marine Clays before the diaphragm wall was opened fully and also allowed the efficient installation of the fibreglass soil nails.

On completion of the soil improvement, the diaphragm wall could be cut and the excavation started using the soffit of the existing station base slab as the roof of the tunnel. Heavy steel frames (up to 551 kg/m) were then installed as the excavation advanced (figure 17 et 18). These frames were pre-fabricated at a workshop and assembled off site to ensure everything fitted when installed in the restricted mining area. In some areas, with a working headroom of only 2m, the use of heavy machines was impossible and here most of the frames were installed manually using chain blocks. The steel work installation in such confined spaces brought specific safety issues and the whole workforce were subject to targeted safety training and more regular safety talks

to achieve our goal of zero accidents. Once the bulk excavation work was complete, micropiles were installed to support the base slab for the new line. A permanent lining with waterproofing was installed and the temporary frames removed leaving the tunnel available for the system wide contractors to complete the last part of the job for the opening of the line in late 2013.

CONCLUSION

The successful completion of the mining sections of the contract were undoubtedly the key to overall performance of the works. They required the mobilisation of significant resources and considerable preparation. In total 7,400m of 600mm and 900mm diameter steel pipes were driven in the three locations with 2,200t of steel frames positioned to support the excavation using a total of 130,000 bolts. With soil improvement comprising 29,000m³ of Jet Grouting, 930 Springsol columns which incorporated 4,400m fibreglass soil nails. □

ABSTRACT

LA NOUVELLE STATION BUGIS ET LES TUNNELS ASSOCIÉS DU MASS TRANSIT RAILWAY DE SINGAPOUR

ALISTAIR SIM, SOLETANCHE BACHY

La construction de la nouvelle station Bugis et des tunnels associés a présenté plusieurs défis intéressants, tous liés à la construction d'infrastructures nouvelles dans un environnement urbain dense. L'histoire du métro de Singapour est récente, puisque les premières lignes sont en exploitation depuis un peu plus de 25 ans. Cependant, l'État de Singapour est maintenant confronté au fait que les tracés des nouvelles lignes rencontrent des ouvrages souterrains existants, ce qui génère des problèmes uniques. S'ajoutent à cela plusieurs facteurs qui rendent les projets de nouvelles lignes particulièrement complexes : une population qui demande un plus grand respect de l'environnement existant, une attention croissante portée aux nuisances (bruit, poussière, eau...), et des demandes au Client et à l'Entreprise de se conformer aux normes internationales les plus exigeantes. □

LA NUEVA ESTACIÓN BUGIS Y TÚNELES ASOCIADOS PARA EL SINGAPUR MRT (Mass Rapid Transit)

ALISTAIR SIM, SOLETANCHE BACHY

La construcción de la nueva estación Bugis y de los túneles asociados planteó varios retos interesantes, todos relacionados con la construcción de nuevas infraestructuras en un denso entorno urbano. La historia del metro de Singapur es reciente, ya que las primeras líneas están operativas desde hace poco más de 25 años. Sin embargo, el Estado de Singapur se enfrenta al hecho de que los trazados de las nuevas líneas se encuentran con estructuras subterráneas existentes, lo que genera problemas únicos. A esto se añaden varios factores que hacen que los proyectos de nuevas líneas sean particularmente complejos: una población que reclama un mayor respeto del entorno existente, una mayor atención a las molestias ocasionadas (ruido, polvo, agua, etc.), y el requerimiento, tanto al cliente como a la empresa, de que cumplan las normas internacionales más exigentes. □



© PHOTOTEQUE VINCI ET FILIALES

DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES DES ÉQUIPES LOCALES À L'INTERNATIONAL

AUTEURS : PATRICK BÉCHAUX, DIRECTEUR DES RESSOURCES HUMAINES DE VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS - FRANÇOISE SCEUR, RESPONSABLE FORMATION SKILL UP, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS

MOBILISER D'IMPORTANTES ÉQUIPES LOCALES POUR RÉUSSIR LES CHANTIERS À L'INTERNATIONAL CONSTITUE UN DÉFI. POUR Y RÉPONDRE VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS DÉPLOIE SKILL UP, UNE DÉMARCHÉ VISANT À DÉVELOPPER ET À PERFECTIONNER LES COMPÉTENCES DU PERSONNEL LOCAL. À TRAVERS CE PROGRAMME DE FORMATION « SUR MESURE » L'ENTREPRISE TRANSMET SON SAVOIR-FAIRE ET PARTAGE DES VALEURS DE BONNE CONDUITE DE PROJETS AU SEIN DE CULTURES ET DE PAYS DIFFÉRENTS. DEPUIS SA CRÉATION DÉBUT 2012, SKILL UP A ÉTÉ DÉPLOYÉ AVEC SUCCÈS AUPRÈS DE PLUS DE 380 COLLABORATEURS DANS LES DOMAINES DU BÂTIMENT, DU GÉNIE CIVIL ET DES TRAVAUX SOUTERRAINS (MÉTHODE CONVENTIONNELLE).

À L'ORIGINE DE LA DÉMARCHÉ : UN CONSTAT

De plus en plus de grands projets complexes menés à l'international, nécessitent la mobilisation d'importantes équipes locales et de sous-traitants, dont le savoir-faire comme la capacité

de travail en équipe sont déterminants pour la bonne conduite et la réussite des chantiers. Il s'avère que le personnel local (ouvriers, chefs d'équipe) n'a pas forcément l'expérience des grands travaux ni du matériel et des méthodes mis en œuvre, voire tout simplement

des métiers de la construction. Dans ce contexte, une formation répondant au plus près aux besoins de chaque projet (métiers, techniques, méthodes spécifiques...) permet à chacun de mieux s'approprier le projet, assure ainsi une meilleure qualité d'exécution

des ouvrages (bien faire du premier coup) et, par conséquent, une plus grande efficacité, dans de meilleures conditions de sécurité.

→ Baptisée Skill up, la démarche de formation vise à développer les connaissances et les compétences du

1- Chili - Nouvelle mine d'El Teniente. Formation « béton projeté », importance de la consistance du béton et des adjuvants pour la projection.

2- Chili - Nouvelle mine d'El Teniente. Plusieurs fronts sont actifs simultanément. Ici l'entrée du P500.

3- Chili - Nouvelle mine d'El Teniente. Formation « foration », premiers contacts avec le Robofore. Présentation des différents éléments de l'engin.

4 & 5- Chili - Nouvelle mine d'El Teniente. Formation « béton projeté », partie pratique à la conduite du robot à béton projeté.

1- Chile - New El Teniente mine. "Shotcreting" training, importance of the strength of the concrete and additives for spraying.

2- Chile - New El Teniente mine. Several fronts are active simultaneously. Here, the P500 entrance.

3- Chile - New El Teniente mine. "Drilling" training, first contacts with the Robofore. Introduction to the various parts of the machine.

4 & 5- Chile - New El Teniente mine. "Shotcreting" training, practical part on operating the shotcreting robot.



2



3



4



5

© PHOTO THÉRIE VINCI ET FILIALES

personnel d'exécution et de l'encadrement grâce à la création de formations sur mesure.

→ **Des formations « sur mesure » qui allient théorie et pratique.**

Les formations Skill up sont développées à partir d'un besoin exprimé par les équipes responsables du projet.

Un groupe de travail définit alors les objectifs pédagogiques pour la formation, crée un contenu spécifique et élabore les supports associés. Les formations sont composées d'une partie théorique sur le métier et d'exercices pratiques menés sur le terrain. Les formations sont délivrées de préférence dans la langue des stagiaires.

CHILI, EL TENIENTE : DES TUNNELS SOUS LA CORDILLÈRE DES ANDES

Le contrat « Tuneles de Acceso Principales del Proyecto Nuevo Nivel Mina El Teniente », conclu par Vinci Construction Grands Projets et Soletanche

Bachy avec Codelco en septembre 2011, comprend le creusement à l'explosif de 24 km de tunnels et de galeries permettant de créer un nouveau niveau d'exploitation dans la mine d'El Teniente, plus grande mine souterraine de cuivre du monde, située à 80 km au sud de Santiago (figure 2).

→ **Le contenu et le déroulé de la formation.** Plusieurs mois ont été nécessaires pour concevoir le contenu de la formation pour le chantier chilien, durant lesquels des experts internes et l'équipe en place ont travaillé de concert. Au final, sept modules de formation ont été créés sur les principes et les différentes phases du cycle de creusement à l'explosif. Depuis la première session menée en février 2012, 168 personnes y ont participé. Les sessions sont animées par du personnel du chantier, un formateur de l'INACAP (Instituto Nacional de CAPacitación) et/ou des représentants des fournisseurs (figures 1, 3, 4 et 5).

→ **La vocation de Skill up pour le chantier chilien.** Dans un pays où le niveau de formation reste très hétérogène, sur un chantier technique avec de forts enjeux en terme de sécurité, la vocation de Skill up est de déployer une formation adaptée aux besoins précis du projet.

Cette formation vise à confirmer et à développer les compétences du personnel d'exécution et de l'encadrement intermédiaire recruté localement. Skill up permet de proposer à nos collaborateurs un plan professionnel personnalisé, de les valoriser et de les mettre au cœur de la production. Nous espérons pouvoir les fidéliser dans le contexte actuel de plein emploi au Chili.

Bien accueillies par les participants, les formations délivrées accentuent l'esprit d'équipe et accroissent la motivation des collaborateurs. De son côté, le client apprécie les efforts faits pour développer les compétences et améliorer la qualité d'exécution sur son projet. ▷



6



7



8



9

© PHOTOLOGIE VINCI ET FILIALES

ÉGYPTE, ASSIOUT : UN NOUVEAU BARRAGE SUR LE NIL

Le contrat du « nouveau barrage d'Assiout », conclut par Vinci Construction Grands Projets, Arab Contractors et Orascom Construction Industries en mai 2012, comprend la conception et la construction d'un nouveau barrage destiné à la régulation du cours du Nil, à l'irrigation, ainsi qu'à la production d'électricité. Il sera équipé de 2 écluses pour permettre le passage du trafic fluvial.

La ville d'Assiout est située à 400 km au sud du Caire (figure 6).

→ **La formation sur le projet de barrage.** Les formations sont préparées au fur et à mesure de l'avancement des travaux, du recrutement du personnel et des besoins identifiés par l'équipe en place. L'élingage est le premier thème traité. Il est nécessaire dans toutes les phases de travaux, de l'installation et la réception du matériel jusqu'au repli des derniers colis en fin de travaux. La formation est basée essentiellement sur des exercices pratiques réalisés avec le matériel, les charges et les appareils de levage présents sur le chantier. L'objectif est de constituer des équipes compétentes et pérennes d'élingueurs.

Une quarantaine de participants ont bénéficié de la formation. Une évaluation individuelle finale faite par le formateur permet également d'identifier les chefs de manœuvres potentiels ou avérés et d'écarter ceux dont le profil ne correspond pas.

De plus, l'intégration des préventeurs parmi les stagiaires engendre une bonne communication avec les équipes de production et est gage d'un meilleur respect des règles de sécurité lors des travaux (figures 7, 8 et 9).

→ **Les enjeux de Skill up sur les travaux du barrage.** Suite à une expérience similaire avec la construction du barrage de Naga Hammadi, terminé en 2008, une partie des collaborateurs locaux expérimentés a rejoint l'équipe d'Assiout. Néanmoins plusieurs centaines de collaborateurs seront embauchés parmi les habitants de la ville et ses alentours. Si quelques uns connaissent déjà les métiers de la construction, peu ont l'expérience des grands projets.

Skill up vient soutenir et appuyer la politique de recrutement et de développement des compétences mise en place par le management du projet. Les programmes, les objectifs et le déploiement des formations sont réalisés

conjointement par les trois partenaires de la joint venture (JV).

La connaissance fine du contexte local a autant d'importance que l'expérience et l'expertise technique des formateurs. En Égypte comme au Chili, Skill up s'appuie sur ses partenaires locaux pour une meilleure intégration de la démarche.

Extrêmement bien perçues par les participants, les journées de formation augmentent significativement la motivation de nos collaborateurs et leur envie de bien faire. Skill up leur offre aussi une possibilité d'évolution professionnelle structurée et formalisée, sur la durée du projet.

MALAISIE, BERJAYA CENTRAL PARK : DES TOURS À KUALA LUMPUR

Le projet de Berjaya Central Park à Kuala Lumpur a démarré en septembre 2011. Il comprend la réalisation clé en main d'un podium de 9 étages, d'une tour de bureaux de 46 étages et la construction de la structure d'une tour résidentielle de 48 étages. La surface totale s'élève à 185 000 m² (figure 10).

→ **La formation et les enjeux.** Adaptée aux besoins spécifiques du projet, la formation vise à faire progresser les

6- Égypte - Barrage d'Assiout. Vue partielle de la paroi étanche en construction. Au dernier plan on voit l'ancien barrage (construit au début du 20^e siècle).

7- Égypte - Barrage d'Assiout. Formation élingage : partie théorique déléguée dans une salle aménagée à cet effet sur le site. Les notions de théorie sont traitées à l'aide d'images et/ou de jeux pédagogiques.

8 & 9- Égypte - Barrage d'Assiout. Formation élingage : exercices pratiques avec la grue du parc matériel, les appareils de levage et les charges du chantier.

6- Egypt - Assiout Dam. Partial view of the cutoff wall under construction. In the background can be seen the old dam (built at the start of the 20th century).

7- Egypt - Assiout Dam. Slingshot training: theoretical part carried out in a room fitted out for this purpose on the site. The theoretical concepts are dealt with using instructive images and/or games.

8 & 9- Egypt - Assiout Dam. Slingshot training: practical exercises with the crane in the material yard, the lifting devices and loads on the site.

10- Malaisie - Ber-jaya. Réalisation clé en main d'un podium de 9 étages, d'une tour de bureaux de 46 étages et construction de la structure d'une tour résidentielle Ritz Carlton de 48 étages. Surface totale : 185 000 m². Hauteur des tours : 198 m.
11- Le logo Skill up, désormais reconnu à l'international.



© PHOTOQUE VINCI ET FILIALES

10- Malaysia - Ber-jaya. Turn-key construction of a 9-storey podium and a 46-storey office tower, and construction of the structure of a 48-storey residential tower, the Ritz Carlton. Total area: 185,000 m². Height of the towers: 198 m.
11- The Skill up logo, now internationally recognised.

superviseurs. Une vingtaine d'entre eux a ainsi bénéficié d'une (re)mise à niveau sur la préparation et l'organisation de la production.

Les cas pratiques étudiés en salle sont basés sur les plans et procédures d'exécution préparés par et pour le projet.

L'enjeu porte sur l'optimisation des rotations de coffrages sur un projet où plus de 40 étages sont identiques. La relation au temps (planning), l'anticipation des situations (préparation et organisation) ainsi que l'ordre de priorités des activités (sécurité, production...) sont inclus dans le programme.

LE FRUIT D'UNE MOBILISATION ENTRE OPÉRATIONNELS, EXPERTS ET FORMATEURS

Comme décrit dans les exemples ci-dessus, la démarche implique une coordination entre trois types d'acteurs : les équipes responsables du projet qui expriment les besoins en formation et permettent leur déploiement sur le terrain, des experts internes qui créent le contenu et les supports de formation et des formateurs qui viennent sur site (épaulés par des opérationnels si nécessaire) pour dispenser les formations.

UNE CERTIFICATION FINALE POUR VALORISER LES COMPÉTENCES ACQUISES

Suite à la formation, chaque participant est évalué tout au long du projet par sa hiérarchie sur les thèmes du management, de la gestion et de la technique, liés au poste occupé.

À l'issue des travaux, les compétences acquises sont validées par un certificat, qui pourra éventuellement être reconnu par un organisme tiers local associé à la démarche.

Le succès repose sur la démarche : bien qu'intégré dans le déroulement des travaux, le temps de formation est clairement identifié et différencié du temps de production. Les stagiaires se consacrent totalement à la formation qui leur est dédiée. La forme pédagogique est également adaptée aux participants avec de nombreux exercices pratiques réalisés sur le site.

En alternant ainsi la formation et la mise en pratique immédiate des nouvelles connaissances sur le chantier, les participants apprennent et/ou améliorent réellement leurs compétences tout au long des travaux. À la fin du projet, le personnel ainsi formé a acquis une riche expérience technique et humaine. Depuis son lancement en janvier 2012, plus de 380 stagiaires ont participé à Skill up. Reflet de nos équipes, 99% des participants sont des hommes. La pyramide des âges est, quant à elle, plus équilibrée : 30% ont moins de 30 ans, 57% entre 31 et 50 ans et 13% sont âgés de plus de 50 ans. La principale cible de Skill up, le personnel local, représente 98% des participants. □



ABSTRACT

DEVELOPING SKILLS OF LOCAL TEAMS ABROAD

PATRICK BÉCHAUX, VINCI - FRANÇOISE SCEUR, VINCI

Deploying large local teams to be successful on projects in international markets is a challenge. *To meet this challenge, VINCI Construction Grands Projets deploys Skill up, an approach designed to develop and perfect the skills of local personnel. Via this "customised" training programme the firm transmits its know-how and shares good project management values in different cultures and countries. Since its creation in early 2012, Skill up has been deployed successfully with more than 380 employees in the fields of building, civil engineering and underground works (conventional method).* □

DESARROLLAR INTERNACIONALMENTE LAS COMPETENCIAS DE LOS EQUIPOS LOCALES

PATRICK BÉCHAUX, VINCI - FRANÇOISE SCEUR, VINCI

Movilizar a importantes equipos locales para tener éxito en las obras internacionales constituye un reto. *Para hacerle frente, VINCI Construction Grands Projets despliega Skill up, un procedimiento que tiene como objetivo desarrollar y perfeccionar las competencias del personal local. A través de este programa de formación "a medida", la empresa transmite sus conocimientos técnicos y prácticos y comparte valores de correcta gestión de los proyectos en culturas y países diferentes. Desde su creación a comienzos de 2012, Skill up se ha desplegado con éxito ante más de 380 colaboradores en los ámbitos de la construcción, la ingeniería civil y las obras subterráneas (método convencional).* □

RÉPERTOIRE DES FOURNISSEURS

MATERIEL DE TERRASSEMENT

AMMANN France - 21, rue des Moulins, 78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 30 69 83 39
www.ammann-group.com

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

PLUS DE 350 MACHINES ET
700 ÉQUIPEMENTS EN TP, PL,
LEVAGE ET MANUTENTION
T : 00 33 (0)3 23 04 00 68
F : 00 33 (0)3 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 PELLETEUSE (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, rue des Moulins, 78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 30 69 83 39
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'Étude
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, maintenance
Metso Minerals (France)
11, rue de la République - 75006 Paris Cedex 06
Tél. : 01 45 39 32 22 - Fax : 01 45 39 32 49
www.atlascopco.fr

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 Trevisé
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

MARAIS SERVICES
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@marais.com - Web : www.marais.com

TRANCHEUSE

MARAIS 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.
ZI du Vert Galant - 2, avenue de l'Eguillette
B.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 Ecoles 63200 MONTREUIL-AMER
Tél. : 03 21 99 02 40 - Fax : 03 21 99 02 40
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
100, Rue de France - 97000 Pointe-à-Pitre
Tél. : +33 (0)1 96 45 50 00 - Fax : +33 (0)1 96 45 50 14
www.lhoist.com

BUREAU ETUDES

20 agences en France
Rincemont BTP
8 agences à l'international
www.rincemontbtp.fr
Tél. +33 (1) 60 87 21 25
direction.technique@rincemontbtp.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 ALÉSEUSE
- 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



**Résoudre
votre problématique
de sol & de construction**

Fondations profondes
Soutènements
Ecrans étanches
Reprises en sous-œuvre
Réhabilitations d'ouvrages
Complements de cavités
Traitements de terrains
Améliorations de sols
Ancrages
Fouilles clés en main

Votre partenaire-expert

www.spiefondations.com

/ Spie fondations

spie batignolles



BUILD ON US

www.soletanche-bachy.com

→ Intervenant partout dans le monde pour le compte de clients publics ou privés, Soletanche Bachy s'attache à proposer les meilleures solutions techniques et contractuelles : elle apporte aussi bien des compétences polyvalentes d'ensemblier dans le cadre de grands projets d'infrastructures, que celles de spécialiste maîtrisant l'ensemble des procédés de géotechnique, de fondations spéciales, de travaux souterrains, d'amélioration et de dépollution des sols.



Projet CEVA à Genève | SUISSE |
Gare souterraine des Eaux-Vives.



SOLETANCHE BACHY



SIF GROUTBOR