

TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

INTERNATIONAL. ONE OF THE BIGGEST UNDERWATER CONCRETE POURS IN THE WORLD. EXTENSION DU TERMINAL A CONTENEURS DU PORT DE LOME AU TOGO. TRIBUNE PRESIDENTIELLE EN GUINEE EQUATORIALE. JURONG ROCK CAVERNS IN SINGAPORE. PORT D'AGUADULCE EN COLOMBIE. QUAI POUR LA CIMENTERIE DANGOTE A DOUALA AU CAMEROUN. PONT DE DAMMAM EN ARABIE SAOUDITE. LE 3^e PONT D'ABIDJAN EN COTE D'IVOIRE. DEUX PASSAGES SUPERIEURS A BRAZZAVILLE EN REPUBLIQUE DU CONGO.

N°918 OCTOBRE 2015



TRIBUNE PRÉSIDENTIELLE
À DJIBLOHO EN GUINÉE
ÉQUATORIALE
© ISC



PAR NUMÉRO : 15€ AU LIEU DE 25€

TRAVAUX
TRANSPORTS ROUTES & TERRASSEMENTS
901

TRAVAUX
OUVRAGES D'ART
906

TRAVAUX
PATRIMOINE ET RÉHABILITATION
911

TRAVAUX
STADES
902

TRAVAUX
SOLS ET FONDATIONS
907

TRAVAUX
SPÉCIAL LGV
912

TRAVAUX
PATRIMOINE & RÉHABILITATION
903

TRAVAUX
ÉNERGIE - DÉVELOPPEMENT DURABLE
908

TRAVAUX
TRAVAUX SOUTERRAINS
913

TRAVAUX
TRAVAUX SOUTERRAINS
904

TRAVAUX
INTERNATIONAL
909

TRAVAUX
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX
914

TRAVAUX
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX
905

TRAVAUX
VILLES ET TRANSPORTS
910

TRAVAUX
OUVRAGES D'ART
915

BON DE COMMANDE ■ REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

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) :

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 901 x | <input type="checkbox"/> 906 x | <input type="checkbox"/> 911 x |
| <input type="checkbox"/> 902 x | <input type="checkbox"/> 907 x | <input type="checkbox"/> 912 x |
| <input type="checkbox"/> 903 x | <input type="checkbox"/> 908 x | <input type="checkbox"/> 913 x |
| <input type="checkbox"/> 904 x | <input type="checkbox"/> 909 x | <input type="checkbox"/> 914 x |
| <input type="checkbox"/> 905 x | <input type="checkbox"/> 910 x | <input type="checkbox"/> 915 x |

Soit un montant total de :

_____ numéros x 15 € = _____ €

(Pour une commande de plus de 20 numéros le prix passe de 15 € à 13 € l'unité)

*Offre valable jusqu'au 31/12/17 et hors frais porteur : 4,80€ d'envoi France, 8,00€ d'envoi Europe et 11,00€ d'envoi étranger hors Europe. Conformément à la Loi « Informatique et des libertés » du 06/01/78, le droit d'accès et de rectification des données concernant les abonnés peut s'exercer auprès du service abonnements. Ces données peuvent être communiquées à des organismes extérieurs. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher cette case

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 COM'1 ÉVIDENCE

ATTENTION : tous les règlements doivent être libellés exclusivement à l'ordre de COM'1 ÉVIDENCE

Je réglerai à réception de la facture

Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date, signature et cachet de l'entreprise obligatoires



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
morgenthalerm@fntp.fr**Comité de rédaction**
Hélène Abel (Ingerop), David
Berthier (Vinci Construction France),
Sami Bounatirou (Bouygues TP),
Jean-Bernard Datry (Setec), Philippe
Gotteland (Fntp), Jean-Christophe
Goux-Reverchon (Fntp), Laurent
Guilbaud (Saipem), Ziad Hajar
(Eiffage TP), Florent Imberty
(Razel-Bec), Claude Le Quéré (Egis),
Stéphane Monleau (Soletanche Bachy),
Jacques Robert (Arcadis), Claude
Servant (Eiffage TP), Philippe Vion
(Systra), Michel Morgenthaler (Fntp)**Ont collaboré à ce numéro**
Rédaction
Monique Trancart, Marc Montagnon**Service Abonnement et Vente**
Com et Com
Service Abonnement TRAVAUX
Bât. Copemic - 20 av. Édouard Herriot
92350 Le Plessis-Robinson
Tél. +33 (0)1 40 94 22 22
Fax +33 (0)1 40 94 22 32
revue-travaux@cometcom.frFrance (9 numéros) : 190 € TTC
International (9 numéros) : 240 €
Enseignants (9 numéros) : 75 €
Étudiants (9 numéros) : 50 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)
Multi-abonnement : prix dégressifs
(nous consulter)**Publicité**
Rive Média
2, rue du Roule - 75001 Paris
Tél. 01 42 21 88 02 - Fax 01 42 21 88 44
contact@rive-media.fr
www.rive-media.fr**Directeurs de clientèle**
Bertrand Cosson - LD 01 42 21 89 04
b.cosson@rive-media.fr
Carine Reininger - LD 01 42 21 89 05
c.reininger@rive-media.fr**Site internet : www.revue-travaux.com****Édition déléguée**
Com'1 évidence
Siège :
101, avenue des Champs-Élysées
75008 PARIS
Tél. bureaux : +33 (0)2 32 32 03 52
revuetravaux@com1evidence.comLa 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

UN MONDE À CONSTRUIRE



© DR

En ces temps où l'endettement des puissances publiques et parapubliques françaises va limiter les investissements en infrastructures dans notre pays et où une sorte de dépression nationale encourage le repli identitaire, il n'est pas mauvais de souligner combien les ingénieurs et hommes de terrain français peuvent avoir un destin international dans la construction, que ce soit par les ingénieries, les entreprises spécialisées ou les entreprises générales.

Les articles de ce numéro montrent que l'impact de la France ne se limite plus depuis longtemps à l'Afrique « traditionnelle » mais se mesure en Asie, au Moyen Orient, en Europe et aux Amériques : partout où l'inventivité et la créativité du génie français permettent de faire la différence en apportant des solutions originales et plus compétitives. Il faut savoir calculer des structures plus performantes qui économisent les quantités, développer des solutions de fondations et de traitements de sols plus adaptées aux problématiques géotechniques rencontrées, ou mettre en avant des techniques mises au point sous d'autres horizons. Il faut également oser les solutions clé en main où conception, construction et intégration des systèmes, avec ou sans mise en place de financement, proposent à nos clients des organisations de projets moins compliquées pour eux à diriger et coordonner. C'est à ces conditions que la concurrence chinoise, coréenne ou turque pourra être mise en échec de temps en temps.

Le monde de l'ingénierie est dominé par des conglomérats anglo-saxons qui ne cessent d'enfler au rythme des fusions mais dans lesquels la démarche commerciale a quasiment supplanté le souci de fournir de bonnes solutions techniques. Devant l'appauvrissement professionnel de leurs compétiteurs, les ingénieries françaises ont une carte formidable à jouer, basée sur l'excellence de la compétence et de la prestation.

Les entreprises principales françaises ont commencé d'exporter dans les années 90 le modèle de concession de service public comme levier de développement d'infrastructures par le partenariat de financement public-privé. Ces modèles très sophistiqués, qui imposent que le constructeur maîtrise les risques de la conception, de la construction du planning, de l'opération, de la maintenance et des renouvellements, limitent la concurrence à un nombre restreint de grandes entreprises internationales et permettent d'aborder les nouveaux marchés malgré les adversités locales. Ces projets sont plus que jamais une chance pour nos entreprises.

Dans les domaines très techniques des fondations ou des tunnels, les français ont appris dans notre hexagone à faire face à des situations géologiques extrêmement variées et délicates. Cette expérience leur permet aujourd'hui de proposer avec autorité des solutions techniques aux quatre coins de la planète, alors que leurs concurrents sont très démunis... et échouent parfois spectaculairement.

Je suis intimement persuadé que la construction française peut se tracer un avenir porteur d'emplois et de profitabilité. On ne dira jamais assez que, pour ce faire, les entreprises et les ingénieries doivent pouvoir s'appuyer sur un afflux permanent de jeunes diplômés enthousiastes, inventifs et bien formés techniquement, curieux des autres cultures et désireux de découvrir d'autres modes de vie. Il faut que notre système éducatif prenne conscience de ces enjeux vitaux. Nos cerveaux sont notre ressource principale dans le grand affrontement international où nous voulons réussir.

CHRISTIAN GAZAIGNES
DIRECTEUR GÉNÉRAL DU PÔLE TP DE BOUYGUES CONSTRUCTION
POUR L'ASIE, L'OcéANIE ET LE MOYEN ORIENTLISTE DES ANNONCEURS : BALINEAU, P.15 - SMA BTP, 4^e DE COUVERTURE



INTERNATIONAL

3^e PONT D'ABIDJAN - VIADUC SUR LA LAGUNE © BOUYGUES TP



04 ALBUM

08 ACTUALITÉ



16

**ENTRETIEN AVEC
STÉPHANE ABRY**
EIFFAGE BRANCHE INFRA-
STRUCTURES : REDÉPLOIEMENT
STRUCTURÉ À L'INTERNATIONAL

20 BALINEAU : SYNERGIE DE COMPÉTENCES
DANS L'EAU ET SUR TERRE



26

**ONE OF THE BIGGEST
UNDERWATER CONCRETE
POURS IN THE WORLD**
Construction of the World War II
Museum in Gdańsk



32

**EXTENSION DU TERMINAL
À CONTENEURS**
du port de Lomé



38

**TRIBUNE PRÉSIDENTIELLE
À DJIBLOHO**
en Guinée Équatoriale



44

**THE CONSTRUCTION OF
JURONG ROCK CAVERNS**
in Singapore



50

PORT D'AGUADULCE
La préfabrication raccourcit
les délais



54

**CONSTRUCTION D'UN QUAI
POUR LA CIMENTERIE
DANGOTE**
à Douala



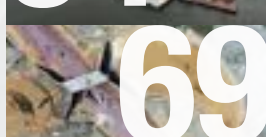
58

LE PONT DE DAMMAM
Un projet stratégique
en Arabie Saoudite



64

3° PONT D'ABIDJAN
Viaduc sur la lagune



69

**CONSTRUCTION DE DEUX
PASSAGES SUPÉRIEURS**
à Brazzaville



AGUADULCE, NOUVEAU TERMINAL À CONTENEURS AU PORT DE BUENAVENTURA EN COLOMBIE

SOLETANCHE BACHY CIMAS, en groupement avec Soletanche Bachy Grands Projets et le colombien ConConcreto, construit un terminal pour la Sociedad Puerto Industrial del Aguadulce (SPIA) au port de Buenaventura, dans le cadre d'un contrat études/construction. Il s'agit d'un quai de 600 m, avec passerelle d'accès et plateforme. L'ouvrage, fondé sur pieux, comporte des têtes de pieux spéciales et privilégie la préfabrication. (voir article page 50).





NOUVEAU TERMINAL À CONTENEURS BOLLORE AU PORT DE LOMÉ AU TOGO

ARCADIS est concepteur de ce terminal à conteneurs Bollore au port de Lomé, construit pour Togo Terminal (filiale du groupe Bollore) par Eiffage International en groupement avec Clemessy, Rmt et l'entreprise routière togolaise Ger. L'ouvrage comporte 240 000 m³ de terrassements, 7 000 m³ de béton, 170 000 m² de chaussée lourde, 8 passerelles, ainsi que tous les réseaux d'eau et d'électricité et autres utilités portuaires.
(voir article page 32).



MONDE : 28% DE L'ÉLECTRICITÉ EST D'ORIGINE RENOUVELABLE

La part des énergies renouvelables dans la puissance électrique disponible dans le monde atteint 28 % en 2014, d'après REN21 qui fournit aussi des détails sur la chaleur renouvelable solaire et géothermique.



Une mine à Nouadhibou (Mauritanie) est alimentée en électricité par 16 éoliennes de 275 kW/unité, relayées en l'absence de vent par des groupes diesel.

Un milliard de personnes n'a pas l'électricité, selon le Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), réseau international d'une cinquantaine de représentants d'organisations⁽¹⁾, experts incitant les gouvernements à utiliser davantage les énergies renouvelables. Dans son 10^e rapport, le REN21 indique que 164 pays ont désormais des objectifs précis contre 144 à fin 2013.

→ Turbines de 800 MW

Les sources renouvelables d'énergie y compris l'hydroélectrique, comptent pour 58,5 % des nouvelles puissances électriques installées en 2014 dans le monde, ce qui relève leur part dans les capacités disponibles à près de 28 % (22 % en 2013) et à 22 %, leur couverture de la demande d'électricité.

L'hydroélectricité arrive toujours largement en tête avec une puissance de 1 055 GW sur un total d'origine renouvelable de 1 712 GW, soit 62 %. Elle a gagné 37 GW en 2014. La Chine en a implanté 22. L'innovation du secteur porte sur la recherche de flexibilité, d'efficacité et de fiabilité des centrales y compris de celles déjà en service. Les turbines peuvent atteindre 800 MW/unité. L'éolien a gagné 51 GW à fin 2014 pour atteindre 370 en fonctionnement. C'est de plus en plus souvent l'énergie renouvelable la plus économique, d'après REN21. En 2014, c'est encore la Chine qui a le plus investi dans cette énergie, suivi par l'Allemagne, les États-Unis, le Brésil et l'Inde.

Le solaire photovoltaïque s'accroît de 39 GW en 2014 conduisant à un total

de 177 dans le monde. Il devient compétitif, et ceci sans subventions, par rapport à des centrales à combustibles fossiles. Le Royaume-Uni et l'Allemagne figurent en 4^e et 5^e place des pays ayant le plus investis en 2014, derrière la Chine, le Japon et les États-Unis.

→ Géothermie et chaleur

L'implantation d'équipements de fourniture d'eau chaude par le solaire thermique ralentit. Elle atteint toutefois 406 GWth en fonctionnement à fin 2014, le solaire thermique étant une énergie renouvelable plus "ancienne". Selon REN21, la taille des installations augmente. Les hôtels, les écoles, les réseaux de chaleur, l'industrie s'y intéressent davantage.

La géothermie alimente davantage de productions de chaleur que d'électricité : 20,4 GWth contre 12,8 GWe.

La Chine arrive en tête pour la chaleur tirée du sous-sol devant la Turquie, le Japon, l'Islande et l'Inde.

En ce qui concerne la capacité de production d'électricité à partir de la géothermie, les 5 pays les plus impliqués sont les États-Unis, les Philippines, l'Indonésie, le Mexique et la Nouvelle-Zélande.

En matière d'investissement en 2014, le Kenya devance la Turquie, l'Indonésie, les Philippines et l'Italie, ce qui, selon REN21, témoigne d'un intérêt pour cette énergie en Afrique de l'Est.

→ Interférence des subventions

Au total, en 2014, « 301 milliards de dollars (241 milliards d'euros 2014) ont été investis dans l'électricité verte, les carburants renouvelables et l'hydroélectricité de plus de 50 MW/unité, soit deux fois plus que le montant destiné à des productions à partir de combustibles fossiles », écrit REN21. Toutefois, « la croissance du secteur aurait été plus importante encore si les subventions annuelles dédiées à ces combustibles et au nucléaire, supérieures à 550 milliards de dollars (445 milliards d'euros 2014), avaient été supprimées. »

Ces subventions recouvrent les coûts pris en charge à travers les impôts, au-delà de l'investissement initial : par exemple, dans le nucléaire, les surcoûts de fonctionnement, les accidents, les déchets⁽²⁾.

Pour en savoir plus : www.ren21.org/gsr. ■

⁽¹⁾ Cf. *Travaux* octobre 2014, page 9.

⁽²⁾ Cf. "How large are global energy subsidies", 2015, Fonds monétaire international, www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2015/wp15105.pdf.

16^e CONGRÈS DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DE MÉCANIQUE DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE : 60 PAYS RÉUNIS À ÉDIMBOURG

Soixante pays ont envoyé des délégués de leurs sociétés nationales de la Société internationale de mécanique des sols et de géotechnique (SIMSG) à Edimbourg (Écosse) du 13 au 17 septembre, pour discuter de l'avenir de l'ingénierie géotechnique.

La SIMSG compte 20 000 membres représentant 90 pays. Elle est présidée par Roger Frank présent à ce 16^e congrès européen.

Derek Mackay, membre du parlement écossais, ministre des Transports et des Routes, a ouvert la manifestation.

Les comités techniques de la SIMSG s'intéressent aux mégapoles, à l'impact sur l'environnement et la protection contre les risques naturels, aux effets du changement climatique tels que l'élévation du niveau des mers, à la préservation des sites et monuments historiques, et à d'autres problématiques sociétales dans

lesquelles l'ingénierie géotechnique joue un rôle important.

→ Nouveau pont à Édimbourg

Souignons que les géotechniciens sont de plus en plus confrontés aux destructions liées à des catastrophes naturelles. C'est la première fois que cette manifestation se tient en Écosse, signe selon Mike Winter, président du comité d'organisation, que le pays veut investir dans l'amélioration de ses infrastructures.

Un programme de visites techniques était organisé.

Les congressistes ont notamment pu visiter le chantier du Queensferry Crossing, pont à haubans qui traverse le Firth of Forth (baie d'Edimbourg), et remplace un ancien pont.

L'ouvrage de 2,7 km ouvre en 2016. La réalisation comprend de grands terrassements et d'importants travaux de fondations à terre et en mer. ■

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : LA LOI ADOPTÉE DANS UN CLIMAT ÉCOLOGIQUE



La loi demande que les énergies renouvelables couvrent 38 % de la consommation finale de chaleur en 2030. Vue du centre nautique de la Communauté de communes du Bonnevalais (Eure-et-Loir) où un captage géothermique à 30 m de profondeur associé à une pompe à chaleur chauffera l'air et maintiendra les bassins en température, à partir de septembre 2016.

2015 est l'année de l'énergie et de l'écologie en France : l'énergie avec la loi de transition énergétique pour la croissance verte n°2015-992 sortie le 17 août et l'écologie avec l'accueil à Paris de la 21^e conférence des parties (COP21) de la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, héritière du sommet de la terre de Rio de Janeiro en 1992, et entrée en vigueur en 1994.

En réalité, la loi de transition énergétique pourrait tout aussi bien s'appeler loi de transition écologique. Parmi les mesures à application immédiate, figurent celles visant à réduire la pollution de l'air à côté d'un programme ambitieux de rénovation thermique dans le bâtiment.

Les actions à mettre en place en 2016 concernent la restriction d'emploi des produits phytosanitaires, la lutte contre les gaspillages et l'économie circulaire. En ce qui concerne les déchets, l'article 70-V prévoit le renforcement des moyens

de l'État pour lutter contre les décharges illégales et le trafic. L'article 78 évoque l'interdiction d'enfouir des déchets du BTP dans des terres agricoles. L'article 94 supprime la contrepartie financière pour l'utilisation de déchets à des fins d'aménagement, exception faite de la construction de routes et des carrières en activité.

→ Éolien en commune littorale

En ce qui concerne les énergies renouvelables, la loi tend à simplifier l'implantation de l'éolien : dispositif spécial en commune littorale, délais de recours raccourcis, permis unique étendu à toutes les régions. L'article 135 fait du passage de canalisation électriques d'interconnexions sous-marines au bord des côtes un cas à part dans le code de l'urbanisme.

« Les énergies renouvelables devront représenter 32 % de la consommation énergétique en 2030, 40 % de la production d'électricité, 38 % de la consommation finale de chaleur, 15 % de celle de

carburants et 10 % de celle de gaz, informe le Syndicat des énergies renouvelables. Dans les départements d'Outre-mer, la loi a pour but l'autonomie énergétique avec, pour 2020, un premier niveau à 50 %. » Devançant la parution du texte de loi, Ségolène Royal avait lancé en mai un appel d'offres pour des installations solaires photovoltaïques avec stockage pour autoconsommation dans les départements d'Outre-mer et en Corse. Offres à déposer le 20 novembre au plus tard, résultats au printemps 2016.

→ Engagements après 2020

L'examen du texte de loi de transition énergétique par le Parlement a eu lieu parallèlement à la préparation de la COP21 (Paris, 30 novembre- 11 décembre). En effet, celle-ci est l'aboutissement de travaux menés au préalable par 196 parties prenantes de cette convention (États). Les contributions des pays - engagements post-2020 - ont été transmises avant le 1^{er} octobre pour une synthèse le 1^{er} novembre, base des négociations pour un accord dit de Paris. La Suisse, par exemple, a publié la sienne en mars 2015. Elle veut diviser par deux ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport à 1990. Cette conférence des parties, qui a lieu tous les ans, prend des décisions pour respecter les objectifs de lutte contre le changement climatique. La France, qui préside la COP21, va donc s'efforcer de rapprocher les points de vue et de faciliter la recherche d'un consensus aux Nations Unies et dans l'Union européenne. ■



Un appel d'offres sur le solaire photovoltaïque est ouvert pour les départements d'Outre-mer. Ici, capteurs sur les toits de la Sofarem à Sainte-Marie (La Réunion).

ÉNERGIE : INNOVATIONS MARINES, FLUVIALES, ROUTIÈRES

Trois appels à projets impliquant des énergies renouvelables et celui sur la route du futur, parus cet été, seront financés par le programme des investissements d'avenir et opérés par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe). L'appel à projets sur les fermes pilotes d'éoliennes flottantes s'inscrit dans trois zones en Méditerranée et une en Bretagne, choisies pour leur gisement de vent. Vu leur grande profondeur, les machines seront ancrées au lieu d'être sur fondations. Clôture de l'appel : 4 avril 2016.

Celui sur les énergies renouvelables en mer et les fermes pilotes d'hydroliennes fluviales comprend trois volets dont un sur les hydroliennes fluviales ou estuariennes. Les deux autres concernent l'hydrolien marin et l'énergie houlomotrice, d'une part, et les briques technologiques pour le développement de l'hydrolien marin, l'houlomoteur et l'éolien flottant, d'autre part. Trois dates de remise des projets jusqu'au 20 mars 2017.

Celui sur le stockage de l'énergie (chaleur, électricité) et la conversion de vecteurs énergétiques - hydrogène, valorisation du CO₂ - se termine le 18 avril 2017 avec trois dates intermédiaires.

→ Stockage en chaussée

L'énergie figure également dans l'appel sur la route du futur, partie du programme "véhicules et transports du futur" des investissements d'avenir et qui porte sur les techniques et matériaux économes, l'efficacité énergétique des équipements, la capacité de stockage et la restitution d'énergie thermique des chaussées, l'intégration de production électrique renouvelable dont la piézo-électricité et la recharge par induction.

Pour en savoir plus :
www.cop21.gouv.fr ■

Voir <https://appelsprojets.ademe.fr/aap>.

PARTAGE DE PLANS

Afin d'élaborer le partage des fonds de plan entre exploitants de réseaux et collectivités, un accord sur le déploiement du Plan corps de rue simplifié a été signé fin juin sous l'égide du Conseil national de l'information géographique (CNIG), par les associations d'élus et de professionnels (géomètres, experts), des acteurs de l'information géographique (IGN, etc.) et des opérateurs (GRDF et ERDF). La sous-commission du CNIG "Référentiel à très grande échelle" en définit le cadre technique, financier et organisationnel.

www.cnig.gouv.fr

AMÉNAGER TERRITOIRES RURAUX ET PÉRIURBAINS

Frédéric Bonnet, architecte lauréat du grand prix de l'urbanisme en 2014, a été chargé de faire des propositions pour l'aménagement des territoires ruraux et périurbains par la ministre du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité. Rapport remis en novembre.

www.territoires.gouv.fr

PLAN AUTOROUTIER : AVENANTS SIGNÉS

Le plan de relance autoroutier s'est concrétisé début septembre par la signature d'avenants aux contrats de concession entre les principales sociétés autoroutières et les ministères de l'Écologie et de l'Économie. Les concessionnaires se sont engagés sur une vingtaine d'opérations⁽¹⁾ pour près de 3,3 milliards d'euros. En contrepartie, leurs contrats sont rallongés de deux ans et demi, en moyenne. Ils ont accepté que 55 % des travaux soient confiés à des PME et PMI indépendantes. Le chiffre initial était de 75 %⁽²⁾. Par ailleurs, ils vont également verser 1 milliard d'euros à l'État pour financer des infrastructures de transport dont la moitié dans les trois ans.

⁽¹⁾ Liste sur :

www.developpement-durable.gouv.fr.

⁽²⁾ Cf. Travaux juin 2015, page 8.

L'ÎLE-DE-FRANCE SE DOTE D'UN PLAN DE GESTION DES DÉCHETS DU BTP

La région parisienne va évacuer une partie de ses déchets vers les départements limitrophes.

« *Un moment historique* » : c'est ainsi qu'a été qualifié le vote à l'unanimité le 18 juin du Plan régional de prévention et de gestion des déchets issus de chantiers du BTP (Predec), par Corinne Rufet, vice-présidente du Conseil régional d'Île-de-France. La région parisienne y travaille depuis fin 2011 avec tous les acteurs. « *Les associations ont été associées très tôt dans les commissions et les groupes de travail*, a confirmé M^{me} Dominique Duval, présidente de France nature environnement Île-de-France, lors de la présentation publique du plan le 25 juin. *Les problèmes ont été exposés et des solutions, recherchées.* » L'Île-de-France génère 30 millions de tonnes de déchets du BTP - 22 millions en travaux publics, 8 en bâtiment.

Ce sont des terres (74%), du béton (6%), des matériaux de démolition de chaussée, des agrégats d'enrobés. Il s'agit de déchets inertes à 74% dans les TP (y compris excavations pour fondation) et à 65% dans le bâtiment, le reste étant soit non inertes soit dangereux (amiante, etc.). Les déchets inertes sont ceux qui ne se dégradent pas tout seuls et n'ont aucun impact dangereux sur leur environnement⁽¹⁾.

Selon les experts du Predec, 25 millions de tonnes de déchets inertes du BTP seront produites chaque année jusqu'en 2019 et 35 millions de 2020 à 2026.

Ceci s'explique par les travaux du Grand Paris Express (métro), la réhabilitation thermique du bâti et les 70 000 logements à construire par an.

Le plan propose des objectifs à atteindre pour 2020 puis 2026. Priorité est donnée à la prévention : ne pas créer de déchets en réemployant les déblais, par exemple. La société Hesus, présente le 25 juin, met en relation les conducteurs de chantier qui déblaient et ceux qui recherchent des terres.

→ Remblayer les carrières

Les agrégats d'enrobés revalorisables devront être recyclés à 80% en 2020 et à 100% en 2026. Il sera produit 5,5 millions de tonnes de granulats recyclés par an en 2020 et 6,5 en 2026 grâce à dix nouvelles plates-formes. Pour les vendre, « *nous arriverons à faire baisser la TVA sur les recyclés*, a affirmé Corinne Rufet. *À force d'en parler.* » Le plan contient des préconisations pour le réemploi des terres excavées. Il entend favoriser le réaménagement de carrières par remblayage au lieu de les laisser en eau dans les départements franciliens et limitrophes.

D'autres prescriptions visent à mieux répartir les installations de stockage de déchets inertes (Istdi) sur le territoire. Ainsi la Seine-et-Marne qui reçoit 80% des déchets du BTP aujourd'hui, n'ouvrira-t-elle aucun site ni n'en agrandira dans



© LAFARGE

En 2026, la production de granulats recyclés atteindra 6,5 millions de tonnes.



© RIEF CARA, STÉPHANIE JAVET (TOMAS)

Chaque année, de 2020 à 2026, 4 millions de tonnes de déchets du BTP seront évacués par bateau.

les trois ans. Chaque département de la petite couronne ne pourra envoyer ses déchets que dans un département de la grande couronne qui lui est limitrophe.

→ Connaître la composition des terres

La Région a bien conscience qu'il faut accompagner les maîtres d'ouvrage. « *Le sujet est très méconnu chez la plupart des acteurs*, a témoigné Jean-Yves Burgy, dirigeant de Recovering. *La maîtrise d'ouvrage n'a pas de niveau d'exigence face aux entreprises.* » La difficulté à déterminer la composition des terres excavées et leur origine contribue à leur frilosité face au réemploi.

Le plan veut aussi que le transport de matériaux passe plus souvent par le train ou les fleuves : création de 5 plates-formes ferroviaires et évacuation de 4 millions de tonnes par bateau de 2020 à 2026. « *Le report sur le fluvial est complexe*, constate Martine Vasquez, chargée de projets logistique urbaine en Seine-Saint-Denis. *Il faut du foncier le long des canaux pour stocker et pour trier. Nous rédigeons un guide destiné aux collectivités locales.* » ■

⁽¹⁾ Définition à l'article R541-8 du code de l'environnement.

RÉEMPLOI DE DÉBLAIS SUR RÉSEAU ÉLECTRIQUE



© CLUSTER ECO-CHANTIERS

Les résultats sur les réseaux électriques seront transposés à ceux de fibre optique.

Le réemploi des déblais autour d'un réseau électrique enterré est le sujet du projet de recherche et développement Valo-CQFD pour Valorisation des déblais de tranchées sur chantier pour une qualité fiable et durable.

Le projet de trois ans est coordonné par le cluster Éco-chantiers des travaux publics de Franche-Comté. Présenté à l'appel à projets sur les déchets du BTP en 2013, il est l'un des deux à avoir été retenus sur sept dossiers⁽¹⁾.

Il reçoit 202 000 euros de l'Ademe pour un coût estimé à 395 000 euros.

Valo-CQFD fait travailler ensemble Réseau de transport d'électricité (RTE), le Laboratoire d'énergétique et de mécanique théorique et appliquée de Nancy (Université de Lorraine/CNRS), Vermot TP, la direction technique et le centre de recherches d'Eurovia et STVM Géo performance (valorisation des matériaux). RTE est le principal partenaire.

→ Projet à mi-parcours

Les techniques mises en commun sont appliquées sur son réseau haute tension en France-Comté. Sont associés au projet : ERDF, le Conseil général du Doubs,

le Syndicat mixte d'énergies du Doubs et le Syndicat mixte Doubs très haut débit. Jusqu'à 2015, les partenaires de Valo-CQFD ont défini un protocole de reconnaissance géotechnique, échangé sur la reconnaissance des opérations de déconstruction qui influent sur la capacité de réemploi, et sur leur traitement mécanique.

L'équipe définit maintenant les paramètres mécaniques et thermiques à atteindre pour aboutir à une modélisation.

→ Impliquer la chaîne des acteurs

À terme, un guide technique donnera une méthodologie pour les gestionnaires de réseaux secs qui voudraient réutiliser en place les déblais sur des lignes enfouies de moyenne et très haute tension.

Le projet abordera le transfert d'expériences à la fibre optique.

Il ne s'agit pas seulement de vérifier le comportement des réseaux secs au contact des matériaux traités, mais d'impliquer l'ensemble de la chaîne des acteurs.

Rappelons que l'emploi de déblais en place économise des matériaux nobles, évite leur transport et réduit la mise en décharge de terres. ■

⁽¹⁾ Second projet retenu : Valorisation des membranes d'étanchéité (Vamet) coordonné par Nantet Locabennes.

TUNNEL D'ASSAINISSEMENT À LONDRES

Des entreprises françaises ont remporté le contrat du lot Est du tunnel d'assainissement, le Thames Tideway (Tamise) à Londres (Angleterre).

Vinci Construction Grands Projets et Bachy Soletanche Ltd, filiales de Vinci, se voient confier 60 % du marché de 858 millions d'euros, et Costain avec qui elles forment un groupement, 40 %. Le chantier (2016-2023) comprend deux

sections du tunnel d'eaux pluviales et usées, une de 5,5 km, le Limehousecut, et l'autre de 4,5 km, le Greenwich Connection Tunnel, les deux se situant à l'est du Tower Bridge à Londres. Le projet est en phase d'optimisation.

Les deux tunnels seront creusés par deux tunneliers, le premier de 7,20 m de diamètre intérieur, le second de 5 m. Cinq puits de 17 à 25 m de diamètre seront

également réalisés ainsi que des travaux dans la Tamise, des connexions avec le réseau existant et des équipements électromécaniques.

→ Assainir la Tamise

Le lot Est n'est qu'une partie du Thames Tideway Tunnel qui nécessite le creusement de 25 km au total. Jusqu'à présent, des eaux usées non traitées s'écoulaient dans la Tamise. ■



© VISITBRITAIN/JASON HAWKES

Vue sur l'Est de Londres (Angleterre). Tour Shard au premier plan.

CONTRAT EN PPP

Vinci fait partie de ceux qui ont signé un partenariat public privé (PPP) pour le contournement de la ville de Regina, au centre sud du Canada, avec le ministère des autoroutes et de l'infrastructure de la province de Saskatchewan. Cette déviation mesure 61 km dont 37 km en neuf, 24 en rénovation. Elle inclut 12 échangeurs et 38 ouvrages d'art.

Le PPP de 1,3 milliard d'euros dure trente ans dont quatre de chantier. Outre la filiale de Vinci Concessions, ont également signé Parsons Entreprises et des financeurs.

NAVETTE DANS LE PORT DE MARSEILLE FOS

Les bassins Est et Ouest du Port de Marseille Fos sont reliés par une navette ferroviaire depuis mai. Celle-ci transporte des conteneurs du bassin du centre-ville de Marseille à celui de Martigues et de Port Saint Louis, et vice versa.

Il est prévu qu'elle aille jusqu'au terminal de transport combiné Clesud de Miramas. Cette navette quotidienne concrétise les orientations prises par le grand port dans son projet stratégique 2014-2018. Railliner en est l'opérateur.



© PORT DE MARSEILLE FOS

La navette ferroviaire transporte des conteneurs d'un bassin à l'autre du port.

LGV SEA : CANALISATIONS EN FONTE

Le groupe d'entreprises Cosea qui a construit la ligne de TGV Tours-Bordeaux, a choisi des canalisations en fonte ductile de Saint Gobain-Pam pour les déviations de réseaux d'eau potable, soit 30 km.

Le bureau d'études du fournisseur a vérifié la résistance mécanique des tubes de la gamme Natural sous des remblais jusqu'à 18 m de haut.



© SAINT GOBAIN-PAM

Plus de 30 km ont été posés, parfois sous remblais de 18 m de haut.

ÉCOLE D'INGÉNIEURS PLUS GRANDE À CAEN

Les travaux d'extension de l'École supérieure d'ingénieurs des travaux de la construction de Caen (Esitc Caen) ont commencé cet été et se terminent en 2016. L'établissement va doubler sa surface avec 4 000 m² de plus pour des classes, un amphithéâtre, des espaces élèves et l'agrandissement du laboratoire. Celui-ci abritera une halle aux matériaux pour des essais grandeur nature et des enceintes climatiques. À terme, en 2020, l'Esitc accueillera 750 élèves contre 400 aujourd'hui. L'agrandissement coûte 9,6 millions d'euros financés pour moitié par la Région Basse-Normandie et pour un quart par le département du Calvados. L'agglomération de Caen règle 15% et la Fédération nationale des travaux publics et la fondation Ambitions Travaux Publics, 10%.



© ESITC CAEN-DHA

Au premier plan, le futur amphithéâtre.

PERFORMANCE FRANÇAISE

Vinci (1^{er}), Bouygues (3^e) et Eiffage (5^e) figurent dans les cinq groupes européens en tête du classement de Deloitte basé sur les comptes 2014. À leurs côtés, se positionnent le groupe espagnol ACS et le suédois Skanska. L'étude European Powers of Construction ne s'intéresse qu'aux entreprises cotées en bourse. Cette bonne performance s'inscrit dans un marché français stable depuis 2011 à 250 milliards d'euros alors que ceux d'Allemagne et du Royaume-Uni sont en hausse.

UN TRAMWAY PASSE DU PNEU AU RAIL



© CAEN-LA-MER

En 2019, deux lignes du tramway de Caen seront sur rail au lieu d'être sur pneus.

La Communauté d'agglomération de Caen (Calvados) a choisi début juillet la maîtrise d'œuvre générale du passage de son tramway sur pneus à un système sur rails. La procédure négociée a débouché sur la sélection du groupement Asyas composé d'Artelia et Setec pour l'ingénierie, d'Attica et Signes pour l'architecture, l'urbanisme et le paysage.

Cette transformation avait été retenue dans le 3^e appel à projets transport en commun en site propre⁽¹⁾, qui donne droit à une aide de l'État. L'opération a été évaluée à 230 millions d'euros au total. Les rames sur pneus remontent à fin 2002 et montrent de graves signes de fatigue. Le marché de maîtrise d'œuvre générale se monte à 8,75 millions d'eu-

ros HT. Il comprend, en tranche ferme, les missions d'avant-projet et les procédures administratives. Suivent quatre tranches conditionnelles pour les études et travaux de la ligne 1 et de la ligne Presqu'île, puis pour leurs extensions.

Au stade de l'avant-projet, la "tramférisation" suppose un diagnostic de l'existant, la conception de cette mutation, l'étude de l'insertion des lignes transformées ainsi que l'organisation du chantier.

→ Rayons de courbure à adoucir

Le tramway sur rails adoptera autant que faire se peut le tracé de celui sur pneus. Toutefois, il braque moins serré. Il faut donc reprendre les rayons de courbure des virages et le profil en long. La plateforme sera modifiée en touchant le moins possible au nivellement. Les quais devront être adaptés. Une partie de l'itinéraire sera engazonné. Caen-la-Mer profite du chantier pour déplacer les poteaux dans les zones où il y a eu des accidents. Les études et appels d'offres auront lieu de 2015 à 2017.

En 2018, l'ancien tram sera remplacé par des bus. En 2019, place aux essais pour une mise en service planifiée en septembre. ■

⁽¹⁾ Cf. Travaux mars 2015, page 10.

CROISSANCE DE BOUYGUES CONSTRUCTION EN SUISSE ET AU MYANMAR



© LOSINGER MARAZZI

Forage pour sondes géothermiques sur le terrain du futur hôpital Limmiviva (Suisse).

La construction de l'hôpital de Schlieren, près de Zürich en Suisse, a été confiée à Losinger Marazzi, filiale de Bouygues Construction. Le chantier du Limmiviva a commencé en juin. L'ouverture est prévue en 2018.

Le projet est développé sur le concept du Bim (Bâtiment et informations modélisés) avec mise en commun des données entre les architectes - BFB Architekten et Brunet Saunier Architecture -, les ingénieurs de génie civil et les spécialistes chauffage, ventilation, climatisation, sanitaire. Le bâtiment couvre 50 000 m² sur huit niveaux. Le marché s'élève à 175 millions d'euros pour Bouygues Construction. L'hôpital est alimenté par la chaleur du sous-sol grâce à des sondes géothermiques. Losinger Marazzi réalise aussi actuellement des éco-quartiers à Zürich, à Bâle et à Lenzburg.

→ Six tours à Rangoun

Bouygues Construction est également

impliquée dans Star City pour Thanlyin Estate Development à Rangoun (Myanmar, ex-Birmanie). Sa filiale, Dragages Singapour, termine la première phase de ce complexe résidentiel avec SPA Project Management, soit cinq immeubles.

La seconde phase concerne six tours, quatre de 82 m et deux de 91 m, et se termine en 2018. ■



© HERVÉ GOUBAND/BOUYGUES CONSTRUCTION

Immeubles de la première phase de Star City, en cours d'achèvement à Rangoun (Myanmar).

JOURNÉE EXPERTISE BÉTON



Une conférence a présenté la plate-forme d'essais aérauliques du Cerib avec laquelle a été vérifiée la tenue au feu des conduits de désenfumage faisant office de poteaux porteurs au futur siège social de Veolia.

Trois cents cinquante personnes ont assisté à la première journée expertise et construction du Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (Cerib), le 7 juillet.

Lors de ce rendez-vous qui deviendra annuel, sont présentés les résultats des travaux du centre, ceux des partenariats avec d'autres organismes ainsi que des innovations.

Cette première réunion a été l'occasion de présenter la plate-forme d'essais aérauliques créée en 2015. Elle vérifie la tenue au feu d'équipements jusqu'à 4 m par 3 de section et 100 000 m³/h de débit. Elle a servi à tester des conduits de désenfumage en béton tenant lieu de poteaux structurels du futur siège social de Veolia (2016), une solution technique qui économise de la place et évite que

les poteaux soient protégés par des plaques.

Bateg (Vinci), mandataire du groupement qui construit le bâtiment de 45 000 m² (Dietmar Feichtinger Architectes) à Aubervilliers (Seine-Saint-Denis), a fait appel à la plate-forme du Cerib, à travers l'établissement d'un avis de chantier, pour justifier les performances au feu des conduits. Ceux-ci ont été soumis à des conditions aérauliques normalisées et à un chargement de 300 tonnes.

→ Eurocodes et murs de soutènement

Parmi les dix conférences de la journée du Cerib, citons également le dimensionnement statique et sismique des murs de soutènement selon les Eurocodes.

Le pôle TP du Cerib a étudié l'impact de différentes possibilités de déclinaison de l'Eurocode 7 sur le dimensionnement d'éléments préfabriqués. Il propose des coefficients de modèle et de modalités de vérification de l'excentricité de la charge sur la semelle. Le Cerib a également publié un guide d'application de l'Eurocode 2 à ces murs, incluant les conditions sismiques. ■

DIDRO ET STATIONIS : DEUX PROJETS PAR DES PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ

Le projet Didro vise à développer un service d'inspection et de surveillance des digues par drone. Il a démarré mi-2015 pour trois ans. Il émane du pôle de compétitivité Risques et va recevoir une aide du Fonds unique interministériel (FUI), des collectivités territoriales et du fonds européen Feder. Il figure parmi les 62 projets retenus par le 19^e appel du FUI.

Didro concerne tout type de surveillance des digues, de l'inspection routinière à la haute surveillance, qu'elles soient fluviales ou maritimes. Redbird, opérateur de drones, porte le projet auquel participent douze acteurs dont Survey Copter (Airbus), fournisseur de l'engin, la Dreal Centre⁽¹⁾, référente digues nationale, l'Ifstar, etc. France Dignes, association de gestionnaires de digues⁽²⁾, en est la mandataire. Le projet dure jusqu'en 2018.

→ Ancrage et liaison électrique d'éoliennes

Un autre pôle de compétitivité, Capenergies, a vu 5 de ses projets sélectionnés par le FUI. Parmi eux, Stationis porte sur

un logiciel d'optimisation de l'architecture sous-marine - ancrage et connexions électriques - d'une ferme d'éoliennes flottantes. Grâce à la visualisation en 3D, l'utilisateur peut la concevoir et la dimensionner. Le logiciel servira à toutes les étapes d'un projet.

D'une durée de deux ans (2015-2017), Stationis regroupe Abysscad (logiciel), Capsim (bureau d'études électriques), Eolfi (éolien offshore), Innosea (ingénierie

énergies marines renouvelables) et le laboratoire Lheea de l'École centrale de Nantes.

Pour en savoir plus : www.pole-risques.com ; www.capenergies.fr. ■

⁽¹⁾ Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement. Cf. *Travaux* novembre 2013, page 12.

⁽²⁾ Cf. *Travaux* octobre 2013, page 12.



Un service de surveillance des digues par drone se prépare dans le cadre du projet Didro.

ÉTANCHÉITÉ D'UN BASSIN

Le bassin Latone, situé au centre du jardin du château de Versailles (Yvelines) et datant des années 1666-1689, a été complètement restauré. Dans ce cadre, son étanchéité a été reprise et confiée à Emat.

Une fois les anciennes couches déposées, le bassin a été recouvert d'un maçonnerie en béton (chaux hydraulique blanchie et sable). Pour en renforcer la cohérence, un mortier époxy a été épandu au fond, les murs étant traités avec un mortier de réparation projeté sur armature métallique.

La couche étanche du fond comprend une membrane d'étanchéité en résine de polyméthacrylate de méthyle, armée d'un non-tissé polyester robuste et recouverte d'une couche de finition résistante à l'usure (gamme Triflex).



Le bassin Latone après restauration.

GUIDE POMPAGE DU BÉTON

Le Syndicat national du pompage du béton (SNPB) publie un guide pratique sur les aspects techniques, réglementaires et économiques de ce moyen de mise en œuvre du béton prêt à l'emploi. Ce service fait gagner du temps et diminue la pénibilité du travail. Un coulage de dalle ou de fondations ne nécessiterait que deux personnes avec une pompe contre trois autrement.

Le pompage amène le béton avec précision au bon endroit, c'est utile par exemple pour réaliser un tablier de pont. Les flèches ont des portées allant de 20 m à près de 50 m.

www.snpb.org

GODET-CHARGEUR DANS BENNE

Le chargeur-élévateur Hulk reçoit des déchets au sol et les transfère dans une benne posée à côté. L'engin pallie l'absence de quai de déchargement. Avec un quai, un camion déverse le contenu de sa remorque dans une benne en contrebas. Le godet peut manipuler jusqu'à 1,5 tonne de bois, palettes, ferraille, etc. Il peut faire office de stockage temporaire en attendant une benne disponible.



© G. GILLARD

Le godet se lève et verse les déchets dans la benne.

NACELLES À 57-58 M

Loxam Access propose à la location deux engins pour travailler jusqu'à 57 et 58 m de haut. La flèche télescopique automotrice peut porter 340 kg à une portée de 24,4 m. Avec 12,98 m de longueur une fois repliée, elle peut être transportée sur une remorque standard. La nacelle à flèche télescopique peut porter jusqu'à 454 kg à 24,38 m. Longueur de transport : 14,57 m.



© LOXAM ACCESS

Cette flèche peut être transportée sur une remorque standard.

RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR EAUX USÉES



© CALB

La canalisation d'eaux usées traitées passe à 300 m d'Aqualac. Grâce à une dérivation, elle devient la première source de chaleur de l'eau des sept piscines.

Le centre aquatique de la Communauté d'agglomération du Lac du Bourget (Savoie, 17 communes, 56000 habitants) a rouvert ses portes en septembre après trois ans de rénovation. Les derniers mois ont été consacrés à l'installation d'une récupération de chaleur sur la conduite d'eaux usées qui passe à 300 m. Celle-ci fournit une eau à 11-12°C au moins qui, assistée d'une pompe à chaleur (600 kW), chauffe l'eau des bassins.

→ 70% du chauffage des bassins

Le centre Aqualac, construit en 1973, comprend trois bassins extérieurs et

quatre intérieurs. Il a été décidé que celui de 50 m serait découvert toute l'année. Inacceptable avec une chaufferie au gaz. En revanche, les calories en provenance de l'assainissement, presque gratuites, peuvent assurer 70-80% du chauffage de l'eau des piscines. « Cette solution est intéressante car la demande et la fourniture de chaleur sont continues, explique Olivier Liberelle, responsable du centre. L'installation au gaz fait l'appoint et chauffe l'air ambiant. »

La canalisation en sortie de station d'épuration où circulent sous pression

250 à 1800 m³/h d'eaux traitées, est dérivée en partie vers l'échangeur à plaques en titane dans le local technique du centre nautique. La dérivation mesure une soixantaine de mètres et a un débit de 90 m³/heure.

→ Tout le process en interne

« La communauté d'agglomération est maître d'ouvrage de tout le process, souligne Christophe Touzeau, directeur de l'assainissement. Nous vendons l'énergie en interne, d'un service à l'autre (Aqualac). De plus, nous sommes propriétaire du foncier où passe la canalisation. Avant de nous décider, nous sommes allés visiter une installation similaire en Suisse signalée par un usager. » ■



© CALB

L'échangeur à plaques en titane où les eaux usées cèdent leurs calories au circuit de l'eau des bassins.

ÉOLIEN EN MER : LES FONDATIONS FLOTTANTES SE DÉVELOPPENT

La société Ideol va développer deux types de fondation flottante d'éolienne en mer avec Hitachi Zosen, expert en structures flottantes (pont, bouées GPS, etc.). Les partenaires ont signé un contrat d'ingénierie sur la conception de deux démonstrateurs, des éoliennes de 3,5 MW/unité reliées à un anneau carré - concept du Damping pool d'Ideol - sur lequel se fixe l'ancrage d'une éolienne flottante⁽¹⁾. Les essais en bassin avec un anneau-coque en béton et un autre en acier ont commencé au Japon début juin. L'installation en situation réelle est prévue pour 2017.

Le Japon a pour objectif 24% d'énergies renouvelables dans sa production électrique en 2030. L'éolien flottant permet de capter des vents plus importants là où les fonds marins excèdent 50 m.

→ S'adapter à des machines de 10 MW

Par ailleurs, Ideol fait partie du projet européen Lifes50+ lancé en juin. Il porte sur l'accroissement de la puissance de

l'éolien flottant en mer afin d'en réduire le coût à puissance égale. Le Damping pool d'Ideol figure parmi les quatre systèmes dont la capacité à s'adapter à une machine de 10 MW sera analysée lors de la première phase du projet. À partir de 2017, deux concepts seulement continueront d'être étudiés.

Lifes50+ est coordonné par Marintek, institut norvégien indépendant de recherche sur les technologies marines, avec douze partenaires de huit pays. Il reçoit 7,3 millions d'euros d'Horizon 2020, programme européen de financement de la recherche et de l'innovation. ■

⁽¹⁾ Cf. Travaux avril-mai 2015, page 10.



© IDEOL

Cette fondation flottante dont la coque peut être en béton ou en acier, est testée par des Japonais.

AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 2 AU 6 NOVEMBRE

25^e congrès mondial de la route

Lieu : Séoul (Corée du Sud)

www.piarc.org

• 2 AU 6 NOVEMBRE

Bâtimat

Lieu : Villepinte

www.batimat.com

• 17 NOVEMBRE

Le sol : acteur-clé des territoires et du climat

Lieu : Paris

www.jt-sol2015.ademe.fr

• 17 AU 20 NOVEMBRE

Salon de l'éolien en Europe (EWEA)

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

www.colloque-national-eolien.fr

• 17 AU 19 NOVEMBRE

Salon des maires et des collectivités locales

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

www.salondesmaires.com

• 25 ET 26 NOVEMBRE

Energia, forum international des énergies renouvelables

Lieu : Montpellier (Hérault)

www.energaia.fr

• 30 NOVEMBRE AU 2 DÉCEMBRE

9^e colloque de génie parasismique

Lieu : Marne-la-Vallée (Ifsttar)

www.afps-seisme.org

• 30 NOVEMBRE AU 11 DÉCEMBRE

Cop 21 : conférence des parties sur les changements climatiques

Lieu : Le Bourget (Seine-Saint-Denis)

www.cop21.gouv.fr

• 14 AU 16 DÉCEMBRE

Stratégies de modélisation des structures en béton

Lieu : Rio de Janeiro (Brésil)

www.wp.coc.ufjr.br/sscs/

FORMATIONS

• 16 AU 18 NOVEMBRE

Concevoir et gérer les pôles d'échanges

Lieu : Paris

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

• 16 AU 27 NOVEMBRE

Maîtrise des opérations de réhabilitation urbaine

Lieu : Paris

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

• 23 AU 25 NOVEMBRE

Sécurité des chantiers et signalisation temporaire sur routes à chaussées séparées

Lieu : Paris

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

• 26 NOVEMBRE

Rencontres du ferroviaire

Lieu : Paris

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

NOMINATIONS

CAPENERGIES :

Aurélie Bringer a été nommée chef de projet énergies renouvelables, et systèmes insulaires et zones isolées, du pôle de compétitivité « dédié aux énergies non génératrices de gaz à effet de serre ».

CIMENT :

Le Syndicat français de l'industrie cimentière a un nouveau président, Raoul de Parisot qui remplace Jean-Yves Le Dreff.

ÉCOLOGIE :

Gilles Bœuf a été nommé conseiller scientifique pour l'environnement, la biodiversité et le climat au cabinet de la ministre Ségolène Royal.

ERMCO :

L'association européenne du béton prêt à l'emploi (European Ready Mixed Concrete Organization) a confié l'animation de sa nouvelle commission environnement à Jean-Marc Potier, chargé de mission technique au SNBPE (France).

FIB :

La Fédération de l'industrie du béton est présidée par Philippe Gruat qui succède à Jean Bonnie.

GÉOMÈTRES EXPERTS :

La présidence de l'Ordre des géomètres experts est désormais occupée par Jean-François Dalbin à la suite de François Mazuyer.

LAFARGE FRANCE :

Bénédicte de Bonnechose remplace Pascal Casanova à la direction générale. M. Casanova sera

chargé de l'Amérique latine au sein du futur comité exécutif de Lafarge-Holcim.

LIEBHERR FRANCE :

David Diss, directeur général de l'administration et des finances, a été nommé président. Sébastien Seitz a repris la direction générale de production. Martin Schickel devient directeur commercial et Eugen Schobesberger, directeur technique au bureau d'études.

PARIS SACLAY :

Lise Mesliand est la nouvelle directrice adjointe chargée de l'aménagement à l'Établissement public de développement du plateau de Saclay (Essonne), et Antoine du Souich devient le directeur adjoint chargé de la stratégie, de la performance et des nouveaux services (smart city).

RENOUVELLEMENT URBAIN :

La nouvelle direction opérationnelle de l'Agence nationale pour la rénovation urbaine a été confiée

à Thierry Asselin assisté de Céline Gipoulon.

RTE :

François Brottes, député, est nommé président du directoire de Réseau de transport d'électricité après le départ en retraite de Dominique Maillard.

SEIMAT :

Pascal Petit-Jean devient secrétaire général du Syndicat des entreprises internationales de matériel de TP, mines et carrières, bâtiment et levage. Didier Champalle occupait cette fonction.

TRANSPORTS INTELLIGENTS :

Denis Aubron préside l'association Atec ITS France, lieu d'échanges entre professionnels sur les transports intelligents, à la suite de Bernard Basset.

UNICEM :

Michel André préside l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction. Il succède à Didier Riou.

BALINEAU

FONDATIONS SPÉCIALES ET TRAVAUX NAUTIQUES

Forage au vibrator drill

- Pieux battus
- Palplanches
- Pieux forés
- Tarière continue
- Parois moulées
- Améliorations des sols
- Travaux en sites fluvial et maritime

"Optimisation de l'installation de béton pour pieux battus"

Métropole
Siège social et bureaux :
3 avenue Paul Langevin
ENORA Park - CS 30039
33615 PESSAC cedex
tél. : +33 (0) 5 57 89 16 78
fax : +33 (0) 5 56 07 34 78
balineau@balineau.fr

Antilles :
Rue Nobel - Z.I. de Jarry
BP 21813
97195 JARRY cedex
tél. : +590 (0) 590 32 59 30
fax : +590 (0) 590 26 89 44
balineau.antilles@balineau.fr

www.balineau.com

EIFFAGE BRANCHE INFRASTRUCTURES REDÉPLOIEMENT STRUCTURÉ À L'INTERNATIONAL

APRÈS UN QUASI SOMMEIL PENDANT PLUS D'UNE DIZAINE D'ANNÉES, TOUT AU MOINS HORS D'EUROPE CONTINENTALE, LE GROUPE EIFFAGE EST EN TRAIN D'EFFECTUER UN REDÉPLOIEMENT D'ENVERGURE À L'EXPORTATION, STRUCTURÉ ET DURABLE, DANS LE CADRE DE LA CRÉATION DE LA BRANCHE « EIFFAGE BRANCHE INFRASTRUCTURES » (EX EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS) QUI REGROUPE TROIS MÉTIERS DE L'ENTREPRISE : LA ROUTE, LE GÉNIE CIVIL ET LE MÉTAL.

ENTRETIEN AVEC STÉPHANE ABRY, DIRECTEUR GÉNÉRAL DÉLÉGUÉ D'EIFFAGE INFRASTRUCTURES. PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



FIGURES 1 & 2 © MARC MONTAGNON

LE CHANGEMENT DE NOM EST PLUS QU'UN SYMBOLE : IL CORRESPOND À UNE VOLONTÉ AFFIRMÉE DU TROISIÈME GROUPE FRANÇAIS DE BTP ET D'ACTIVITÉS ASSOCIÉES D'ÊTRE À NOUVEAU PRÉSENT SUR LES 5 CONTINENTS. LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DÉLÉGUÉ, EN CHARGE DES PROJETS À L'INTERNATIONAL AU SEIN DE CETTE BRANCHE, EST STÉPHANE ABRY QUI NOUS PRÉSENTE DE FAÇON DÉTAILLÉE LES DIFFÉRENTES COMPOSANTES DE LA NOUVELLE ORGANISATION DONT IL A LA RESPONSABILITÉ.

Pour Eiffage Branche Infrastructures, que recouvre désormais le terme « export » ?

Au sein de la branche « infrastructures », qui est présidée par Jean-Louis Servanckx, ce que nous appelons export concerne le « grand international ». En effet, notre objectif n'est pas de nous intéresser à l'Europe où Eiffage

dispose déjà de filiales très actives, en Allemagne, en Espagne et au Portugal. Notre domaine de prospection et d'intervention concerne l'Afrique, le Proche et le Moyen Orient, l'Asie du Sud-Est, les Caraïbes et l'Amérique Latine. C'est dans ces territoires que le pôle des projets internationaux a la volonté

© EIFFAGE BRANCHE INFRASTRUCTURES



2



3

de se développer le mieux possible avec quelques voies de prédilection. Nous avons réorganisé nos structures en zones géographiques et en fonction de nos métiers.

Une zone majeure sur laquelle nous avons déjà beaucoup investi est l'Afrique, confiée à un directeur qui coordonne les activités dans deux zones : Afrique du Nord et de l'Ouest, d'une part, Afrique de l'Est et Afrique du Sud, d'autre part. Au sein de ces zones, trois responsables sont basés au Kenya, en Afrique du Sud et en Côte d'Ivoire respectivement.

Le Proche et le Moyen Orient sont confiés à un directeur de zone qui a un réseau basé au Qatar et nous créons actuellement une filiale en Arabie Saoudite.

Les métiers de l'hydraulique et de l'environnement sont couverts par un responsable basé au siège à Vélizy mais dont la zone d'influence est le monde. En effet, il s'agit d'un métier tellement spécifique tant au niveau des interlocuteurs que des travaux - traitement de l'eau, assainissement, traitement des déchets, etc. - qu'il nous a paru préférable de le piloter directement depuis le siège avec des points de relais dans les différentes zones d'intervention.

J'ai également à mes côtés un directeur du commercial amont pour des pays qui n'entrent pas dans le cadre d'un découpage territorial traditionnel par continents tels que l'Europe extrême-orientale, l'Asie du Sud-Est, Israël et l'Irak car ils ne se trouvent pas dans des zones clairement définies.

Dans ces pays nouveaux, nous ciblons des projets complexes montés sous forme de partenariat pour des clients particuliers.

Ces projets peuvent d'ailleurs inclure des financements.

Dans cette organisation, nous sommes épaulés par les directions technique,

STÉPHANE ABRY UN PARCOURS DÉDIÉ AU GÉNIE CIVIL

Ingénieur TP, Stéphane Abry est âgé de 45 ans. Il a démarré sa carrière en 1991 chez Sogea-Satom en Afrique de l'Est où il est resté pendant presque 9 ans après avoir débuté comme ingénieur travaux et terminé comme directeur de projets, sur des opérations essentiellement de génie civil et de routes.

De retour en France, il est alors affecté pendant 6 ans à la direction régionale de Sogea Sud en charge des grands projets de tramway et des ouvrages du TGV, avant de prendre la direction du centre de Nîmes et d'être nommé ensuite directeur de la filiale des Cévennes et directeur de l'agence de Perpignan de la Compagnie Générale des Eaux (2000) puis directeur de zone.

En 2005, il rejoint le siège de Vinci Construction Grands Projets à Rueil Malmaison, comme directeur du département hydraulique international, puis directeur du secteur Proche et Moyen Orient, Asie (2009), ainsi que directeur des pôles métiers hydraulique international et LNG. En 2011, il devient directeur opérationnel et membre du comité directeur de Vinci Construction Grands Projets pour l'Afrique, le Proche et le Moyen-Orient, l'Asie, Tchernobyl et les pôles métiers hydraulique internationale et LNG.

En octobre 2012, il prend la direction générale d'Eiffage Construction Métallique, pour les activités France et Europe.

Enfin, depuis avril 2015, Stéphane Abry est directeur général délégué d'Eiffage Branche Infrastructures en charge des projets à l'international.

1- Stéphane Abry, directeur général d'Eiffage Branche Infrastructures.

2- Le nouveau siège social du groupe Eiffage à Vélizy-Villacoublay.

3- La plate-forme pétrolière d'Ofon au large de Port Harcourt au Nigeria.

4- Le pont Faidherbe au Sénégal.

5- Chantier d'extension du terminal à conteneurs du port de Lomé.

administrative et juridique du groupe. Une part importante de la logistique est installée à Vélizy mais chaque projet prend son autonomie dès lors qu'il est lancé.

Pendant plus d'une dizaine d'années, Eiffage ne s'est plus déployée au grand international. Nous rebâtissons une équipe, nous recréons des réseaux que nous réactivons pour certains, car il faut se rappeler que le groupe a eu une longue histoire à l'export avec Fogerolle et SAE et nous nous appuyons sur cette histoire pour rebâtir une organisation et un développement et promouvoir le nom d'Eiffage qui n'est pas encore aussi connu que ne l'était celui de ces deux entreprises.

Quelle est votre approche des marchés que vous envisagez ainsi de conquérir à l'international ?

Notre approche s'articule autour de trois axes majeurs.

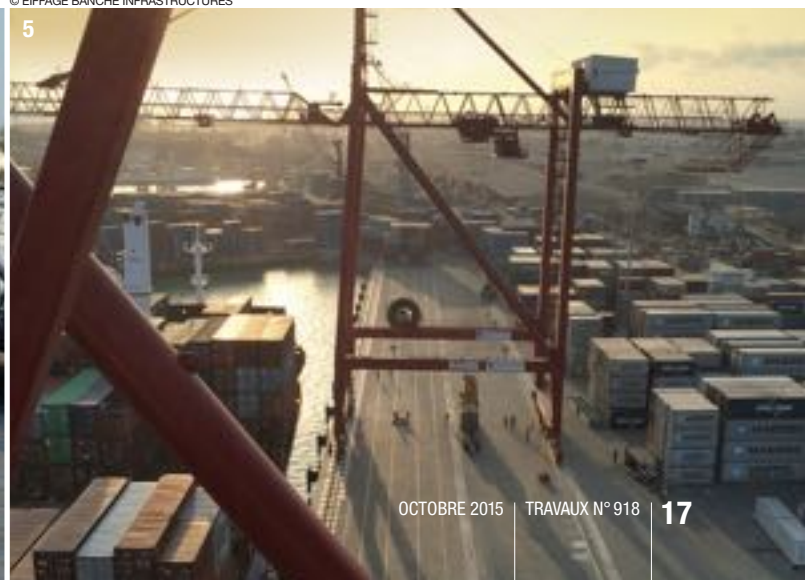
Le premier est l'axe classique de réponse à des appels d'offre. Nous l'avons déjà développé en priorité pour la plupart des pays d'Afrique et du Moyen Orient parce que plus rapide et nous permettant d'acquies rapidement des références sur des projets petits ou moyens. En Afrique, cela concerne essentiellement les routes et les travaux d'hydraulique. Nous en avons déjà plusieurs en cours de réalisation au Togo, au Congo Brazzaville et à Madagascar : au Togo, l'extension d'un port, au Congo, un chantier de drainage, à Madagascar, un pont suspendu.

En Afrique, nous privilégions une présence locale dans des pays ciblés, ce qui n'exclut pas la notion de montage de projets globaux. En Angola, par exemple, nous avons signé un contrat en montant le projet de A à Z, y compris le financement en crédit export. Pour s'exonérer des appels d'offre et intervenir sur des marchés peut-être plus rentables, nous allons jusqu'au montage de projets incluant le financement, soit avec l'aide des banques, soit avec celle de Bercy, dans les pays éligibles à la RPE⁽¹⁾.

Un autre axe que nous développons déjà en Afrique et que nous élargirons peut-être à d'autres pays, est celui des PPP et des montages de crédit export. Nous sommes déjà positionnés sur des PPP au Kenya, relatifs à des projets routiers et des projets d'infrastructure.

Votre approche est-elle différente en Asie du Sud-Est et au Moyen-Orient ?

Nous aurons quasiment la même approche mais sur des pays ciblés ▷



en Asie du Sud-Est. Nous lançons nos démarches en Indonésie, en Malaisie, au Vietnam et dans les Philippines. L'objectif n'est pas une dispersion totale mais la sélectivité des projets et des partenaires.

Au Moyen-Orient, et aussi en Afrique sur des actions spécifiques, notre approche est un peu différente car nous nous positionnons sur des projets complexes pour lesquels nous voulons vendre l'un des savoir-faire d'Eiffage, c'est à dire les projets clés en main. Notre volonté est de gérer en totalité les opérations en *design and build* avec intégration d'une partie « système », c'est-à-dire les projets de rail, les tunnels, les ouvrages d'art, les stations de traitement d'eau, y compris les fondations, le génie civil, les équipements mécaniques et électriques, qui incluent tous les métiers d'Eiffage. Il en est de même des projets de rail où le succès et la bonne marche de BPL[®] nous permettent de mettre en avant une vraie référence. Nous sommes d'ailleurs positionnés sur des marchés de ce type au Qatar, dans le sultanat d'Oman et en Arabie Saoudite.

Dans ces pays du Moyen Orient, mais aussi en Afrique, nous allons cibler les métiers des grandes infrastructures complexes et le métal.

Au Qatar, nous sommes préqualifiés par Qatar Rail sur un important projet de rail qui comporte à la fois des voies, des gares, du génie civil, des tunnels. Nous sommes également préqualifiés pour un stade omnisports dont la construction comportera 12 000 t d'acier.

Avec Eiffage Construction Métallique, nous disposons d'un vrai savoir-faire que nous allons promouvoir au sein de projets complexes ou multi-métiers. Nous allons sélectionner une affaire dès lors qu'elle intégrera, par sa complexité, l'ensemble des métiers qui sont

les nôtres. À partir de là, nous allons choisir le partenaire, tout comme il pourra également nous choisir.

En Arabie Saoudite, lorsque le groupe Ben Laden[®] fait appel à nous, ce n'est pas pour réaliser des terrassements ou couler du béton, ce qu'il fait au quotidien.

En revanche, sur la partie construction métallique ou sur de l'intégration système dans un lot de métro ou de tunnel, il a besoin de notre savoir-faire. Cette approche de partenariat vaut pour tous les pays dans lesquels nous souhaitons être présents.

Nous nous positionnons actuellement sur le TER de Dakar en partenariat avec une entreprise turque. Il en est de même dans le sultanat d'Oman. Au Qatar, nous sommes associés à la fois à une grande entreprise locale et à un autre major européen fortement implanté localement

Pour nous, le partenariat local est important. Il nous permet de mieux nous intégrer aux impératifs locaux tout en apportant une force de frappe avec le management de projet, le design, l'encadrement de chantier.

Et le troisième axe de développement ?

Il consiste à mettre en œuvre des projets encore plus complexes, montés avec des partenaires.

Aujourd'hui, nous répondons à des appels d'offre classiques pour des projets petits et moyens essentiellement en Afrique. Nous montons des PPP et/ou des crédits export en Afrique et dans certains autres pays dans le monde.

Au Moyen Orient ou dans les Caraïbes, nous envisageons de nous intéresser à des projets complexes « multi-métiers + système » qui peuvent être des travaux hydrauliques, du transport avec de l'intégration systémique, des tunnels.

Quel est l'effectif actuel de votre équipe ?

L'équipe permanente est constituée d'une quarantaine de personnes au siège qui s'appuie sur l'ensemble des bureaux d'étude d'Eiffage Infrastructures, lesquels représentent, de leur côté, autour de 300 personnes, mais qui ne sont pas dédiés exclusivement aux projets internationaux.

En revanche, dès lors que nous avons un projet de tunnel, par exemple, nous nous adressons directement au bureau d'études spécialisé dans les ouvrages souterrains.

De même pour les ouvrages d'art et ainsi de suite.

L'intérêt d'être désormais tous rassemblés à Vélizy est de bénéficier à la fois de toutes les fonctions supports et des bureaux d'étude d'Eiffage Infrastructures pour nous épauler dans notre développement export.

Comment le groupe Eiffage est-il désormais constitué depuis la création encore tout fraîche de la branche Infrastructures ?

La holding Eiffage comprend quatre branches :

- Une branche Construction, plutôt dédiée au bâtiment et à la promotion immobilière ;
- Une branche Énergie, spécialisée dans le génie électrique, le génie climatique et l'automatisation de process ;
- Une branche Concession et PPP qui affirme son rôle de constructeur concessionnaire d'autoroutes et de grands ouvrages d'infrastructures, d'équipements publics, de bâtiments et d'aménagements urbains ;
- Une branche Infrastructures, enfin, qui remplace la branche Travaux Publics et dans laquelle est désormais intégrée la branche Métal afin de donner une meilleure cohérence

à son organisation. Cette branche est désormais en charge des activités route, génie civil et métal du groupe. Eiffage Branche Infrastructures maîtrise ainsi l'ensemble des métiers liés à la construction routière et ferroviaire, au génie civil, aux terrassements, à l'assainissement/environnement et à la construction métallique.

Des opérations de croissance externe sont-elles également prévues pour accompagner et favoriser le développement de la branche Infrastructures ?

La croissance externe est l'un des axes de développement d'Eiffage Branche Infrastructures mais aussi du groupe Eiffage à l'international.

En juin 2014, Eiffage, au travers de sa filiale Eiffage Travaux Publics, a acquis 70% de la société canadienne Innovative Civil Constructors Inc. (ICCI) spécialisée dans la construction et la rénovation d'ouvrages d'art.

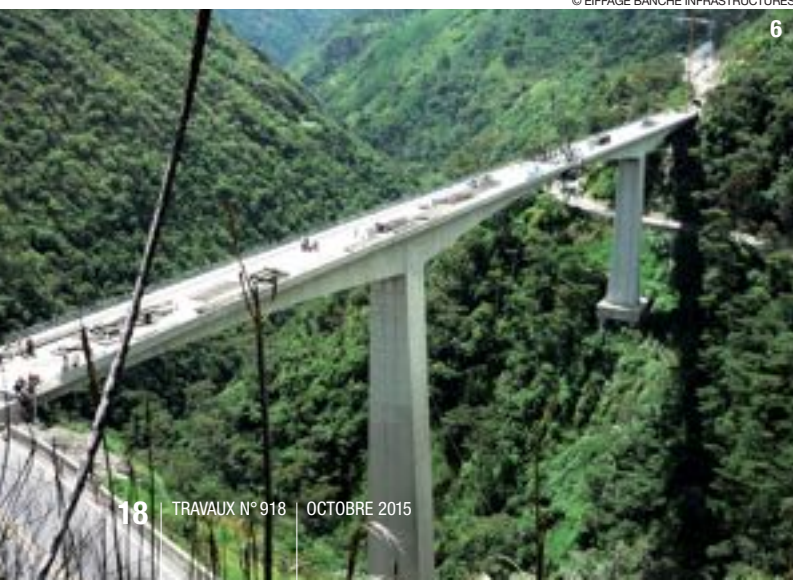
Société en forte croissance, créée en 2011 par une équipe très expérimentée qui demeure en place, ICCI a réalisé près de 100 millions de dollars canadiens (soit près de 70 M€) de chiffre d'affaires en 2014.

Fort de une centaine de collaborateurs permanents, l'entreprise, dont le siège se trouve à Niagara Falls dans l'Ontario, intervient, tout au long de l'année, sur l'ensemble du territoire canadien pour des clients publics et privés.

Cette acquisition constitue une nouvelle étape dans le redéploiement d'Eiffage à l'international. Elle ouvre les portes du marché canadien, particulièrement vaste et dynamique en matière d'infrastructures, à Eiffage Infrastructures et laisse également présager d'importantes synergies dans les domaines des grands projets à haute valeur ajoutée.

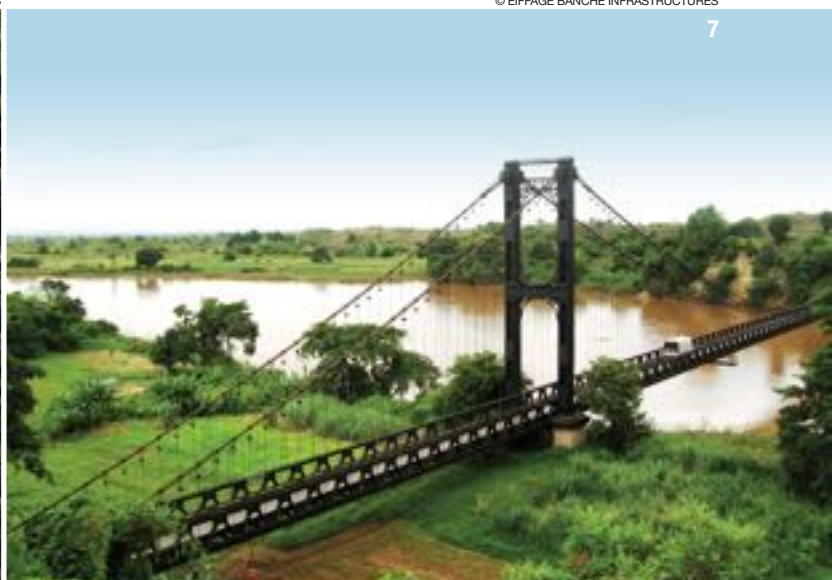
© EIFFAGE BANCHE INFRASTRUCTURES

6



© EIFFAGE BANCHE INFRASTRUCTURES

7



Plus récemment, en février 2015, Eiffage a également fait l'acquisition de la société colombienne Puentes y Torones spécialisée dans la construction d'ouvrages d'art.

Créée en 1992, Puentes y Torones compte près de 500 collaborateurs et réalise quelque 20 millions d'euros de chiffre d'affaires. L'entreprise, dont le siège social est installé à Bogota, travaille dans toute la Colombie où elle bénéficie de références prestigieuses à l'instar du viaduc El Tigre réalisé dans les Andes colombiennes.

Elle intervient également dans d'autres pays d'Amérique du Sud. Elle a ainsi participé à la construction des ponts Trillizos, inaugurés en 2010 à La Paz en Bolivie.

Après l'acquisition d'ICCI au Canada en juin 2014, ce rachat confirme la volonté de redéploiement d'Eiffage à l'international. Il lui donne, en outre, un accès privilégié au continent sud-américain dont les besoins se révèlent très importants dans le domaine des infrastructures de transport, en particulier en Colombie où le lancement d'un programme d'autoroutes dites de 4^e génération (4G) est le plus ambitieux d'Amérique du Sud pour les dix ans à venir

Bien que l'activité de la branche que vous dirigez soit encore récente en tant que telle au grand export, quelques projets ou réalisations peuvent-ils déjà être mis en évidence ?

Plusieurs réalisations sont déjà à notre actif en Afrique et le seront bientôt aux Philippines.

Au Togo, les équipes d'Eiffage Infrastructures terminent les travaux des terre-pleins portuaires du programme de modernisation et d'agrandissement du terminal à conteneurs du port de Lomé, le bord à quai ayant déjà été

EIFFAGE BRANCHE INFRASTRUCTURES EN BREF

Implantée partout en France, à travers un maillage fin d'entités proches du terrain, Eiffage Branche Infrastructures est également présente, dans la péninsule ibérique (Espagne et Portugal), en Allemagne, en Afrique, notamment au Sénégal où son implantation remonte à 1926, ainsi qu'au Canada et en Colombie grâce à l'acquisition des sociétés ICCL et Puentes y Torones.

- 23 000 collaborateurs dont 80 % de salariés actionnaires en France.
- Près de 4,4 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2014.
- Plusieurs centaines d'implantations.
- 130 carrières et dépôts de négoce.
- 150 installations d'enrobage fixes et mobiles.
- 30 000 chantiers par an.

6- En Colombie, viaduc de El Tigre dans les Andes Colombiennes réalisé par Puentes y Torones.

7- Le pont suspendu de la Kamour à Madagascar.

8- Chantier de l'autoroute Dakar - Diamniadio au Sénégal.

9- Construction d'un ouvrage métallique à Parsons Creek par la filiale canadienne ICCL.

livré. Ce chantier a été confié à l'entreprise par Togo Terminal, filiale de Bolloré Africa Logistics. Réalisé dans le cadre d'un groupement, aux côtés de RMT Clemessy et de GER - l'un des leaders togolais du BTP -, il représente plus de 26 millions d'euros de travaux et porte sur les lots voirie réseaux divers, génie civil, distribution électrique et bâtiments. Nous venons de démarrer au Congo Brazzaville un projet de drainage sur financement AFD pour l'assainissement et le traitement des eaux pluviales d'une partie de la ville de Brazzaville. Nous démarrons également le pont suspendu de la Kamour, à Madagascar.

Aux Philippines, nous entamons un FASEP⁽⁴⁾ sur le traitement des déchets, c'est-à-dire avec un don de l'État pour accompagner la préparation d'un projet de développement, et qui comprend une obligation de remboursement si l'entreprise réalise un projet qui serait la conséquence de l'étude pour laquelle il y aurait eu un don.

Au Sénégal, nous réalisons actuellement la première autoroute en PPP d'Afrique.

Après la mise en service en août 2013 du premier tronçon de l'autoroute de l'Avenir reliant Dakar à Diamniadio, les équipes d'Eiffage Sénégal et d'Eiffage Infrastructures se concentrent désormais sur la portion de 16,5 km qui desservira le futur aéroport international Blaise-Diagne (AIBD).

Eiffage renoue ainsi avec une tradition de longue date dans le groupe après une interruption de quelques années qui n'a d'ailleurs pas concerné toutes les branches puisque, dans le métier du *oil and gas*, Eiffage Construction Métallique a toujours été présente à l'étranger, en Azerbaïdjan, au Nigeria, au Sénégal, au Gabon.

L'année 2014 a d'ailleurs marqué pour Eiffage Métal et sa filiale Eiffage Nigeria le point d'orgue d'un chantier majeur : la construction puis le raccordement en mer, au large des côtes de Port Harcourt au Nigeria, du quartier d'habitation de la plateforme pétrolière offshore Ofon.

Les équipes de l'entreprise ont construit, livré puis installé pour le compte de Total, associé à la compagnie nationale NNPC, ce véritable hôtel flottant de 7 000 t - le poids de la Tour Eiffel. □

1- **RPE** : Réserve Pays Emergents. Peuvent bénéficier de ces fonds des entités publiques dans des pays éligibles à l'aide liée et des projets d'infrastructures qui ne seraient pas viables économiquement s'ils étaient financés aux conditions de marché, ces mêmes projets devant répondre aux besoins de développement économique durable des pays bénéficiaires.

2- **BPL** : ligne à grande vitesse Bretagne - Pays de Loire.

3- Ben Laden Group est une grande entreprise de BTP saoudienne fondée par le père d'Oussama Ben Laden. L'un de ses projets en cours est d'ériger une tour de 200 étages, plus haute de 170 m que l'actuelle détentrice du record, la Burj Khalifa à Dubaï.

4- **FASEP** : Fonds d'étude et d'Aide au Secteur Privé.

© EIFFAGE BRANCHE INFRASTRUCTURES



8

© EIFFAGE BRANCHE INFRASTRUCTURES



9



1 © YVAN FILLOIS

BALINEAU SYNERGIE DE COMPÉTENCES DANS L'EAU ET SUR TERRE

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

L'ENTREPRISE BALINEAU EXERCE SON ACTIVITÉ PRINCIPALEMENT DANS TROIS DOMAINES : LES TRAVAUX NAUTIQUES, LES FONDATIONS SPÉCIALES ET L'AMÉLIORATION DE SOLS. ELLE PEUT INTERVENIR TANT AU STADE DE LA CONCEPTION QUE DE LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES, DE LA RÉALISATION CLÉS EN MAIN DES PROJETS, QU'À LA SOUS-TRAITANCE DES TRAVAUX SPÉCIAUX FAISANT APPEL À SES COMPÉTENCES PARTICULIÈRES. LA MAÎTRISE DE SES TECHNIQUES REPOSE SUR UNE EXPÉRIENCE DE PLUS DE 35 ANS ACQUISE EN FRANCE MÉTROPOLITAINE MAIS ÉGALEMENT À L'EXPORT. HERVÉ DUPLAINE, SON PRÉSIDENT, MET ICI EN ÉVIDENCE LES PARTICULARITÉS QUI LA CARACTÉRISENT DANS LE DOMAINE CE QU'IL EST CONVENU D'APPELER LES « TRAVAUX SPÉCIAUX », QU'ILS SOIENT TERRESTRES OU NAUTIQUES.

Basée à Pessac, près de Bordeaux, Balineau emploie 55 personnes et réalise un chiffre d'affaires de l'ordre de 20 millions d'euros se répartissant à 20% dans la région Aquitaine, 60% dans l'ensemble des DOM-TOM et 20% à l'international. Elle est intervenue depuis 1994 dans une vingtaine de pays, la plupart du temps en coopération avec les implantations locales du groupe Soletanche Bachy, dont elle est une filiale à 100% depuis 2011. Cette collaboration à l'international, mais aussi en France, concerne essen-

tiellement les travaux nautiques et les chantiers d'amélioration de sols. Il s'agit là d'une mutualisation significative de compétences dont nous donnons quelques exemples pratiques dans ce reportage.

« *Les grandes spécialités de Balineau sont les travaux nautiques et les fondations spéciales*, indique Hervé Duplaine, *et s'il s'avère d'ailleurs que les travaux nautiques sont souvent des fondations spéciales faites sur l'eau, telles que les battages de mieuX métalliques et de palplanches, par exemple. Nous leur*

1- Appontement dans l'archipel des Saintes à la Guadeloupe.

avons ajouté de façon plus significative un composante d'amélioration de sols sous la forme de drains verticaux qui faisait d'ailleurs déjà partie du savoir-faire d'origine de l'entreprise ».

Cette activité a été largement développée depuis plusieurs années. Lorsque ces compétences en travaux nautiques et en amélioration de sols sont mixées, elles permettent de dégager des solutions originales, d'autant que s'y ajoute une troisième compétence, celle des fondations spéciales.

« *De ce fait, cette association de compétences nous permet de ne rien nous interdire*, précise Hervé Duplaine. *Nous sommes toujours à la recherche de solutions nouvelles qui nous permettent de nous démarquer ».*



© BALINEAU
2

3

« Dans le domaine des drains verticaux, par exemple, nous sommes capables d'en réaliser jusqu'à une profondeur de 45 m, de les faire sur l'eau, de les installer par vibrofonçage, ce qui est très intéressant lorsqu'il s'agit de franchir des couches dures. Notre panel dans ce domaine est unique. Nous disposons à cet effet d'un matériel spécifique d'origine suédoise que nous avons modifié dans les règles de l'art afin de le rendre conforme à la réglementation ». L'un des chantiers de « niche » auquel s'intéresse tout particulièrement l'entreprise est le forage en terrain dur sur lequel les interventions sont souvent délicates.

GUYANE : FORAGES DANS DE LA DIORITE

Balineau a mis en œuvre cette compétence avec succès sur deux chantiers dans le port de Dégrad-des-Cannes, près de Cayenne, en Guyane : sur le quai n°1 du port de commerce et sur l'apportement pétrolier avec la reconstruction de trois nouveaux ducs-d'Albe de 1 000 mm de diamètre.

Ce chantier a nécessité la réalisation d'ancrages dans un substratum de roches éruptives et cristallines de type diorites à gros grains noirs et blancs, d'une résistance à la compression de 180 MPa, à l'aide d'un « cluster-drill » en diamètre 1,20 m.

Dans le contexte géologique de l'ouvrage, il n'était pas envisageable de réaliser l'ancrage des ducs-d'Albe avec des outils classiques tels que trépan et benne.

Le procédé de forage avec *cluster drill* ayant été mis en œuvre avec succès lors de la réhabilitation du quai n°1, il a été reconduit pour l'apportement pétrolier selon le même principe : une gaine perdue en diamètre 1 400 mm est vibrofoncée, puis curée au trépan émulseur jusqu'à la roche saine.

2- Apportements pour bateaux de plaisance à l'Étang-Z'Abri-cots à Fort-de-France.

3- Travaux de prolongement du quai Croisière à Fort-de-France.

4- Hervé Duplaine, président de Balineau.

Ensuite, le forage dans la roche est réalisé à l'aide du *cluster drill* regroupant 9 marteaux-fond-de-trou équipés de taillants de 8". À l'issue du forage, le tube définitif est mis en place puis scellé au béton sur la hauteur du rocher. Dans une deuxième phase, l'espace annulaire entre la gaine perdue et le tube du duc-d'Albe est rempli au coulis jusqu'au terrain naturel.

À noter que ces travaux étaient soumis aux contraintes d'exploitation de

l'apportement pétrolier, principal poste d'approvisionnement d'hydrocarbures de la Guyane.

LES COMPÉTENCES DU GROUPE

D'une manière générale, l'entreprise s'efforce d'utiliser au maximum les compétences présentes dans le groupe Soletanche Bachy.

Par exemple, elle n'hésite pas à s'appuyer sur sa filiale canadienne Birmingham dans le domaine des forages en circulation inverse. De la même manière, elle intervient de concert avec la filiale espagnole Rodio Kronsa de Soletanche Bachy, spécialisée dans les pieux battus préfabriqués.

Sur la LGV SEA, pour la traversée de la plaine alluviale au nord de la Dordogne dans la zone du marais de la Virvée, elle a réalisé avec elle des inclusions rigides dans des tourbes de forte épaisseur. Il était prévu à l'origine un ouvrage d'art sur pieux qui a été remplacé par une variante en remblai plus économique. Mais la nature du sous-sol ne permettait pas la réalisation d'inclusions rigides forées-refoulées classiques.

« En effet, le sol en place était caractérisé par une couche de tourbe de plus de 4 m d'épaisseur, précise Hervé Duplaine, présentant une très faible cohésion. Dans le cadre des inclusions rigides forées/refoulées bétonnées en place, en présence d'une forte épaisseur de tourbe de faible cohésion, la tourbe a tendance à fluer sous le poids du béton frais qui se disperse ainsi dans le sous-sol. Dans le cas précis, afin d'éviter ce problème, il s'est avéré nécessaire de réaliser des inclusions préfabriquées pour éviter le fluage du matériau de l'inclusion rigide. Nous avons associé notre bonne connaissance des techniques d'amélioration de sols au savoir-faire de l'entreprise espagnole dans le domaine des pieux battus de structure ».

© MARC MONTAGNON



4

BALINEAU : LES DATES-CLÉS

1928 - L'entreprise est créée en 1928 par Roger Balineau et se consacre alors aux travaux nautiques et aux battages de pieux et de palplanches.

1978 - Chantiers Modernes reprend l'activité de l'entreprise Veuve Roger Balineau et la fusionne avec son département « fondations spéciales ». Ce qui explique la double orientation, toujours d'actualité, « travaux maritimes » et « fondations spéciales » de Balineau.

1984 - L'activité « fondations spéciales » de Chantiers Modernes est transférée à l'entreprise Balineau.

1994 - Bachy devient l'actionnaire majoritaire avec 51 % du capital, Chantiers Modernes en gardant 49%.

2011 - Soletanche Bachy rachète les parts de Chantiers Modernes et devient l'actionnaire unique. Par souci de simplification administrative, Balineau évolue en Société par Actions Simplifiée (SAS) début 2012.

Depuis cette date, elle est présidée par Hervé Duplaine qui en était déjà directeur général depuis 2008.



5



6



7

5- Chantier d'extension du port de Sept-Îles au Québec, sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent.

6- Le ponton monobloc « Garonne » de 37 m x 20 m pouvant accueillir une grue de 350 t.

7- Fonçage de pieux métalliques dans le port de Sept-Îles pour assurer, notamment, le transport de fer du Labrador et de l'aluminium.

8- L'un des pontons modulaires conteneurisables composé de flotteurs assemblables dont dispose l'entreprise.

Autre exemple de la synergie de compétences dans le groupe : Balineau a fourni l'assistance nautique à Cosea (LGV - SEA) pour les différents déplacements de l'équipage mobile assurant la construction des voussoirs du viaduc sur la Dordogne. Une démarche identique est remise en œuvre pour la construction du pont sur le Wouri à Douala, au Cameroun.

Il arrive également à Balineau de collaborer avec des entreprises de sondages géotechniques auxquelles elle met à disposition ses moyens nautiques pour réaliser des essais sur l'eau.

FORT DE FRANCE : LE COMPACTAGE REMPLACE LE DRAGAGE

À Fort-de-France, en Martinique, l'entreprise, après avoir réalisé au début des années 90 la construction de l'ouvrage dit « quai Croisière », a participé depuis aux différentes améliorations et extensions dont il a fait l'objet.

Cet ouvrage présente la particularité d'être situé en dehors des autres installations portuaires de Fort-de-France et permet ainsi un accès direct des navires de croisière au centre-ville.

La taille des paquebots de croisière étant en continuelle augmentation, leurs infrastructures d'accueil doivent être améliorées en termes de tirant d'eau et de capacités d'accostage et d'amarrage.

Le quai Croisière a été allongé et ses capacités renforcées en 2012. Des travaux complémentaires ont été néces-

saires en 2014 pour faire passer les fonds marins de -9,50 NGH à -10 NGH sur une surface d'environ 1 000 m² afin d'accueillir des paquebots plus importants dont le tirant d'eau n'était plus compatible avec la bathymétrie des fonds marins à proximité de l'appontement.

Pour ces travaux effectués entre deux escales de paquebots, c'est-

à-dire dans le délai impérativement court de 10 jours, Balineau a proposé une solution d'augmentation du tirant d'eau par compactage par vibrations des 5 m supérieurs du fond marin en lieu et place d'un dragage conventionnel.

En effet, les fonds marins à proximité de l'appontement sont composés de blocs madréporiques présentant un

indice de vides élevé et de sables coralliens lâches d'une granulométrie compatible avec un compactage par vibrations.

Cette solution présentait en outre l'avantage d'utiliser des moyens nautiques et de battage déjà présents en Martinique. Seul était à construire l'outil de battage spécifique : un tube métallique de 711 mm de diamètre extérieur



8

9- Le cluster drill de diamètre 1 200 mm mis en œuvre sur le port de Dégrad-des-Cannes en Guyane, pour l'extension du quai n°1 du port de commerce et de l'apponement pétrolier.

10- L'atelier d'amélioration de sol RIC de 150 Kj sur le quai de 135 m, avec cale d'embarquement / débarquement dont dispose Balineau en bord de Garonne à Bordeaux Brazza.

11- Une halte nautique pour la plaisance au large de Blaye, dans l'estuaire de la Gironde.



9 © BALINEAU



10 © BALINEAU

permettant d'avoir un diamètre d'outil de 1,70 m. Cet outil était installé sur un ponton monobloc de 34 m de longueur, équipé notamment d'une grue de 90 t et deux vibreurs PTC 25 H et ICE 416, permettant la mise en vibration de l'outil en suspension. L'objectif d'une cote à -10 m NGH a été largement respecté. « L'utilisation de techniques de compactage par vibrations peut remplacer avantageusement un dragage, précise Hervé Duplaine, lorsque les épaisseurs de sédiments à draguer sont faibles et que leur nature est sableuse. Cette technique permet notamment de pas

générer de déchets tels que les sédiments de dragage et de se passer de l'autorisation de dragage puisque celui-ci est évité. Par ailleurs, pour de faibles quantités à draguer, l'économie du projet s'en trouve grandement améliorée ».

**AUX ANTILLES :
DES INCLUSIONS BATTUES
PRÉFABRIQUÉES**

La même démarche de solution alternative innovante est actuellement mise en œuvre sur une opération en cours aux Antilles.

Après avoir participé au début des années 2000 à la construction d'une première phase, Balineau a obtenu, en groupement avec une autre entreprise, un marché d'extension de quai en proposant une solution différente de celle définie par le bureau d'études géotechniques qui était la technique de colonnes ballastées réalisées en offshore avec des moyens nautiques. Elle a été remplacée par une technique pouvant être réalisée à l'avancement avec des moyens terrestres consistant en des inclusions battues préfabriquées en béton, dont le coût est sensiblement

inférieur à celui de la solution de base. « Même si nous sommes une entreprise de travaux nautiques, précise à ce sujet Hervé Duplaine, nous sommes également capables de proposer des solutions terrestres dans la mesure où elles sont plus économiques. Notre but est toujours de trouver la meilleure solution pour le client ».

**LA CROISIÈRE FLUVIALE
A LE VENT EN POUPE**

Dans la région Aquitaine proprement dite, dans laquelle elle réalise 20 % de son chiffre d'affaires, Balineau a effectué récemment plusieurs interventions liées au développement de la croisière fluviale.

« Quatre compagnies de croisière fluviale se sont installées sur la Garonne et sur la Dordogne, indique Hervé Duplaine, ce qui a généré un besoin de points d'accostage supplémentaires. Nous en avons réalisé plusieurs depuis deux ans, dans Bordeaux même, mais aussi à Cadillac et à Cussac, et nous entamons fin 2015 les travaux du ponton d'accostage de la Cité des Civilisations du Vin, située en bord de Garonne, à quelques minutes du cœur historique de Bordeaux ».

Balineau a également construit le ponton dit « d'honneur » sur lequel a accosté l'Hermione avant son départ pour l'Amérique.

Le développement de la croisière fluviale a généré la construction de plusieurs pontons dont la structure est réalisée par une entreprise de construction ▽



© BALINEAU

11

métallique tandis que Balineau installe les pieux-guides, les ducs-d'Albe ainsi que l'ensemble des équipements nautiques et la mise en place du ponton proprement dit.

Dans le port de Bordeaux, dont l'activité est malheureusement peu intense en raison de sa position excentrée au fond de l'estuaire de la Gironde, Balineau réalise le nouveau poste d'accostage des remorqueurs à Bassens, après avoir participé dans le passé, il est vrai, à la construction de la quasi-totalité des quais.

« C'est d'ailleurs grâce à cette présence que l'entreprise a été appelée très rapidement à travailler dans les Antilles, précise Hervé Duplaine, car le Port Autonome de Bordeaux, à l'époque où il disposait d'un bureau d'études important, officiait comme conseiller technique du port de Fort-de-France et assurait la maîtrise d'œuvre de ses travaux. Par ce biais, nous avons développé une activité intense en Martinique et en Guadeloupe ainsi qu'en Guyane. Nous disposons d'ailleurs d'une implantation permanente en Guadeloupe ».

D'une manière générale, l'entreprise est intervenue et intervient en quasi-permanence dans l'ensemble des DOM-TOM : travaux d'amélioration de sols à Mayotte, dans l'Océan Indien, avec la construction du terminal d'hydrocarbures de Longoni et les fondations des cuves de stockage de Total (gaz et carburants) également à Longoni, prolongement du poste 8 du quai principal du port de Nouméa, en Nouvelle Calédonie, chantier à épisodes dont 50 % des travaux ont déjà été réalisés mais dont la poursuite est actuellement liée à une procédure administrative en cours d'examen.

L'un des problèmes auxquels était confrontée l'entreprise jusqu'à ces dernières années lorsqu'elle effectuait



12

UN PARC DE MATÉRIEL ADAPTÉ

Une entreprise de travaux maritimes et de fondations spéciales est indissociable de son parc de matériel.

Sans entrer dans le détail de sa nomenclature, quelques références mettent en évidence la spécificité de celui de Balineau :

- 6 machines de forage de 40 à 65 t,
- 10 grues sur chenilles de 40 à 180 t,
- 2 porteurs de battage ABI de 45 t avec vibrofonneur,
- 9 marteaux hydrauliques et vibrofonneurs IHC, BSP et PTC,
- 5 moutons Diesel de 1,2 à 5 t de masse frappante,
- 5 mâts drain statiques et vibrants de 11 à 45 m,
- 4 pontons monoblocs pour grues de 65 t à 350 t,
- 1 200 m² de pontons modulaires.

des travaux nautiques loin de ses bases était celui du coût de transport du matériel.

Sa capacité de projection à l'export s'est développée énormément car elle a réalisé des investissements lourds dans pontons modulaires conteneurisables ainsi que dans des mâts de forage à drains également conteneurisables. Elle dispose ainsi de 1 200 m² de pontons modulaires.

Un service logistique bien rodé lui permet ensuite d'être toujours performante même loin de son siège.

QSE : UNE IMPLICATION DE LONGUE DATE

Balineau a toujours été une entreprise impliquée en matière de qualité, de prévention et d'environnement.

Dès l'annonce de la version 2000 du référentiel ISO 9001, elle s'est reconnue dans cette nouvelle approche basée sur la satisfaction du client et l'amélioration continue.

« Nous avons construit notre propre système de management de la qualité

12- Forage de drains verticaux de 35 m de hauteur à Montoir-de-Bretagne, en Loire Atlantique.

13- Chantier du ponton d'honneur dit « Richelieu » à Bordeaux, avec trépan émulseur.

14- Travaux d'extension du quai des avisos de la base navale de Fort-de-France, aux Antilles.



13



14



15

© BALINEAU

à partir de nos modes de vie et obtenu la certification de ce système en 2001, indique Hervé Duplaine. Cette certification a depuis été suivie annuellement et renouvelée tous les trois ans. Après une amélioration constante et spectaculaire de nos résultats en matière de prévention entre 1994 et 2001, la volonté de tendre vers le zéro accident et l'expérience acquise en matière de systèmes de management nous a tout naturellement amenés à construire également un système de management de la prévention et de la santé au travail, conforme au référentiel OHSAS 18001. Ce système a été certifié en 2007 et maintenu également depuis ».

Soucieuse de l'impact de son activité sur l'environnement, Balineau a également construit un système de management de l'environnement, qui a été certifié selon le référentiel ISO 14001 en juin 2012.

La société a finalisé l'intégration des trois systèmes Qualité, Sécurité et Environnement en un système unique QSE début 2013, et s'est vu obtenir

15- Travaux de dragage dans le port de Nouméa, en Nouvelle Calédonie.

16- Battage d'un rideau mixte de palplanches sur le quai Castel dans le port de Bayonne.

17- Important chantier de pieux battus sur l'un des sites de la SARA (Société Anonyme de la Raffinerie des Antilles), à la Martinique.

la triple certification en juin de cette même année.

Les aspects "développement durable", évoqués dans la norme ISO 26000, sont également au cœur des réflexions de l'entreprise.

INNOVATION : UNE RECHERCHE PERMANENTE

« Nous sommes toujours à la recherche d'innovations, indique en conclusion Hervé Duplaine. Nous travaillons actuellement sur les remblais à base de sédiments marins allégés, avec la collaboration d'une doctorante sous convention CIFRE⁽¹⁾ en liaison avec l'Université de Bordeaux ».

L'objectif est de valoriser les matériaux de dragage dont le clapage en mer n'est plus autorisé et qu'il convient donc de ramener à terre afin, soit de les stocker, soit de les valoriser. Le coût du foncier en bord de mer où sont prélevés ces sédiments de dragage étant généralement très élevé, il faut essayer de les valoriser au mieux. Ce que s'efforce de faire Balineau sur la base d'observations faites sur des chantiers en Asie où cette technique est pratiquée couramment.

« Nous avons décidé d'engager une recherche sur trois ans afin de maîtriser la formulation de ces "LWFS" (Light Weight Foam Soil). Le but est de récu-

pérer ces matériaux de dragage, d'y incorporer du ciment et de la mousse et de réaliser un sol léger, d'une densité de l'ordre de 1,2, dont la cohésion est assurée par la présence du ciment. Ce type de sol peut alors être utilisé comme matériau de remblai, par exemple, d'un quai. Ainsi, l'économie réalisée sur les soutènements permettrait de financer une partie du coût du traitement ».

Une telle technique est particulièrement intéressante dans la région Aquitaine où, dans le bassin d'Arcachon en particulier, sont effectués en permanence de nombreux dragages d'entretien de ports. Elle permettrait de valoriser intelligemment les sédiments marins fins ce qui permettrait parallèlement d'améliorer les conditions de navigation et d'accostage de nombreux plaisanciers. □

1- CIFRE : La Convention Industrielle de Formation pour la recherche CIFRE permet aux entreprises de bénéficier d'une aide financière pour recruter de jeunes doctorants dont les projets de recherche, menés en liaison avec un laboratoire extérieur, conduiront à la soutenance d'une thèse.



© BALINEAU

16



17



© KWADRAT ARCHITECTURAL DESIGNER ARCHIVE

ONE OF THE BIGGEST UNDERWATER CONCRETE POURS IN THE WORLD - CONSTRUCTION OF THE WORLD WAR II MUSEUM IN GDAŃSK USING DREDGING AND UNDERWATER CONCRETING TECHNIQUES

WRITER: HUBERT TOMCZAK, OPERATIONS DIRECTOR, SOLETANCHE POLSKA

TECHNICALLY CHALLENGING, THE CONSTRUCTION OF THE WORLD WAR II MUSEUM IN GDAŃSK INVOLVED SPECIAL FOUNDATION AND UNDERWATER CONSTRUCTION TECHNIQUES AS PRACTICALLY ALL THE STRUCTURE IS BELOW THE EXISTING GROUND LEVEL. SOLETANCHE POLSKA THEREFORE DESIGNED AND BUILT ONE OF THE MOST EXTRAORDINARY CONSTRUCTION PITS EVER IN POLAND AND PROBABLY IN THE WORLD. THIS OUTSTANDING PERFORMANCE EARNED SOLETANCHE POLSKA THE 2014 TYTAN PRIZE AWARDED BY THE POLISH FEDERATION OF FOUNDATION CONTRACTORS.

The city of Gdańsk is located by the Bay of Gdańsk on the southern coast of the Baltic Sea. It is one of the most magical places in Poland. The city has over a thousand years of history and a population of approximately half a million inhabitants. It features fascinating examples of eye-catching urban architectural styles.

The most famous souvenirs from Gdańsk are products made from amber (especially unique, manually crafted jewelry). With its characteristic architecture and its unique atmosphere, Gdańsk is a popular tourist attraction,

with guests travelling from all over the world to admire its beauty. Gdańsk is also well-known for international fairs, and the shipyard is a historic symbol of the city. It is the cultural, scientific and economic centre of Northern Poland and the city symbolising the outbreak of World War II and the collapse of communism.

At present, a World War II Museum is being built in Gdańsk to portray World War II in a unique way, from the perspective of both ordinary people and political history.

From an engineering perspective, the Museum has created a huge challenge

1- View of the future museum building.

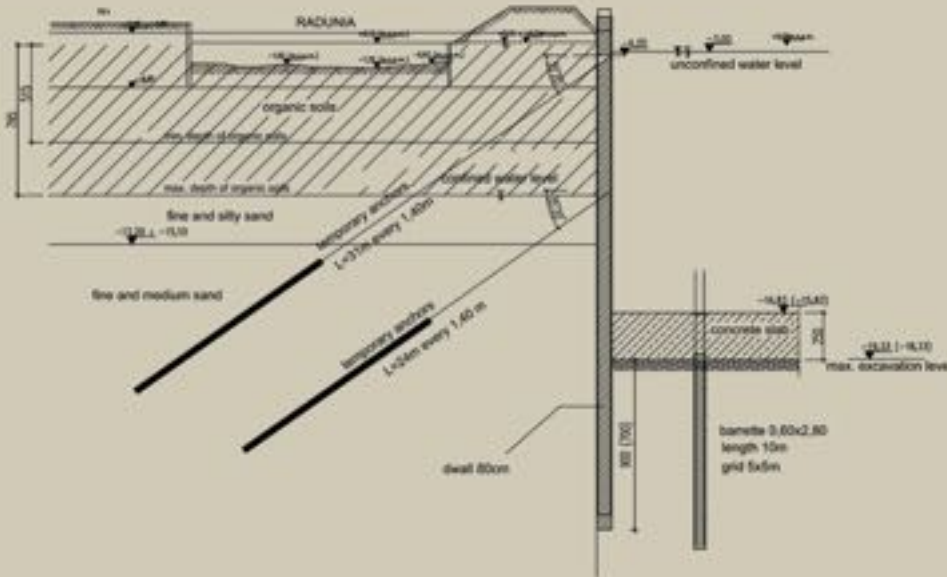
1- Vue d'artiste du musée.

for contractors. Construction is practically all under the groundwater level, and the uplift pressure is not balanced by the weight of the building. The museum building will be constructed on an area exceeding 17,000 m², with

the vast majority, 14,300 m², being located 15 m underground. The structure resembles a submerged submarine (figure 1) with only the tower protruding above ground. The tender for construction of the Museum was divided into two packages, corresponding to two stages. Stage I of the work tender included excavation of the pit using dredging and underwater concreting techniques. Stage II of the tender was for construction of the building itself inside the pit.

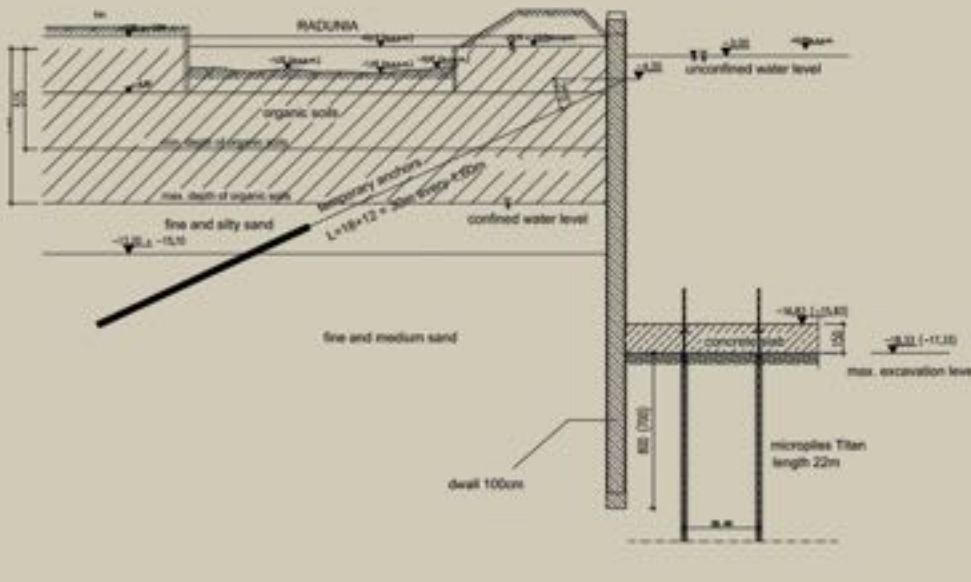
The contractor selected for Stage I of the works was Soletanche Polska sp. z o.o. Due to the complexity of the project,

TYPICAL CROSS SECTION FROM THE BASIC TENDER DESIGN



2

EQUIVALENT SOLUTION CROSS SECTION



3

only two bids were submitted for Stage I out of 10 potential bidders. Soletanche Polska won the tender with a solution equivalent to the basic tender design (figure 2) thanks to the experience of the Soletanche Bachy Group and the know-how of the sister companies Nicholson, Birmingham and Balineau. The technical design of the fully equivalent solution consisted of diaphragm walls with temporary ground anchors, self-drilling micropiles and a concrete plug. The design was performed by Soletanche Polska's in-house designers (figure 3). The scope of works covered by the

2- Typical cross section from the basic tender design. 3- Equivalent solution cross section.

2- Section type extraite de l'avant-projet préliminaire.
3- Coupe transversale d'une solution équivalente.

first stage of construction included:

- Site preparation (removal of existing foundations, etc.);
- Construction of diaphragm walls;
- First part of earthworks performed in dry conditions with excavators;
- Temporary ground anchors installed in order to maintain diaphragm walls' stability;
- Filling the pit with water;
- Performing the remaining excavation with a dredging method (also known as "silting");
- Self-drilling micropiles constructed from barges in order to anchor the concrete plug;

- Underwater pouring of the concrete plug: 25,000 m³, which is a record;
- Pumping the water out of the pit; and then, continuation of erection of the building (Stage II).

EXECUTION OF STAGE I DIAPHRAGM WALLS

Diaphragm walls one metre thick (figure 4) were constructed using the CWS® (Continuous Water Stop) technology.

It is crucial to ensure maximum water tightness for projects where high groundwater levels are encountered and where the neighbours are very close to the property limits. In the soil, after the trench was excavated under slurry, the steel cages were installed and the CWS® stop-end elements were inserted.

Concreting operations were carried out using full-length tremie tubes with concrete filling the panels from the bottom and displacing the support fluid for reuse (figure 5).

TEMPORARY GROUND ANCHORS

In order to ensure the stability of the diaphragm wall, one level of temporary ground anchors was installed after the dry part of the excavation work was finished. Anchors were executed with a double drilling system (figure 6; rods and casing) using air pressure for flushing the drilled spoil.

EXCAVATION OF THE PIT

Phase I - Traditional excavation was first carried out in dry conditions in order to reduce the amount of soil having to be removed by dredging (figure 7).

Phase II - (figure 8) After the pit had been filled with water, two types of dredgers were used - one for the sandy soils (using a water jet to remove spoil) and one for the silty and clayey soils (mechanical cutter dredger). During dredging, difficulties were encountered due to a stone layer found on part of the excavation. This stratum was removed by a long-reach backhoe excavator (figure 9), mounted on a floating barge and working simultaneously with dredgers to help achieve a sufficient volume of excavated spoil per working day. Dredged spoil mixed with water was transported to the special reclamation area (figure 10) rented nearby the construction site. Drained water from the spoil was transported back to the site. A special combination of pumps and pipes was used.



4- Performing diaphragm wall excavation.

5- Concreting a diaphragm wall panel.

6- Drilling of temporary ground anchors.

7- View of construction site during classic dry excavation.

8- View of construction during silting.

4- Réalisation des fouilles en paroi moulée.

5- Bétonnage d'un panneau de paroi moulée.

6- Forage des ancrages provisoires.

7- Vue du chantier lors de la phase de terrassement classique.

8- Vue de la construction pendant le dragage.

SELF-DRILLING MICROPILES

Self-drilling micropiles were constructed to anchor the concrete plug and future foundation plate of the building to resist the water uplift.

Micropiles were installed with a standard rotary percussive drill rig using a grout flush to stabilise the annulus, thereby eliminating the use of casings.

The drilling rods were also the steel bars constituting the micropile reinforcement itself.

This type of anchorage generates little noise and vibration, and allows mini-rigs to drill small-diameter holes with very little spoil production. The grout provides friction in the soil, and corrosion and buckling resistance.

Micropiles were constructed from floating units using divers.

Before execution of the micropiles, six preliminary tests were performed. After execution of micropiles from special barges, three underwater working tests (according to the Polish Standard) were performed to verify the design calculations.



CONCRETE PLUG - UNDERWATER CONCRETING

A concrete plug was formed using an underwater concreting method and the patented "Dobber" technology (figure 11). This method relies on tremie pipes used for underwater concreting and attached to a floating guide which maintains them in a vertical position. A heavy disc weighing around 1200 kg is connected to the steel pipe and a floater. The floater height is adjusted by hand-cranked winches and the steel pipe is blocked by a simple braking system. It is placed at the bottom of the excavation and then raised a little as the concreting starts. A charging hopper (Tremie) was fitted to the upper section of the pipes, and concrete was supplied through the hopper from pumps at the start of concreting.

In the next phase, the outlet pipe of the concrete pump was inserted directly into the tremie pipe.

The system (figure 11) is designed to sink but also, thanks to the floater, to be

9- Removal of obstacles by long-reach excavator on barge.

10- Reclamation area for wet spoil.

11- Dobber system.

9- Enlèvement d'obstacles par une pelle à bâti long montée sur barge.

10- Zone de revalorisation de déchets humides.

11- Procédé Dobber.

light enough (100 to 150 kg) so that the concrete can raise it up. Spreading is performed by means of the disc.

Once the targeted height is reached, the system is moved horizontally by winches in steps of 2 to 3 metres. Although the concrete does not flow immersed in concrete ("fresh in fresh"), it flows right to the surface of the concrete as the disc is permanently touching its top. The concrete height is checked by the man on the barge, using a weighted measuring tape.

Once concrete pouring starts, the water rises inside the excavation. It is necessary to remove this water, not only because of the volume being pumped, but also to keep a balance of pressure between the inner box and the outside. If there were places beyond the range of the pumps based on land, concreting was performed from additional pumps set up on a floating platform and supplied via concrete lines on the shore (figure 12). In order to ensure the continuity of

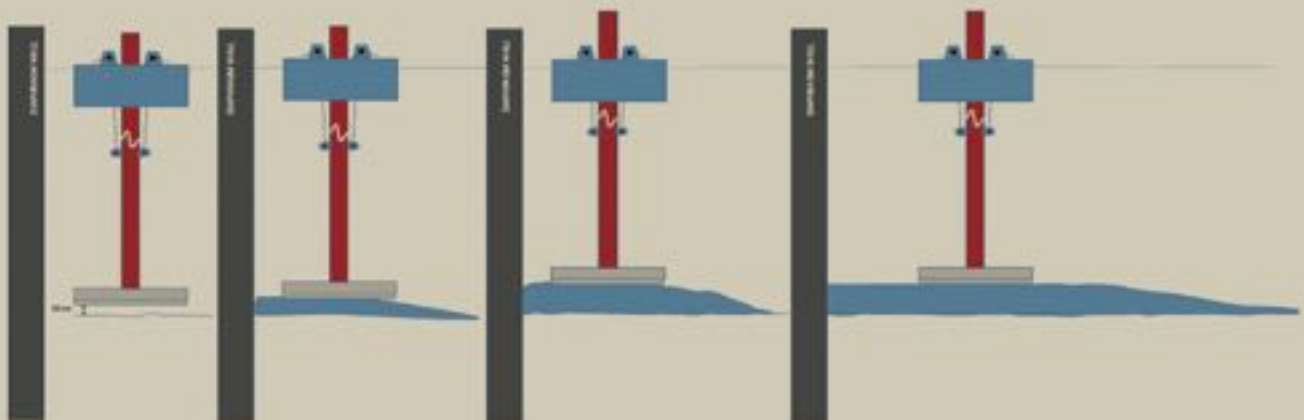
concreting, pumps were set up in appropriate locations before starting concreting of the final sections of the plug. Four concrete batching plants, up to 50 concrete trucks and 5-6 pumps ensured a continuous supply.

The floating platform staff measured and controlled the level of concrete so that the target thickness of the plug was not exceeded. Inlet pipes were moved to the next location using a hoisting winch anchored to rafter plates mounted on the diaphragm walls. The plug was concreted in strips using two concreting units which moved from the diaphragm walls to the centre of the construction at a uniform rate, and in a way which ensured continuous concreting and a uniform structure.

The following measurements were continually monitored and recorded during the concreting process:

- Water level in the excavation;
- Location of inlet pipes;
- Concreting speed;
- Concrete level.

DOBBER SYSTEM



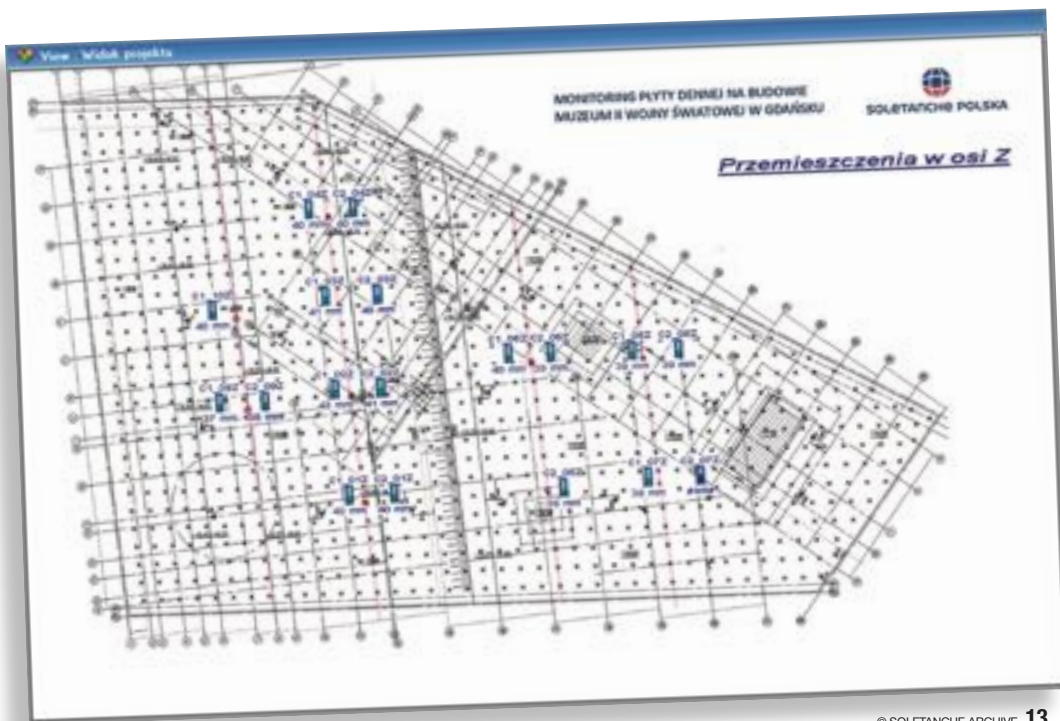
© SOLETANCHE ARCHIVE

11



12

© SOLETANCHE ARCHIVE



© SOLETANCHE ARCHIVE 13

- 12- View of the construction site - Pumping concrete from a pump on shore to the pump on the floating platform.
- 13- Plan of monitoring points.
- 14- View of the construction site after dewatering and cleaning of the plug.
- 15- View of plug with micropile steel heads and lean mix.

- 12- Vue du chantier - Pompage de béton par une pompe sur la rive vers la pompe installée sur le ponton flottant.
- 13- Plan des points de contrôle.
- 14- Vue du chantier après mise à sec et nettoyage du bouchon.
- 15- Vue du bouchon avec têtes métalliques de micropieu et béton maigre.

MONITORING OF THE CONCRETE PLUG

One of the most important issues during project lifetime was to monitor movements of the plug during dewatering of the pit, covering the plug with lean concrete, and execution of the

foundation raft. An automatic “Cyclops” device and manual surveying allowed us to check movements of the plug in real time and also to monitor the water table outside and inside the pit. Soldata (a monitoring company from the Soletanche Bachy Group) provided

a good service by monitoring the measurements, reporting all changes in real time (figure 13). Observed vertical movements of the concrete plug and also the horizontal movements of the anchored diaphragm wall were within the limits stipulated by



14



15

© SOLETANCHE ARCHIVE



the designers in the technical design. Many specialist subcontractors worked as an integrated team with 70% of the works being undertaken from barges or underwater. Despite a particularly challenging schedule, teamwork and coordination allowed Soletanche Polska to execute the works without a single accident.

After pumping the water away, plug trimming and sealing of the concrete plug were performed (figure 14) to

16- View of the future museum building.

16- Vue d'artiste du musée.

allow the next contractors to start their works (lean mix, foundation raft). At the same time number 914 steel heads were installed on the micropiles to connect the future concrete foundation slab with the building's vertical anchoring system (figure 15).

Underwater concreting of the concrete plug to create a dry pit on the construction site of the World War II Museum was one of the biggest underwater concrete pours ever undertaken.

The amount of concrete cast in one go (around 25,000 m³) is not only a record but made the entire plug formation very complicated logistically. It demanded many months of preparation and the commitment of many dedicated professionals to the process to make it a success.

We hope to have more tourists from all over the world visiting Gdańsk and the WW2 Museum (figure 16) thanks to our major contribution. □



TECHNICAL QUANTITIES:

- Diaphragm walls – 509 linear metres, 1.0m thick, 509 lm, 27-28 m deep
- Capping beam, 509 linear metres
- Temporary ground anchors, each 27-30 m long, unit capacity 100 tonnes, 314 units
- Plug surface area around 14,300 m²
- Amount of extracted soil around 230,000 m³ (dry excavation 81,000 m³; dredging 151,000 m³)
- Number of micropiles (self-drilling Titan system) – 24-25 m, unit capacity 220 tonnes, No. 914
- 21 dewatering wells
- Volume of underwater concrete 24,721 m³
- Duration of main concreting 7 days (24 hours per day). There were also two small pours performed beforehand

ABSTRACT

UN DES PLUS GRANDS COULAGES DE BÉTON IMMÉRGÉ AU MONDE - CONSTRUCTION DU MUSÉE DE LA 2^e GUERRE MONDIALE À GDANSK GRÂCE À DES TECHNIQUES DE DRAGAGE ET DE BÉTONNAGE IMMÉRGÉ

HUBERT TOMCZAK, SOLETANCHE

La fouille destinée à abriter le bâtiment du musée a été réalisée selon les phases suivantes :

- Exécution des parois moulées sur le périmètre.
- Terrassement sur l'épaisseur hors d'eau et installation des ancrages de paroi.
- Dragage sur les 12 m suivants.
- Exécution, à partir de barges, de micropieux verticaux anti-soulèvement en fond de fouille.
- Coulage 25 000 m³ de béton immergé en continu pendant 7 jours.
- Pompage de 200 000 m³ d'eau pour mise à sec.

Si l'on tient compte de l'état des sols et de la nappe phréatique, ce chantier constitue une réussite remarquable qui, selon Soletanche Bachy, constitue un record mondial pour cette technologie. □

UNA DE LAS MAYORES COLADAS DE HORMIGÓN SUBMARINAS DEL MUNDO - CONSTRUCCIÓN DEL MUSEO DE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL EN GDANSK UTILIZANDO LAS TÉCNICAS DE DRAGADO Y HORMIGONADO SUBMARINO

HUBERT TOMCZAK, SOLETANCHE

La construcción del pozo subterráneo diseñado para albergar el recinto del museo se ha llevado a cabo en distintas fases:

- Ejecución de muros pantalla alrededor del perímetro.
- Excavación en seco e instalación de anclajes.
- Dragado de 12 m de suelo.
- Ejecución desde lanchas de micropilotes verticales para resistir la elevación del agua.
- Colada submarina continua de 25.000 m³ de hormigón durante 7 días.
- Extracción de 200.000 m³ de agua por bombeo para obtener un pozo seco.

Considerando el desafío extremo que han supuesto el barro y el agua subterránea, este proyecto constituye un éxito excepcional y Soletanche Bachy opina que ha logrado el récord mundial con este tipo de tecnología. □



1

© EIFFAGE INTERNATIONAL

EXTENSION DU TERMINAL À CONTENEURS DU PORT DE LOMÉ

AUTEURS : EDGAR COULOMB, DIRECTEUR MAGHREB/AFRIQUE DE L'OUEST, EIFFAGE INFRASTRUCTURES - AMMAR TRICHE, DIRECTEUR TECHNIQUE EIFFAGE INFRASTRUCTURES - LUC MOSCONE, CHEF DE PROJET, ARCADIS - HICHEM OUFFROUKH, DIRECTEUR DE PROJET, ARCADIS - CHRISTOPHE DEBEUF, CHEF DE PROJET, TOGO TERMINAL

APRÈS LA CONSTRUCTION D'UN 3^e QUAI DE 450 M ACHEVÉ FIN 2013, LE PROGRAMME DE MODERNISATION ET D'AGRANDISSEMENT DU TERMINAL À CONTENEURS DU PORT DE LOMÉ AU TOGO, MENÉ PAR LE CONCESSIONNAIRE TOGO TERMINAL (GROUPE BOLLORÉ), CONTINUE AVEC LES TRAVAUX D'EXTENSION ET D'AMÉNAGEMENT DU TERMINAL. AVEC UNE SURFACE PORTÉE À 30 HA, LES TERRE-PLEINS DE STOCKAGE, REVÊTUS D'UNE STRUCTURE DE CHAUSSÉE LOURDE, VERRONT L'ARRIVÉE DE RTG. UN NOUVEAU RÉSEAU ÉLECTRIQUE, UN COMPLEXE ENTRÉE/SORTIE PERFORMANT, DES BÂTIMENTS POUR LA MAINTENANCE VERRONT NOTAMMENT LE JOUR.

CONTEXTE DU PROJET

Les travaux de réhabilitation et d'extension des terre-pleins portés par Togo Terminal entrent dans le cadre du projet de développement du terminal à conteneurs situé dans le port autonome de Lomé.

Avant ces travaux, l'activité conteneurs du port était répartie sur 2 postes à quai de 250 m de longueur situés de part et d'autre d'un môle de 140 m de largeur avec un tirant d'eau d'environ 11 m. Les opérations de chargement/déchargement sur ces postes étaient assurées au moyen de grues mobiles Lhm et Gottwald.

Les terre-pleins associés, d'une superficie d'environ 11 ha, étaient exploités au moyen de *reach stackers*. Le projet de développement

du terminal comporte deux phases :

- La création d'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. La réalisation des travaux de dragage à -15 m afin de permettre l'accueil des navires de projet, à la fois le long du nouveau quai et à l'intérieur de la darse, est également incluse dans cette phase ;
- Une seconde phase portant sur les travaux d'extension et d'aménagement des terre-pleins existants afin de porter leur superficie totale à 30 ha.

Le présent article décrit la seconde phase de travaux.

1- Le nouveau poste à quai de Lomé et sa plateforme de stockage en exploitation.

1- The new Lomé berth and its storage platform in operation.

Ce marché comporte les lots de travaux suivants :

- Lot « Génie Civil » : terrassements, chaussées portuaires, assainis-

sement eaux pluviales et eaux usées, alimentation en eau potable, défense incendie, clôtures et autres ouvrages de génie civil ;

- Lot « Électricité - Courants forts & faibles » : installations de distribution HT et BT, installations d'éclairage et de sûreté de la plateforme ;
- Lot « Bâtiments » : création d'un atelier de maintenance des engins ainsi que ses bureaux, construction d'un bâtiment pour personnel, d'une station de lavage, de guérites ;
- Lot « Électricité - Centrale de production autonome d'énergie électrique pour le secours. À noter que ce lot a été confié à l'entreprise Sdmo intervenue en parallèle du Groupement Eiffage.



2

© ARCADIS



3

© TOGO TERMINAL

MODERNISATION DE L'EXPLOITATION DE LA PLATEFORME

Le principe d'exploitation retenu pour le terminal est d'effectuer les opérations de chargement et de déchargement des navires au moyen de 5 portiques sur rails.

Le parc de stockage est opéré au moyen de RTG et de camions (figure 2). Le plan d'aménagement présente une plateforme de stockage comportant 21 lignes RTG (Rubber Tyred Gantry Cranes). Les lignes de stockage présentent 7 conteneurs en largeur sur 5 niveaux. Au total, ce principe de densification permet de stocker environ 19 000 EVP sur le terre-plein et 500 reefers sur des emplacements dédiés.

L'utilisation de *reach stackers* est maintenue en appui aux RTG et portiques mis en œuvre et dans les zones de stockage annexe.

Les voies de circulation pour camions créées entre les lignes RTG sont en double sens (2x1 voie ou 2x2 voies) et présentent une largeur de circulation de 3,5 m. Elles permettent d'assurer un trafic fluide entre les lignes de stockage.

2- Plan d'aménagement du projet.

3- Construction d'une unité de traitement des eaux pluviales.

4- Mise en œuvre des pavés en béton.

5- Revêtement fini du bord à quai.

2- Project development plan.

3- Construction of a rainwater treatment unit.

4- Placing concrete paving blocks.

5- Finished surfacing of the quayside.

Le complexe entrée/sortie du terminal a été conçu de façon à fluidifier la prise les flux de camions avec deux voies d'entrée et quatre de sortie, ainsi que des voies dédiés aux véhicules légers.

La conception du terminal placé sous zone de douane a mis l'accent sur les aspects sécurité et contrôle d'accès avec notamment :

- Un mur éclairé la nuit de 4,5 m de hauteur surmonté de barbelés, clôturant complètement les terre-pleins ;
- Un système de vidéo-surveillance centralisé et piloté depuis le bâtiment Poste Central Sécurité (PCS) et comportant des caméras dômes sur les mâts d'éclairage, des caméras fixes le long des murs de clôture et au droit des différentes entrées du terminal ;
- Les voies d'accès au terminal sont équipées de barrières automatiques pour les véhicules et camions et de tourniquets automatiques pour le personnel commandés par badge ou empreinte biométrique.

L'aspect maintenance du matériel et des engins de manutention a abouti à la construction d'un atelier spécifique attenant à un parc de stationnement. Des aires d'entretien pour RTG ont également été prévues au bout des lignes de stockage des conteneurs.

La politique HSE en phase exploitation a été intégrée au projet avec la mise

en place d'un bâtiment accueillant une cellule Hygiène Sécurité Environnement. Par ailleurs, avant rejet en mer, les eaux pluviales de la nouvelle plateforme passent par des unités de traitement (figure 3), dans lesquelles un dégrillage (blocage des déchets les plus grossiers), un dessablage (rétention des boues et sables) et un déshuilage (rétention des liquides légers de type graisses ou hydrocarbures) sont réalisés.

Un autre enjeu important du projet est l'alimentation et la distribution électrique de la plateforme. L'éclairage de la plateforme pour le travail de nuit, l'alimentation des bâtiments et des équipements, et surtout l'utilisation à terme de cinq portiques sur rails, nécessitent une alimentation électrique dont la puissance appelée est très variable : de quelques centaines de kVA à 12 000 kVA (dont la moitié pour les portiques).

La production électrique du terminal est assurée par une ligne dédiée de 12 000 kVA installée en coordination avec la Compagnie d'Énergie Électrique du Togo (CEET) et a été renforcée par la mise en place d'une centrale électrique de secours afin de garantir une utilisation fiable des équipements de la plateforme. ▶



4

© TOGO TERMINAL



5

© EIFFAGE INTERNATIONAL



6

© TOGO TERMINAL

LA CHAUSSÉE PORTUAIRE LOURDE MISE EN PLACE

CONCEPTION

Une des complexités du projet réside dans les structures de chaussées portuaires lourdes du terminal à conteneurs. Leur dimensionnement tient compte des sollicitations spécifiques aux plateformes portuaires : charges fixes de stockage de conteneur, charges mobiles issues des engins de manutention qui sont très agressifs (*reach stackers*, grues mobiles, portiques RTG), sachant que contrairement aux charges roulantes applicables aux chaussées routières, les circulations d'engins type *reach stackers* (souvent dimensionnantes) ne sont pas canalisées.

Le dimensionnement des structures a été réalisé par les équipes d'Arcadis et recalculé par Eiffage en exécution. La conception de la plateforme s'est attachée à privilégier les matériaux et ressources locales. L'assise de la chaussée portuaire est constituée par 65 cm de sable-ciment de catégorie T3 selon le système II (Rt/E) fabriqué en place. La couche de surface est en pavés de béton de 13 cm de hauteur, préfabriqués sur site (figures 4 et 5).

Cette structure a été calculée selon la méthode dite « British Ports », décrite dans « Heavy duty pavements - the structural design of heavy duty pavement for ports and other industries - edition 4 » et vérifiée à l'aide de la méthode française de dimensionnement (méthode dite « Alizé »).

ÉTUDE DE FORMULATION EN LABORATOIRE

Les études de formulation de la structure de chaussée en sable traité au ciment T3 ont été confiées par Eiffage à son Laboratoire Central de Ciry-Salsogne, lequel a testé différentes formules à partir du sable de déblais

extrait du site, de GNT 0/31,5 mm de carrière et du ciment disponible localement.

Le MTLH T3 est finalement obtenu en traitant au ciment dosé à 7 % le sable D1/B1 issu des déblais du port avec un ajout d'une grave naturelle (GNT) 0/31,5 mm dans une proportion importante.

DÉROULEMENT DU CHANTIER DE REVÊTEMENT

La construction des structures de chaussées a été menée selon des processus bien maîtrisés par Eiffage. Les standards retenus sont les mêmes que ceux appliqués en France.

Un point particulier du chantier est le délai de maniabilité relativement court du MTLH, estimé à environ 3h maximum sous une température de 30°C. Cela a nécessité de réaliser rapidement les opérations de compactage

6- Travaux de terrassements préparatoires.

7- Vue aérienne de la planche d'essai réalisée.

6- Preparatory earthworks.

7- Aerial view of the executed test section.

a été réalisée en 2 passes successives d'épaisseur 32,5 cm compte tenu de la profondeur maximale de malaxage de 50 cm de la stabilisatrice de sol Wirtgen WR2000.

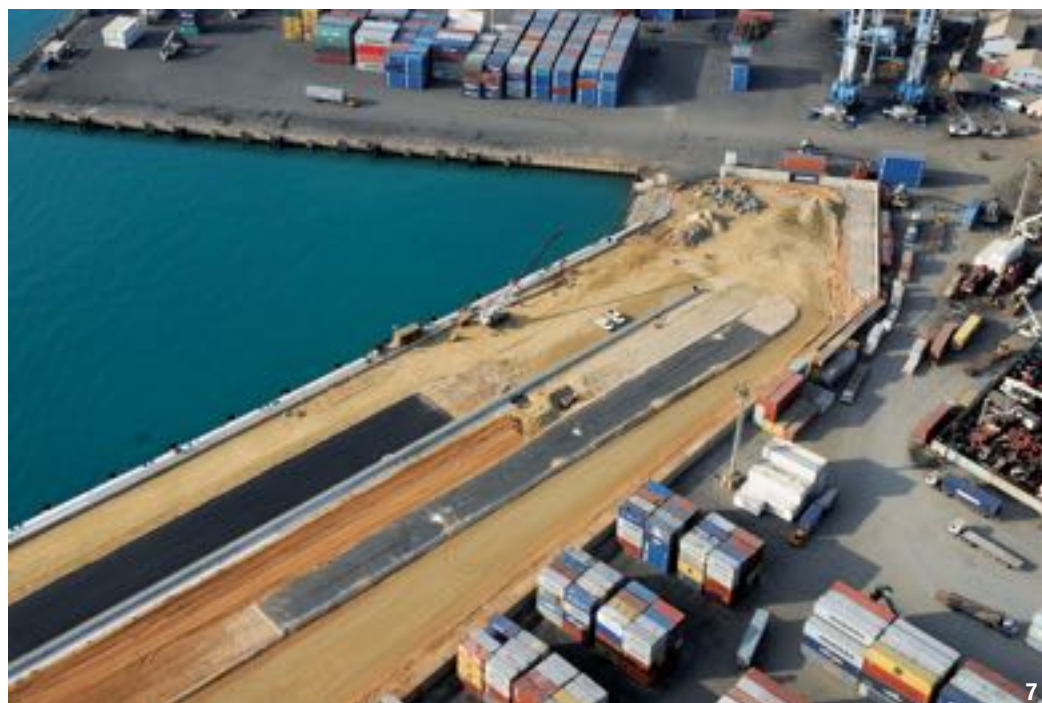
Les deux passes sont exécutées à 7 jours d'intervalle, afin de permettre au MTLH de faire sa prise avant de repasser dessus avec des engins agressifs. Lors de l'exécution de la 2^e couche, on vient légèrement gratter l'arase de la couche inférieure afin de les marier parfaitement et de pouvoir les considérer comme une seule et même couche de 65 cm et non deux couches superposées.

Les carreaux sont enchaînés afin de libérer progressivement des zones pour exécuter le pavage.

La planche d'essai

Une planche d'essai a été nécessaire pour valider le processus de mélange des matériaux, de dosage, d'épan-

et réglage suivant l'incorporation du ciment dans le mélange granulaire, préalablement homogénéisé et humidifié. Après exécution de la plateforme de terrassement et obtention d'une portance PF3 de 120 MPa (figure 6), la couche de base de 65 cm de MTLH



7

© EIFFAGE INTERNATIONAL



dage, de malaxage, de compactage et de réglage.

Cette planche, réalisée en octobre 2013 sur une surface de 1 200 m² sur le bord à quai (figure 7) a permis de bien préciser dans la procédure d'exécution l'enchaînement des différentes opérations à exécuter (approvisionnement, préparation des matériaux, exécution de la 1^{re} couche de structure et exécution de la 2^e couche de structure) et de bien définir les cadences.

Le dosage en eau

L'ajustement hydrique n'utilise pas l'eau de mer, mais l'eau issue d'un forage de 30 m de profondeur réalisé sur la base travaux Eiffage. Il est exécuté au moyen d'une arroseuse d'une capacité de 15 000 l (figure 8). Cette dernière est équipée d'une rampe d'aspersion basse de 2,50 m. Après chaque journée de travail, des prélèvements sont effectués et mis à l'étuve afin de contrôler et d'ajuster le cas échéant la teneur en eau.

Le dosage et l'épandage du ciment

L'épandage en ciment est assuré par une répandeuse à liant (figure 9), dont le dosage a été validé par des essais de moquettes sur place.

Les engins d'épandage sont équipés de jupes souples permettant de canaliser le ciment jusqu'au sol en limitant l'émission de poussières préjudiciables à l'environnement.

8- Arroseuse.

9- Atelier de répandage.

10- Atelier de malaxage.

11- Atelier de compactage.

8- Water sprinkler.

9- Spraying equipment.

10- Mixing equipment.

11- Compacting equipment.

Le malaxage (figure 10)

Le malaxage a été exécuté en deux phases :

→ La première : après approvisionnement complet des deux constituants du mélange granulaire (GNT 0/31,5 mm et sable D1 du port) et avant humidification et traitement au ciment ;

→ La deuxième : immédiatement après chaque passe d'épandage du ciment.

La profondeur de malaxage et la qualité de la mouture ont été vérifiées visuellement chaque jour par le contrôle interne et le laboratoire de chantier.

Le compactage / réglage

Un compacteur vibrant V5 et un compacteur à pneus type P5 ont été utilisés pour le compactage (figure 11).

Le réglage s'est fait uniquement par excès et la recoupe inférieure ou égale à 3 cm.

Contrôles et réception

Le plan d'assurance qualité prévoyait des contrôles interne et externe.

Les essais et contrôles à l'avancement ont été réalisés par le laboratoire de chantier Eiffage (dynaplaques, déflexions, contrôles topographiques, profondeur de traitement, granulométrie, identification des sables, teneurs en eau, densités).

À intervalles réguliers, des carottes de MTLH, prélevées in situ à raison d'une carotte par 1 000 m² ont été envoyées en France au Laboratoire Central d'Eiffage. Des essais de résistance à la traction à 28 jours avec mesure du module de déformation ont permis de s'assurer que les performances requises étaient atteintes.

TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT DE LA PLATEFORME

Les eaux de ruissellement de la plateforme sont collectées par des caniveaux en béton armé de section rectangulaire de 60 cm de large et de hauteur variable, bétonnés en place (figures 12 et 13).

Initialement conçu avec des dalles de couverture amovibles en béton armé sur toute leur longueur, le design a été modifié en cours de chantier au profit de caniveaux avaloirs en cadre fermé avec une dalle amovible tous les 20 m pour l'entretien ultérieur.

Cette modification permet de supprimer les zones d'angles fragiles des dalles amovibles, lesquelles se fissaient sous l'effet des lourdes charges appliquées à l'exploitation.

La section de ces caniveaux est calculée pour supporter la circulation des engins d'exploitation et notamment pour le plus pénalisant d'entre eux : le *reach stacker* Terex TFC45 de 45 t à l'essieu.

TRAVAUX D'ÉLECTRICITÉ ET DE RÉSEAU

Depuis l'arrivée du câble 20 kV dans le port, l'ensemble des réseaux d'alimentation et distribution en HTA (20 kV et 5,5 kV) et BT a été réalisé par Rmt, filiale de la branche Énergie du groupe Eiffage.

À partir du poste de livraison/distribution, une boucle 20 kV (longueur approximative 2,5 km) a été créée sur le site reliant 4 sous-stations (poste portiques, poste *reefers*, poste bâtiment et poste éclairage).

Sur le poste de livraison/distribution ont été également installés 2 bancs de ▷



12 © TOGO TERMINAL



13 © EIFFAGE INTERNATIONAL

charges de 1 000 kW chacun, permettant d'absorber l'énergie rejetée par les portiques en phase de descente. Des automates permettent de piloter les gradins de 100 kW des bancs de charge en fonction de l'énergie effectivement consommée ou rejetée à chaque instant par l'ensemble des consommateurs/producteurs placés sur la boucle.

Ces mêmes automates permettent de gérer le basculement automatique vers la centrale de secours installée en cas de perte du réseau local de la CEET. Ils permettent aussi une reconfiguration automatique de la boucle en cas de défaut survenant en un de ses points ce qui permet de réalimenter rapidement les éléments sains.

Les portiques sur rail sur le quai sont alimentés directement en 20 kV depuis le poste portiques.

Depuis le TGBT du poste *reefers*, 9 km de câbles BT ont été tirés jusqu'aux tableaux divisionnaires placés sur les 8 passerelles *reefers* (figure 14), tableaux qui eux-mêmes alimentent 336 prises sur lesquelles Togo Terminal vient raccorder les containers frigorifiques.

Compte-tenu des distances importantes, les circuits d'éclairage sont alimentés en 5,5 kV (8 km de câbles) depuis le poste éclairage équipé d'une armoire 5,5 kV dédiée.

Côté éclairage public, 8 mâts de 40 m et 3 mâts de 35 m ont été installés équipés chacun de 11 projecteurs de 1 000 W. 11 autres grands mâts (25 et 35 m) existants ont été équipés de nouveaux projecteurs. Enfin, 200 mâts d'éclairage de 7 m ont été installés le long des clôtures. 8 km de câble BT permettent d'alimenter les différents bâtiments et guérites de l'extension. Le réseau de terre (5 km de cuivre nu) a également été posé le long des réseaux ainsi qu'un système de protection foudre (pointes placées sur les grands mâts d'éclairage).

En plus de ces équipements courants forts, Rmt a également fourni et installé un système de sûreté moderne et performant.

Sur la base d'une architecture réseau en fibre optique, ont été installés un système de contrôle d'accès par badges et lecteurs biométriques, un système de vidéosurveillance (67 caméras couvrant tous les accès et la périphérie du site, les zones de stockage des conteneurs ainsi que le quai), et un système d'interphonie reliant les guérites et le PCS.

Au PCS sont centralisées et visualisées (mur d'écrans, figure 15) toutes les informations des systèmes. Il y est également possible de piloter à distance certains équipements.

TRAVAUX DE BÂTIMENTS

Les travaux de bâtiments consistent en la réalisation de guérites pour le complexe entrées/sorties, d'un local douane, d'un bâtiment magasins/bureaux du type R+1 (figure 16), d'un bâtiment vestiaire/réfectoire du type R+1 et d'un bâtiment atelier (figure 17) équipé d'un pont roulant de

15 t, de locaux techniques et de fosses d'entretien.

La réalisation des travaux de bâtiment s'inscrit dans le cadre d'un marché global en entreprise générale regroupant l'ensemble des corps d'état techniques et secondaires, dont la responsabilité revient à l'entreprise GER, un major de la construction au Togo.

12- Caniveau béton mis en place sur la plateforme.

13- Caniveau béton sur la bande bord à quai.

14- Passerelle reefers.

12- Concrete drainage channel installed on the platform.

13- Concrete drainage channel on the quayside strip.

14- Gangway for reefers.

LES CONTRAINTES D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

L'extension du terminal à conteneurs Bolloré du port de Lomé est avant tout un chantier sur un site en exploitation destiné à accroître sa capacité de traitement des navires porte-conteneurs, dont l'accueil est programmé des mois à l'avance. Le chantier a ainsi été organisé de sorte à :

- Respecter au quotidien la politique HSE très stricte en vigueur chez Togo Terminal ;
- Minimiser la gêne occasionnée au quotidien à l'exploitation ;
- Libérer en premier lieu la bande bord à quai pour pouvoir exploiter le nouveau quai ;
- Libérer ensuite progressivement les terre-pleins situés à l'arrière pour pouvoir stocker les conteneurs supplémentaires traités sur le site.

Un dialogue permanent entre le groupement Eiffage, le maître d'œuvre et les services d'exploitation du maître d'ouvrage a permis de gérer ces contraintes multiples au fil de l'eau.

C'est également un chantier multi-activités très complet avec de nombreuses



14



15

© EIFFAGE INTERNATIONAL



16

© TOGO TERMINAL



17

© EIFFAGE INTERNATIONAL

interfaces techniques, spatiales et temporelles à gérer entre les terrassements (déblais, remblais, purges), les chaussées portuaires, les ouvrages de génie civil (caniveaux longitudinaux de la plateforme, collecteurs, ouvrages de rejets en mer, bâche à incendie, murs d'enceinte...), les bâtiments et les équipements électriques.

Les méthodes d'exécution très pointues retenues par Eiffage ont impliqué durant les premiers mois un effort important de recrutement et de formation au niveau technique, sécurité et environnement de nos chefs de chantier, chefs d'équipe, conducteurs d'engin et ouvriers togolais. Ceux-ci constituent 90% de l'effectif

15- Mur d'images.

16- Construction du bâtiment magasins/bureaux.

17- Nef de l'atelier.

15- Multiscreen show.

16- Construction of the stores/offices building.

17- Workshop nave.

du chantier, conformément aux engagements pris par Eiffage en faveur de l'emploi au Togo.

Enfin, une des contraintes importantes à laquelle il a fallu faire face tout au long du chantier est l'approvisionnement en matériaux. La chaîne logistique a dû

être sans cesse perfectionnée, adaptée, corrigée pour garantir la disponibilité du ciment et des agrégats pour le traitement de sol et le génie civil, et des pavés pour réaliser la couche de roulement et livrer des surfaces immédiatement exploitables à Togo Terminal. □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Togo Terminal

MAÎTRISE D'ŒUVRE :

- Conception et visa : Arcadis
- Contrôle des travaux : Bolloré Africa Logistics

GROUPEMENT D'ENTREPRISES :

- Lot 1 (Terrassements, assainissements, chaussées et GC) : Eiffage International (mandataire)
- Lot 3 (Courants forts et courants faibles) : Rmt - Clemessy
- Lot 4 (Bâtiments) : GER

CHIFFRES CLÉS DU CHANTIER

TERRASSEMENTS : 239 800 m³, dont :

- Déblais : 108 200 m³
- Purges : 24 900 m³
- Remblais : 106 700 m³

CHAUSSÉE LOURDE PORTUAIRE : 170 000 m², dont 8,5 millions de pavés 10 x 20 x 13 cm fabriqués et posés

BÉTON : 7 000 m³

CANIVEAUX BA : 4 000 m

RÉSEAUX (EAU POTABLE ET DÉFENSE INCENDIE) : 8 000 m

RÉSEAUX SECS :

- 34 000 ml de fourreaux
- 2,5 km de câbles 20 kV
- 9 km de câbles BT
- 8 km de câbles 5,5 kV
- 5 km de câbles cuivre nu
- 215 chambres de tirage

MURS DE CLÔTURE : 2 900 m

PASSERELLES REEFERS : 8 u

ABSTRACT

EXTENSION OF THE CONTAINER TERMINAL IN THE PORT OF LOMÉ

EDGAR COULOMB, EIFFAGE - AMMAR TRICHE, EIFFAGE - LUC MOSCONE, ARCADIS - HICHEM OUFFROUKH, ARCADIS - CHRISTOPHE DEBEUF, TOGO TERMINAL

Following the design phase carried out by the personnel of Arcadis, the terminal extension and development works were awarded in June 2013 to the consortium formed by Eiffage International (leader), Rmt-Clemessy and Ger. A first work phase of 18 ha was delivered at the end of July 2015. This complete project comprises, in particular, earthworks and civil engineering works (port roadway, rainwater and wastewater drainage, potable water supply, fire protection), heavy and weak current electrical engineering work (HV and LV distribution systems, lighting and safety systems), and building work (machinery maintenance workshop with offices, building for the personnel). □

AMPLIACIÓN DE LA TERMINAL DE CONTENEDORES DEL PUERTO DE LOMÉ

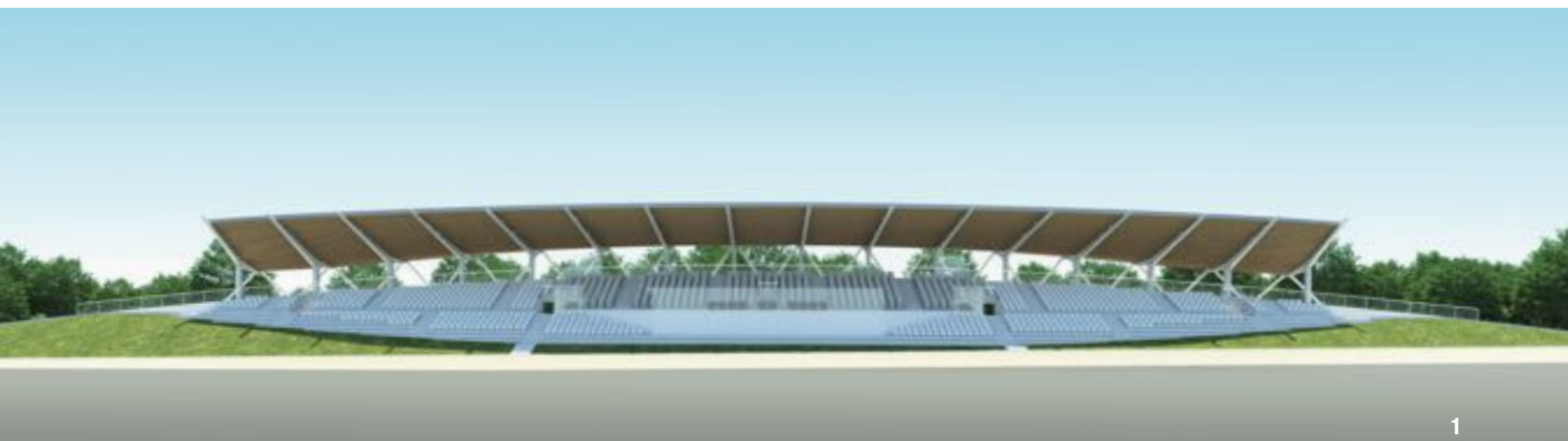
EDGAR COULOMB, EIFFAGE - AMMAR TRICHE, EIFFAGE - LUC MOSCONE, ARCADIS - HICHEM OUFFROUKH, ARCADIS - CHRISTOPHE DEBEUF, TOGO TERMINAL

Tras la fase de diseño realizada por los equipos de Arcadis, en junio de 2013 el consorcio de empresas formado por Eiffage International (promotor), Rmt-Clemessy y Ger recibió el encargo de llevar a cabo las obras de ampliación y habilitación de la terminal. A finales de julio de 2015 se entregó un primer tramo de 18 ha. Este proyecto completo incluye principalmente obras de excavación e ingeniería civil (calzada del puerto, saneamiento de las aguas pluviales y residuales, alimentación de agua potable, protección contra incendios), electricidad de alta y baja tensión (instalaciones de distribución AT y BT, instalaciones de alumbrado y seguridad) y edificación (taller de mantenimiento de las máquinas con sus oficinas y un edificio para el personal). □

TRIBUNE PRÉSIDENTIELLE À DJIBLOHO EN GUINÉE ÉQUATORIALE

AUTEURS : NICOLAS METGE, RESPONSABLE DU PÔLE CONCEPTION ET MAÎTRISE D'ŒUVRE, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - RÉMI JOUANDOU, CHEF DU PROJET, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - PATRICK BARBIER, INGÉNIEUR DÉVELOPPEMENT, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - FRÉDÉRIC PERRIN, DIRECTEUR GÉNÉRAL, SOGEA SATOM GUINÉE ÉQUATORIALE (VINCI)

DANS LA VILLE EN DEVENIR DE DJIBLOHO EN GUINÉE ÉQUATORIALE, UN NOUVEL ÉQUIPEMENT URBAIN A ÉTÉ INAUGURÉ LE TROIS AOÛT DERNIER LORS DE LA FÊTE NATIONALE. BORDANT UNE NOUVELLE AVENUE, UNE TRIBUNE COUVERTE PERMET DÉSORMAIS D'ACCUEILLIR LE PUBLIC ET LES PERSONNALITÉS POUR ASSISTER AUX MANIFESTATIONS ET DÉFILÉS NATIONAUX.



1



2

© ISC

CONTEXTE DU PROJET

Cette tribune s'inscrit dans le projet plus global de réalisation de l'avenue qu'elle borde. Réalisé en un temps record, ce chantier qui aura nécessité des travaux de terrassement colossaux, a été confié à Sogea Satom, filiale africaine du groupe Vinci et présente depuis plus de vingt ans en Guinée Équatoriale. La tribune est donc la cerise d'un énorme gâteau de terre et qui vient habiller cette urbanisation rapide. Sogea

Satom a fait appel fin janvier 2015 à Ingénierie des Structures et des Chantiers (Isc), filiale de Vinci Construction France, pour la conception de la tribune tous corps d'état puis pour les études techniques d'exécution.

CONCEPTION ARCHITECTURALE

Face à l'immensité d'une future place, la tribune a un rôle urbain et architectural important. Elle ne peut pas rivaliser

1- Photomontage
vue de face.

2- Photomontage
vue arrière.

1- Photomontage
front view.

2- Photomontage
rear view.

en termes de dimension mais doit être remarquable néanmoins et s'inscrire dans son environnement.

C'est pourquoi la tribune a été pensée comme un élément paysager dont le socle courbe en béton vient se fondre dans la terre, formant une émergence dont la limite végétal/minéral est brouillée.

Les gradins forment alors une petite colline de pierre sur laquelle le promeneur veut monter pour prendre un peu

de hauteur et contempler le paysage et le spectacle qui s'offre.

Si le socle est massif et bien ancré au sol, la couverture qui protège des intempéries et de la morsure du soleil est quant à elle très aérienne et légère. Cette dernière vient se soulever à ses extrémités de manière à ouvrir la vue. Tel un éventail, cet auvent se déploie, s'anime, ondule et ouvre ses bras au plus grand nombre (figure 1, 2, 3).

La tribune permet d'accueillir environ 1 100 spectateurs dont plus de 300 places VIP. L'en-dessous de la tribune est aménagé en bureau et salon de réception pour les autorités et personnalités.

UN DÉLAI EXCEPTIONNEL

La principale difficulté de ce projet réside dans son délai de réalisation exceptionnel. Les toutes premières esquisses sont réalisées fin janvier 2015 alors que l'ouvrage doit être entièrement livré pour la fête nationale du trois août, soit six mois plus tard. Le challenge est de taille car pas moins de 16 m de hauteur de terre doivent d'abord être mis en œuvre sous la future tribune. Les délais de transport sont également une contrainte forte car il faut minimum 2 mois pour approvisionner le chantier pour les matériaux qui ne sont pas disponibles localement. La prise en compte de ces problématiques dès la phase de conception a



3
© ISC

3- Photomontage vu de puis la tribune.

4- Vue 3D du squelette béton armé de la tribune.

3- Photomontage view from grandstand.

4- 3D view of the reinforced concrete skeleton of the grandstand.

permis de faire les bons choix et de rationaliser les éléments de structure sans pour autant vouloir rogner sur la qualité architecturale de l'ouvrage.

UNE CONCEPTION ADAPTÉE À LA CONTRAINTE DE DÉLAI LES FONDATIONS

Afin de se prémunir au maximum des tassements différentiels qui pourraient intervenir après la réalisation du remblai de 16 m et de la tribune, des pré-chargements ont été réalisés au droit de la future tribune.

Il a également été fait le choix d'un radier général épais pour limiter ces

risques. Des hypothèses défavorables ont également été prises en compte dans les calculs de l'infrastructure en béton et de la toiture en charpente métallique.

SOCLE BÉTON

La structure du socle est constituée de voiles crémaillères transversaux de 50 cm en béton coulé en place tous les 6 m et contreventés par un voile filant longitudinalement. Étant donné la courbure en élévation et en plan, les dimensions de chacun des voiles transversaux diffèrent. Il s'agit néanmoins de reproduire le voile le plus haut en tronquant à chaque nouveau voile une partie de la zone arrière et de la zone la plus haute (figure 4).

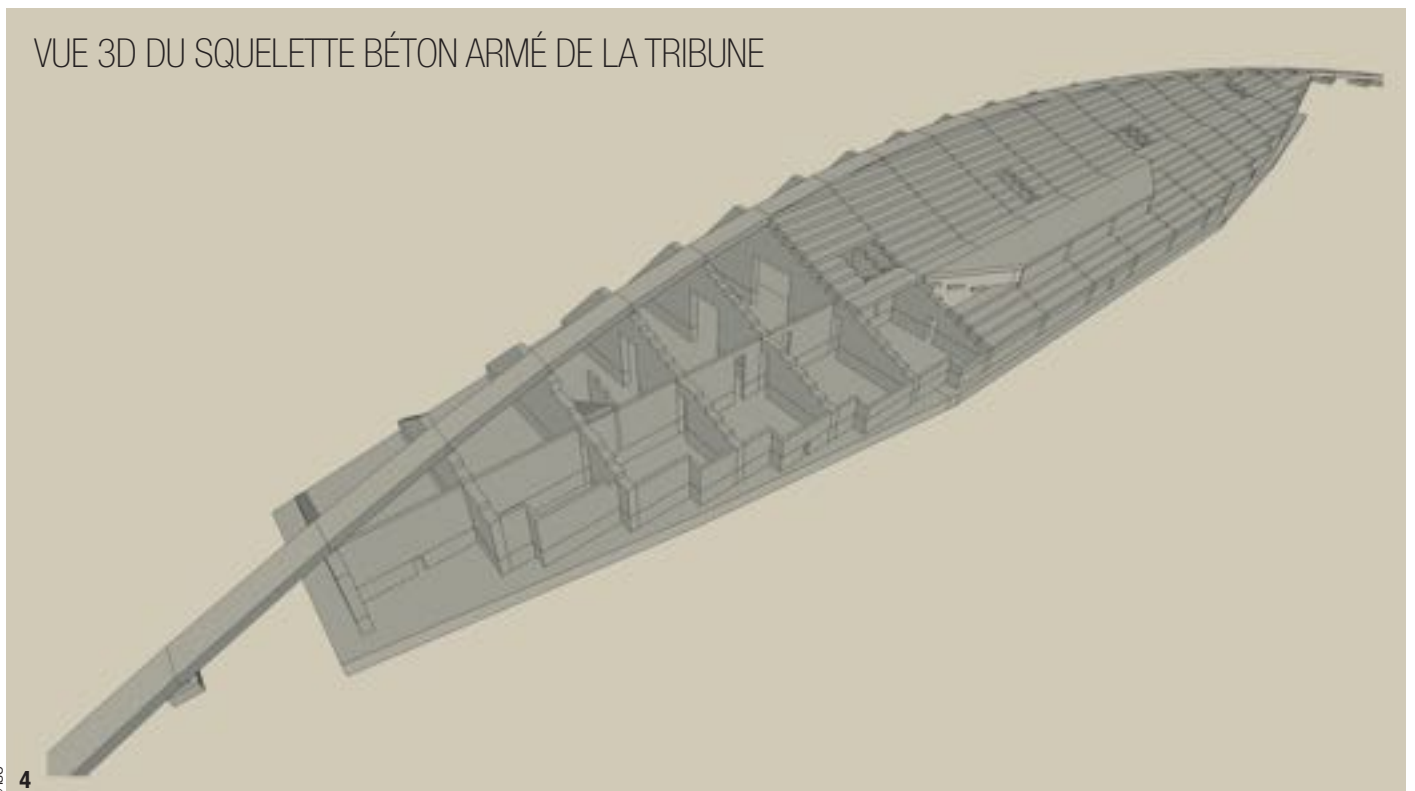
Pour gagner un maximum de temps, chaque gradin est une dalle préfabriquée plane de 30 cm d'épaisseur. 120 d'entre eux ont la même géométrie, 106 sont particuliers.

COUVERTURE

La toiture en charpente métallique est constituée de 16 fléaux. Chaque fléau est composé d'un poteau encastré en tête de voile supportant un profilé reconstitué soudé retenu à l'arrière par deux tirants inclinés.

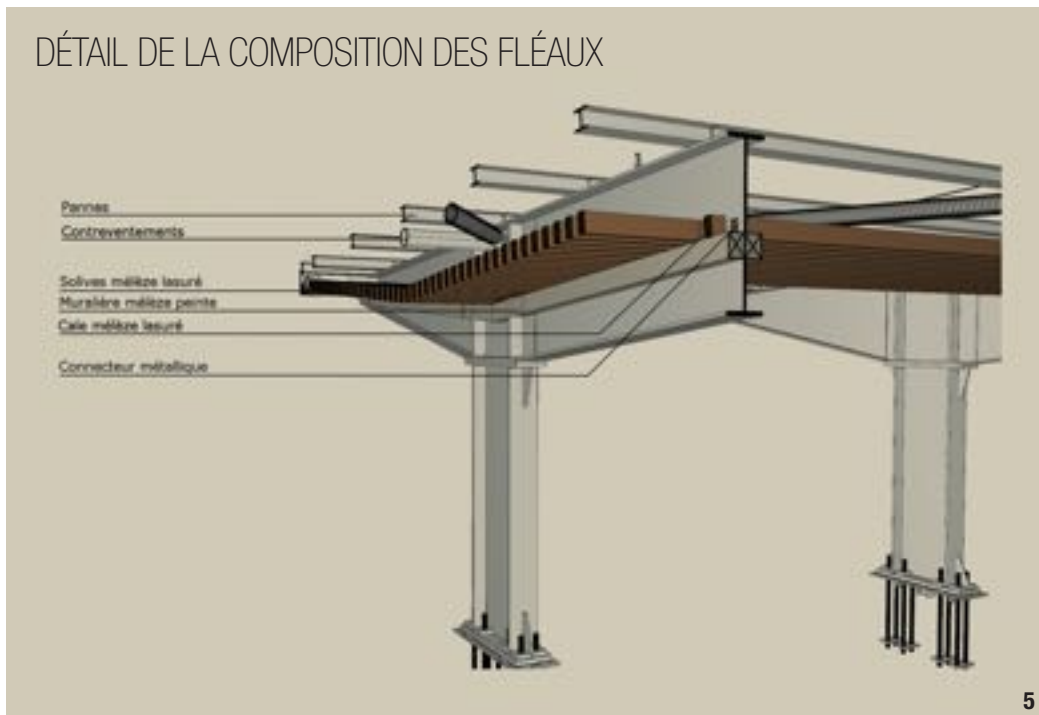
La conception est identique sur chacun des fléaux, seuls changent l'angle entre le poteau et la poutre console ainsi que la longueur de cette dernière. ▷

VUE 3D DU SQUELETTE BÉTON ARMÉ DE LA TRIBUNE



4
© ISC

DÉTAIL DE LA COMPOSITION DES FLÉAUX



5 © ISC

La surface à double courbure ainsi générée donne son geste particulier à la toiture tout en restant rationnelle. Elle est simple à définir comme à construire. Les fléaux supportent des pannes métalliques qui supportent des bacs en aluminium Riverclack. Les eaux sont récupérées à l'arrière des fléaux dans un chéneau qui se déverse

aux deux extrémités de la toiture. Afin d'habiller la sous-face et de limiter le rayonnement de chaleur de la tôle sur le public, des solives de mélèze lazurées sont disposées transversalement de fléau à fléau. Elles portent sur une muralière en bois peint aux couleurs de l'acier pour se fondre dans le fléau (figure 5).

ÉQUIPEMENTS ET FINITIONS

Sous les 5 travées centrales de la tribune se trouvent les salons présidentiels. Une dalle béton a été réalisée sous les gradins afin de garantir l'étanchéité. Pour la façade arrière, celle-ci est habillée des mêmes pannes en bois que la sous-face de la couverture. Afin de protéger la zone de la tribune

- 5- Détail de la composition des fléaux.
- 6- Les terrassements à l'œuvre.
- 7- Réalisation des murs crémaillères et pose des poteaux de charpente.
- 8- Vue du chantier de la tribune et de l'avenue.
- 9- Pose de la charpente métallique.

- 5- Detail of the composition of cantilever sections.
- 6- Earthworks underway.
- 7- Construction of stair carriage walls and fitting of frame posts.
- 8- View of the project from the grandstand and the avenue.
- 9- Placing the steel frame.



6



7



8



9

© MARTIN BATAILLE



10

© MARTIN BATAILLE

réservée aux autorités, des vitrages blindés (jusqu'à 8,6 cm d'épaisseur), fabriqués en Allemagne, ont été installés. Ils sont uniquement bloqués en pied pour permettre un maximum de transparence. Les garde-corps avec lisse inox et câbles ont été fabriqués en France.

LA CONSTRUCTION DE L'OUVRAGE

LA RÉALISATION DU GÉNIE CIVIL

Étant donné les délais, il était nécessaire de pouvoir réaliser le génie civil du socle le plus rapidement et le plus simplement possible avec les moyens disponibles sur place. Afin de tenir les cadences, il a été mis en œuvre deux jeux d'outils de coffrage composés de panneaux Peri. Le calepinage a été adapté en fonction des panneaux disponibles. Les gradins et la poutre arrière étaient entièrement préfabriqués. Ils ont été posés à la grue sur les voiles crémaillères. Des ankröbox ont

10- Pose de la charpente métallique et de la charpente bois.

11- Pose de la charpente bois.

10- Placing the steel frame and wooden frame.

11- Placing the wooden frame.

été prévues dans la voile et dans les gradins pour permettre le scellement de barres d'ancrage (figures 6, 7, 8 et 9).

MISE EN ŒUVRE DE LA CHARPENTE

La charpente a été confiée à l'entreprise Baudin Châteauneuf. Elle a été fabriquée à Châteauneuf-sur-Loire et

transportée par mer dans des containers du Havre jusqu'au port de Bata. Les assemblages ont été prévus boulonnés afin de faciliter le montage. Les poteaux étant encastrés dans les voiles crémaillères, des réservations avaient été prévues dans les voiles métalliques. À l'arrière des voiles, les pièces d'ancrages envoyées en priorité par avion ont pu être noyées dans le béton à temps. L'encastrement du poteau permettait un montage aisé des fléaux qui demeuraient élingués lors de l'assemblage.

RÉALISATION DE LA SOUS FACE BOIS

La sous-face en bois ainsi que le bardage de façade ont été confiés à l'entreprise Arbonis de Vinci Construction France. L'usinage des muralières et des solives a été réalisé sur les sites de Péguilhan et Verosvres, en France.

Les muralières ont été découpées sur mesures et numérotées, alors qu'à l'inverse les solives ont été standardisées malgré la forme complexe de la toiture. (figures 10 et 11).

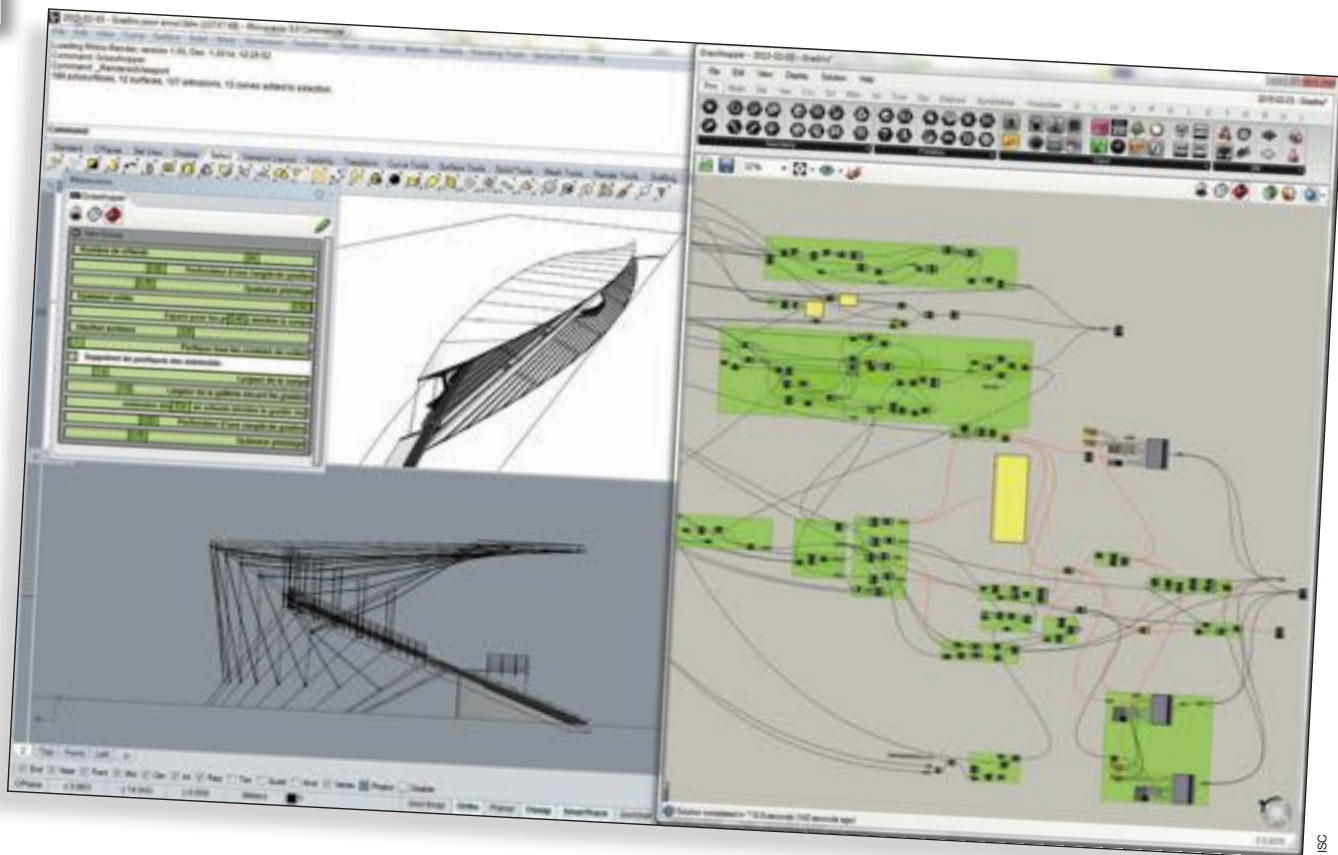
DE L'UTILISATION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE

La conception a été menée chez Isc par des architectes utilisant le module de 3D paramétrique Grasshopper en complément du logiciel Rhinoceros3D. Un script a été mis au point pour permettre de modifier l'ensemble des paramètres liés à la géométrie et à la structure tout en recalculant automatiquement les volumes de béton et le nombre de places (figure 12). Cette méthode a permis de s'adapter aux demandes du maître d'ouvrage au fur et à mesure qu'elles étaient formulées, tout en conservant les fondements du projet concernant la forme de colline du socle et le détachement de la toiture. ▷



11

© MARTIN BATAILLE



12 © ISC

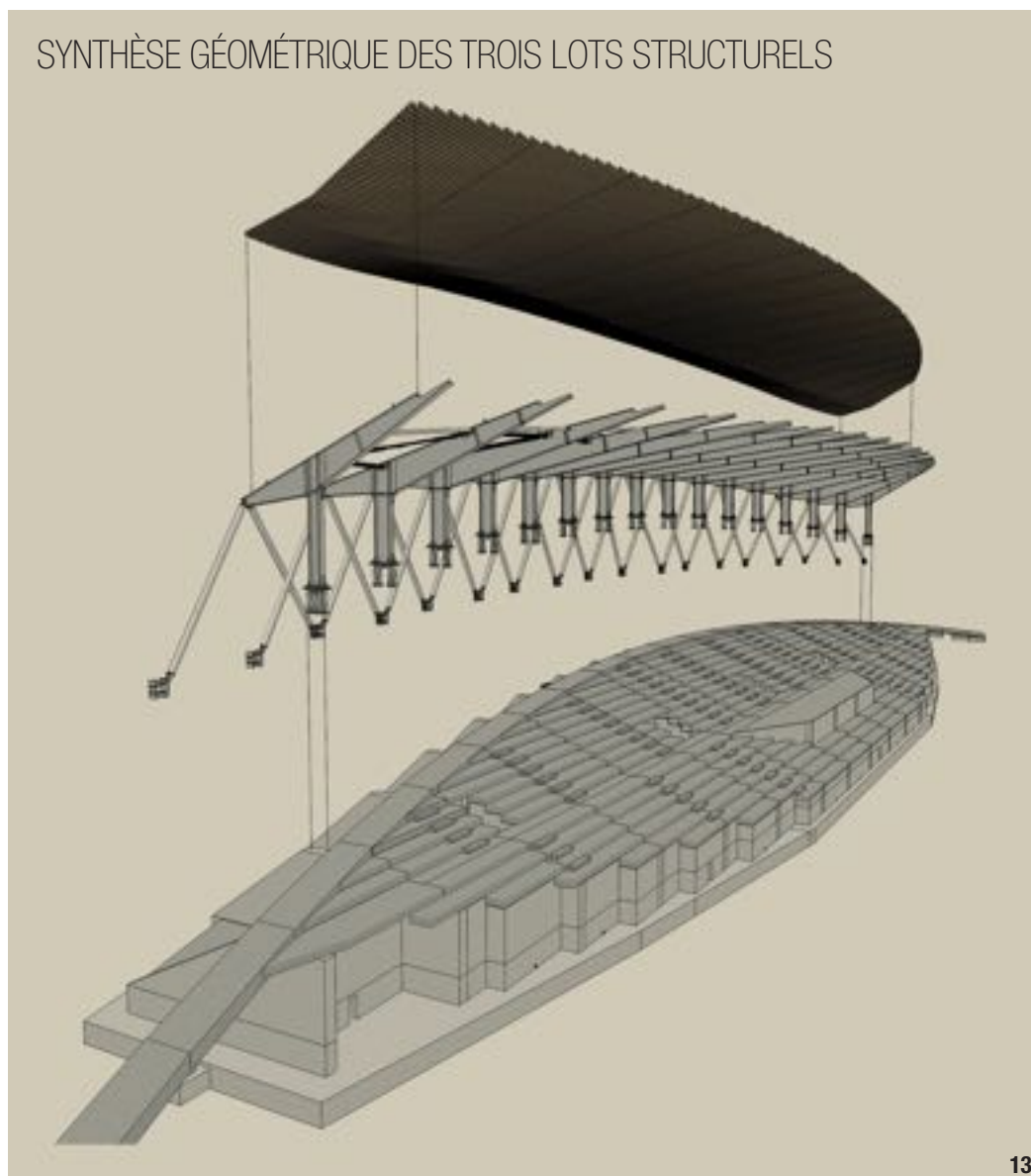
12- Script Grasshopper.
13- Synthèse géométrique des trois lots structurels.

12- Script Grasshopper.
13- Geometric synthesis of the three structural work sections.

Une fois la géométrie fixée, la maquette numérique initiale d'Isc permettait la synthèse entre la partie béton, la charpente métallique et les structures en bois. Cette mise en commun à travers la modélisation 3D était indispensable du fait de la complexité géométrique de la structure et des nombreuses interfaces entre les matériaux. Les éléments de charpente métallique et la sous-face en bois étant produits en France, c'est-à-dire séparés du chantier par 2 mois de bateau, l'erreur n'était pas permise. (figure 13).

Le choix de l'utilisation d'une maquette numérique unique qui évolue de l'esquisse à la livraison des travaux s'est avéré rentable : les tâches ont été facilitées, des erreurs ont été évitées et les délais ont pu être tenus.

Plus généralement, au sein d'Isc, bureau d'étude regroupant des architectes, des ingénieurs structures, des ingénieurs tout corps d'états ainsi que des ingénieurs méthode, nous avons vu apparaître de nouvelles possibilités.



13 © ISC



© MARTIN BATAILLE

14



© MARTIN BATAILLE

15

Par le biais de la maquette numérique unique qui évolue de l'esquisse à la livraison des travaux, ce projet a permis l'émergence d'une ingénierie nouvelle qui n'est ni maîtrise d'œuvre, ni BE méthode, ni BE corps d'état, ni BE d'exécution, ni BIM manager mais une fusion de tous ces métiers au sein de la même entité. □

14 & 15- Vue de l'ouvrage avant son inauguration.

14 & 15- View of the structure before its inauguration.

DONNÉES PRINCIPALES DE L'OUVRAGE

DÉLAI DE RÉALISATION DES ÉTUDES DE CONCEPTION ET DES TRAVAUX : 6 mois

CHARPENTE MÉTALLIQUE : 150 t

VOLUME TOTAL DE BÉTON : 3030 m³

INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : État de Guinée Équatoriale

ENTREPRISE PRINCIPALE : Sogea Satom Guinée Équatoriale

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE CONCEPTION ARCHITECTURALE ET TECHNIQUE TCE : Isc (Ingénierie des Structures et des Chantiers)

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE ÉTUDE D'EXÉCUTION STRUCTURES ET MÉTHODES GÉNIE CIVIL : Isc

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE CET ET ARCHITECTURAUX : Entreprise Horizon Construction

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE TRAVAUX ET ÉTUDES CHARPENTE MÉTALLIQUE : Baudin Châteauneuf

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE TRAVAUX ET ÉTUDES CHARPENTE BOIS : Arbonis (VCF)

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE MÉTALLERIE : Poa (VCF)

ABSTRACT

PRESIDENTIAL GRANDSTAND AT DJIBLOHO IN EQUATORIAL GUINEA

N. METGE, ISC (VINCI) - R. JOUANDOU, ISC (VINCI) - P. BARBIER, ISC (VINCI) - F. PERRIN, SOGEA SATOM GUINÉE ÉQUATORIALE (VINCI)

The Djibloho presidential grandstand, designed by Isc, was built along a new avenue in this developing city. From the first engineering draft at the end of January until the inauguration on 3 August last, six months in all were needed to erect this concrete, metal and wooden canopy. □

TRIBUNA PRESIDENCIAL EN DIBLOHO EN GUINEA ECUATORIAL

N. METGE, ISC (VINCI) - R. JOUANDOU, ISC (VINCI) - P. BARBIER, ISC (VINCI) - F. PERRIN, SOGEA SATOM GUINÉE ÉQUATORIALE (VINCI)

Diseñada por Isc, la tribuna presidencial de Djibloho bordea una nueva avenida de esta ciudad en desarrollo. En total se han necesitado seis meses desde el primer boceto, presentado a finales de enero, para ver erigirse esta cubierta de hormigón, metal y madera, inaugurada el pasado 3 de agosto. □



1
© JTC

THE CONSTRUCTION OF JURONG ROCK CAVERNS IN SINGAPORE

WRITERS: PASCAL BRIAND, CIVIL ENGINEER, GEOSTOCK - PHILIPPE VASKOU, GEOLOGIST, GEOSTOCK - THIERRY YOU, GEOTECHNICAL ENGINEER, GEOSTOCK

IF YOU ARE ASKED TO NAME THE HIGHEST POINT OF SINGAPORE, IT WOULD BE EASY TO FIND OUT THE ANSWER ON THE INTERNET⁽¹⁾, BUT IF YOU ARE ASKED TO NAME THE LOWEST POINT OF SINGAPORE, IT WOULD BE MORE DIFFICULT TO FIGURE OUT THE ANSWER. THE JURONG ROCK CAVERNS (JRC) PROJECT IS THE FIRST UNDERGROUND ROCK CAVERNS STORAGE PROJECT IN SOUTHEAST ASIA AND THE DEEPEST KNOWN POINT FOR A PUBLIC WORK IN SINGAPORE, AT 158.5 M BELOW SEA LEVEL. THE PROJECT CONSISTS OF FIVE STORAGE CAVERNS WITH A TOTAL STORAGE CAPACITY OF 1.47 MILLION CUBIC METERS. THESE CAVERNS WERE CONSTRUCTED VIA TWO 130 M DEEP ACCESS SHAFTS BELOW THE SEA IN SEDIMENTARY ROCK CONDITIONS. THE EXCAVATION WAS DONE USING THE DRILL AND BLAST METHOD, AND IN THE PROCESS, MORE THAN 3.5 MILLION M³ OF WERE REMOVED.

DESCRIPTION OF JURONG ROCK CAVERNS

Being a small city-state with a land area of only 716km², surface land on Singapore remains increasingly scarce, and it has to be resourceful and creative with its land use. As the government agency responsible for industrial infrastructure development, JTC has implemented innovative ways to create and optimize

land use to support the country's economic growth. Reclaiming land and building high-rise industrial infrastructure have been the main thrusts in providing industrial land and space.

In 2006, following site investigations and different feasibility studies, JTC decided to create new land and space with the construction of JRC, which involves going underground into great

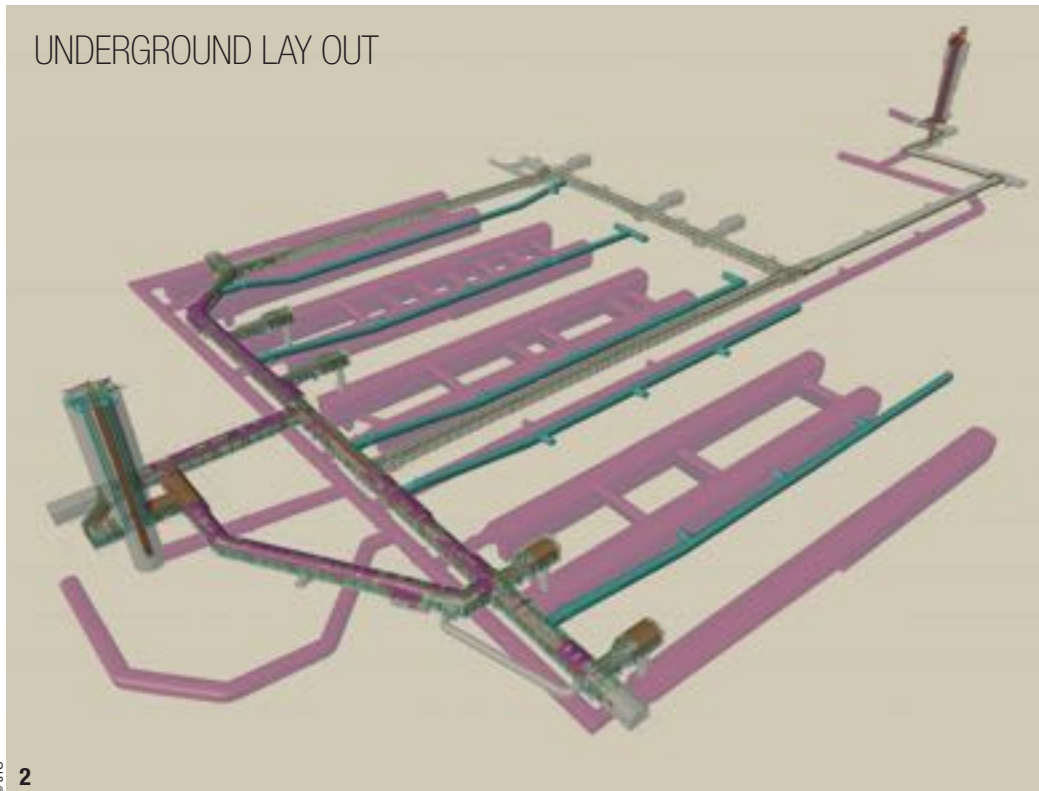
1 - Final Cavern View.

1 - Vue définitive de caverne.

subterranean depths. JRC is located on Jurong Island, Singapore's energy and chemicals hub.

JRC is Southeast Asia's first commercial underground rock caverns facility for liquid hydrocarbons storage. Located 150m below ground, JRC is the deepest known underground public works endeavour in Singapore to date and allowed to save up to 60 hectares of

UNDERGROUND LAY OUT



© JTC 2

Singapore's surface land space. Adding to the complexity is the challenge of having to construct the caverns 130m beneath the seabed.

The construction of JRC involved the underground excavation of more than 3.5 million m³ of rocks (bulked volume) via the sinking of two vertical shafts 130m deep, 2km of Water Curtain Galleries (WCG, 32m²), 3.4km of operation tunnels (100 to 130m²),

2- Underground lay out. 3- Access Shaft.

2- Aménagement souterrain. 3- Puits d'accès.

2.1km of access tunnels (70m²), and over 3km of caverns (27m high x 20m wide, 500m²). The caverns are used for product storage, and are further split into five independent galleries. All these excavations have been conducted 120m below the sea bed, in the Jurong Formation (sedimentary rocks) and is characterized by a heterogeneous distribution of hydraulic conductivities. The overall construction of the facility

(which will not be covered in this article) also involved significant Mechanical, Electrical and Instrument (MEI) works, both aboveground and underground, with the installation of kilometers of pipes ranging from 1" to 52" in diameters, big equipment such as product pumps and valves, a 120,000 DWT jetty with a fully automated control system of the facility to be operated from a Central Control Room.

The underground facilities are organized over two levels:

- Level 1 (Operation Tunnels) located 100m below ground level is the level dedicated to operation, hosting of all the necessary facilities (including 6.6kV electrical substation and instrument shelter) for the operation of the caverns (pipes, valves, electrical and instrumentation cables 6.6kV);
- Level 0 located 130m below ground level contains the Access Tunnels that are used for the sole purpose of constructing the storage caverns and the caverns themselves. These tunnels will not be accessible after the completion of the project.

Both levels are connected together through 5 Operation Shafts (one per cavern) allowing import and export of hydrocarbons from maintenance chambers located at level 1 and to the surface through two vertical Access Shafts (AS1 and AS3) on each side of the basin. The connections at both these levels were expedited so that:

- There would be an alternative escape route in the event of an emergency during construction; and
- Equipment and resources are able to be shared between both levels easily.

JRC consists of five caverns with a total storage capacity of 1.47 million cubic meters (four caverns of 330,000m³ storage capacity, and one cavern of 150,000m³ storage capacity), with the commissioning and operation of two caverns, ahead of the overall completion of the remaining three caverns.

ACCESS SHAFTS

Two vertical 130m deep Access Shafts of 25.0m (AS1) and 22.0m (AS3) in diameters are the only access to the underground caverns, and during construction, these access shafts allow for the removal of excavated muck from underground, as well as civil, mechanical, electrical and instrumentation works and later connecting the caverns to the ground surface for plant operation.



© JTC 3

The decision to have access shafts, instead of ramps from the ground level, was due to limited space available. These Access Shafts were designed and constructed according to the various geological layers encountered along the shafts:

- Diaphragm Wall system reinforced with intermediate concrete ring beams (28m deep for AS3, 60m deep for AS1) for the residual soil layers;
- Cast in-situ concrete lining for the weathered rock layers; and
- Drill and Blast method, supported by shotcrete and rock bolts for the fresh rock layers.

AS1 shaft, located within the main above-ground area of the project, is used to hoist equipment for operation: import pipes, export pipes, electrical and instrumentation facilities, as well as permanent access (one staircase, one firemen lift) and firefighting facilities.

The AS3 shaft is used primarily for construction access, particularly after the completion of the first two caverns where AS1 is used for operation purpose during this period, and also, as a secondary permanent access to the underground portion, allowing for an alternative escape way in case of emergency.



4
© JTC

CAVERNS AND ASSOCIATED TUNNELS

The hydrodynamic containment principle of the stored products inside the caverns relies on the difference of pressure between the water saturating the rock mass around the caverns and the pressure inside the caverns. This difference creates a flow gradient directed towards the caverns, thus

**4- Top-heading.
5- Cavern excavation ramp.**

**4- Attaque en calotte.
5- Rampe d'excavation de caverne.**

preventing the stored products from penetrating the rock mass.

In order to maintain this water pressure, the rock mass around the caverns is artificially recharged with water through 80m-long boreholes drilled from dedicated galleries located above the caverns (the Water Curtain Galleries) and flooded under hydrostatic pressure during operation (10 bars), after being isolated from the Operation Tunnels using a 4m thick concrete plug cast in-situ.

The Operation Tunnels developed at Level 1, connect the Access Shafts to the Maintenance Chambers located above the five caverns, forming a network for pipes and cables laying, as well as providing access for maintenance during operation.

The tunnels at Level 0 are excavated to provide a temporary access from the two shafts to the entrance of the caverns for the excavation works. The access tunnels leading to these caverns are subsequently flooded with water, after the caverns have been isolated by 5m thick concrete plugs

The Caverns are developed in 7 parallel 340m-long branches from these access tunnels, two branches for each large Cavern, one branch for the small Cavern.



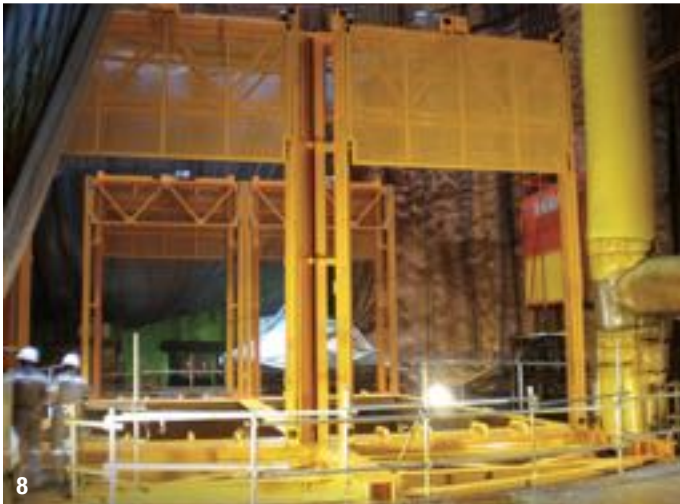
5
© JTC



© JTC 6



7



© JTC 8

NATURAL ENVIRONMENT GEOLOGICAL CONDITIONS

Below a man-made horizon of reclaimed land, the natural bedrock is composed of a sub-horizontal accumulation of volcano-sedimentary layers, which was later affected by a light metamorphism and cut by a main acidic dyke of granite to micro-granite and aplite (see 3D sketch).

Based on grain size analysis, the rock types are sandstone, siltstone and mudstone, representing the sorting and sedimentation of the original sedimentary particles (turbidite process). Since the sedimentary particles show a volcanic origin (glass pyroclasts), the generic term of volcano-sedimentary rock can be used. The layers represent the vertical accumulation of several events of lahar (mudflows coming from nearby volcano slopes).

Through metamorphism, these initially very soft layers have been hardened resulting in a rock mass which is much easier to manage and excavate, regardless of the grain size.

Lastly, the dyke intrusion has slightly modified the surrounding volcano-sedimentary layers with contamination

of the rock, leading to an increase of silica and a subsequent hardening of the host rock.

Regarding the discontinuities, the rock mass is relatively homogeneous with three main sets: one, sub-horizontal, is due to the sedimentary process while the two other sets, of tectonic origin, are almost vertical and have perpendicular trends. These structural defects lead the rock to be cut by blasting into small rectangular parallelepipeds.

At the depth of the caverns, the rock is sound and fresh with limited weathering (localized staining of joints)

HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENT

Based on hydrogeological characteristics, four main zones were identified after the site investigation, one being the overburden and the others being different hydrogeological horizons of the bedrock:

- An upper reclaimed sand layer (RS), exhibiting very high hydraulic conductivity and porosity;
- A weathered zone (WZ), characterized by a mean hydraulic conductivity of 5×10^{-5} m/sec;

- 6- Truck-Lift(upper).
- 7- Truck-Lift(intermediate).
- 8- T-Lift(lower).

6- Ascenseur à camion (supérieur).

7- Ascenseur à camion (intermédiaire).

8- Ascenseur à camion (inférieur).

→ The low confined zone (LCZ), the uppermost exfoliated layer of the fresh rock, characterized by a mean hydraulic conductivity of 4×10^{-6} m/sec (higher than the fresh bedrock); and

→ The fresh bedrock (FB) for which the hydraulic conductivity depends on the different geological features (host rock and dyke) and jointing networks, and is therefore highly heterogeneous. It varies between 10^{-10} m/sec and 10^{-6} m/sec.

In addition, the excavation revealed the existence of a few sub-horizontal pervious zones, linked to the geological structure (slightly fractured layers most likely corresponding to tectonic movements affecting different lahar units, characterized by hydraulic conductivities similar to the LCZ).

GEO TECHNICAL CONDITIONS

From the site investigations, the rock conditions were expected to be in the poor to very good range using either NGI's Q system or Bieniawski's RMR approach. It was sufficient to introduce at basic design phase a Geotechnical Baseline Report (ASCE's GBR 2006)

approach and a support design based on rockbolts and shotcrete for all the areas to be supported. The main limitation was, due to the geological conditions defined above, the impossibility to issue a map of expected rock quality along the planned layout, even if it was acknowledged that in some areas, the weathered conditions could appear deeper. It was therefore considered that the rock description based on statistics from cored boreholes at project depth would be sufficient for setting up the contractual baseline.

The approach was more deterministic for the chances of water inflows, and the estimated locations for these inflows were included in the baseline, such as near the expected dykes and faults. The baseline rock properties, in addition to the definitions of working zone and support zone, were used for the contractor to evaluate his excavation and support means, schedule and excavation rates.

During detailed design and early excavation phases, the two empirical systems were mapped before validation. NGI's Q system was eventually adopted for support with the possibility and need to have a flexible approach.

For instance, the possibility to reduce bolt length according to Q system's ESR concept when only structural instabilities are feared or the more deterministic approach on expected typical wedge thickness was one of the possible variations discussed. Basically, the most conservative and safe approach was chosen and applied.

The main geotechnical concern was the likely occurrence of mega wedges (huge blocks); the known limitations of empirical method on the matter and high quality (in terms of geometry and geology) mapping were applied to address this issue.

Another likely failure mode was due to possible beam flexure of bedded layers once the water pressure could come back to its original values. Further to the NGI's support chart, the NIOSH approach for near-horizontal bedded sedimentary deposits has been followed, and dedicated "bedding bolts" installed at roof area. In the caverns, no re-bolting has been required before bench excavation.

KEY FACTS DURING CONSTRUCTION OF THE PROJECT

The excavation of all the underground parts adopted the Drill and Blast method, using three booms Jumbos, emulsion explosive, non-electric detonators, payloaders, 12 tons capacity road trucks (6x4), wheel excavators and breakers, and the support implemented with the NATM method, using shotcrete machines and rock bolts drilled with the Jumbos and sealed with cement grout mix. This choice of flexible method was due to the various sections to be excavated in different tunnels, relatively short length of individual tunnels, expected heterogeneous hydrogeological conditions, and the number of faces to be excavated at the same time to complete the project within a reasonable time frame (excavations have been completed in four years).

All the methods and equipment used were standard ones, and highlights from this project were taken from some of its other specificities:

- 3.5 million cubic meters of rocks (bulked volume) excavated with all material, equipment and human access through two 130m deep shafts;
- The entire project was developed beneath the sea with high permeability expected at some locations, and antagonistic requirements between reducing the amount of final seepage water into the tunnels and caverns, and forcing water supply to saturate the rock mass;
- Multicultural environment.

LIMITED ACCESS THROUGH TWO SHAFTS

For underground access and mucking out, the contractor has installed two 45 tons capacity Truck-Lifts (T-Lifts) in each access shaft with a 100m/min peak velocity.

These T-Lifts have allowed for greater flexibility in the works, serving both levels of the underground network:

- Ability to instantly bring in or out



9 © JTC

any equipment without dismantling (except booms of Jumbos not fitting inside the cage and excavators bigger than 45 tons);

- Ability to perform regular maintenance of equipment in aboveground workshop;
- Ability to muck out directly from the excavation faces using 6x4 road trucks, without transshipment. Used concurrently with other services during excavation peak

9- Water ingress.

10- Cavern view1.

11- Cavern view2.

9- Venue d'eau.

10- Vue de caverne 1.

11- Vue de caverne 2.

period, the mucking out rate was up to 21,000m³/month/T-Lift (35 to 40m³/h per T-Lift);

- Ability to deliver directly to the excavation faces 6m³ concrete trucks from the outside concrete plant; and
- Ability to provide access for up to 250 workers at the same time at shift changes.

Another challenge was to install the necessary ventilation for all excavation faces (up to 15 concurrent faces) not only in the shafts, but also in the galleries. The choice was to install only blowing ventilation from the top of the shafts, through four 2,400mm diameter ducts in each shaft (three for level 1, five for level 0), then split in various branches in the galleries, according to the needs. This scheme didn't allow for flexibility in the excavation cycles as blasts had to be conducted during break time or shift changes, as the blast fumes would travel along the galleries and the shafts. However, as the limiting factor was the mucking out capacity in the shafts, the number of open faces provided the necessary volume of muck to maintain the peak mucking out capacity, even with limited window periods for blasting.

WATER MANAGEMENT

The excavation of the Level 1 facilities, partly located in the Low Confined Zone, had been conducted in the presence of large amount of seepage water, and systematic pre-grouting ahead of excavation face had to be performed, involving more than 120,000m of drilled and more than 5,000m³ of grouted volume. The grouting rounds were limited to 12m ahead from the face, due to limitation in the drilling



10



11 ©



© JTC
12



13

capacity in fractured rock conditions (jamming of drilling rods for longer holes), leading to stops for grouting every two to three blasts.

The need of pre-grouting was detected through systematic investigation holes of two types: long cored investigation holes (60m long with minimum 5m overlap) and short destructive holes (15m long).

The overall amount of seepage water to be pumped out during construction has been limited to a maximum of 500m³/hr. The final flow rate is expected to be around 250m³/hr, after sealing off the water curtain galleries and during operation of the overall storage facility. Each cavern has an individual seepage flowrate less than 40m³/h, and the water collected in the operation tunnels at Level 1 is treated aboveground before being re-injected into the water curtain galleries.

The difficulty was to find the balance between keeping the rock mass saturated (via systematically forcing re-injection of water through boreholes around the caverns) and limiting the amount of seepage water collected in the caverns and operation tunnels (via performing thorough pre-grouting of the rock mass). This has been managed using a detailed daily follow-up of all quantities of water pumped out and injected, supplemented with a network of manometers drilled from underground and monitoring the pressure in the rock mass.

MULTICULTURAL ENVIRONMENT

One of the challenges of this project has been to integrate the various ways of thinking and working among the various parties involved. The project team comprises a Singaporean developer, Norwegian project manager, French

and Singaporean consultants, Japanese and Korean contractors, Philippines engineers, Indian and Bangladeshi workers, vendors and suppliers from all around the world, all with different technical views, opposite habits, and wide cultural differences.

BRIEF CONCLUSION

To bring this project from the drawing board to reality, a team of international experts and specialists worked together, and adopted classical methods to develop the deepest known underground public works endeavor in Singapore to date. It is a significant project by its size as a commercial underground storage for liquid hydrocarbons, and is important in Singapore's strategy for developing the chemicals industry.

JRC is an engineering and construction success. Its construction, even if not impressive regarding the techniques used was however a challenge by the volume of underground excavation in a complex network on several levels, only connected to the ground by two shafts, and entirely located under the sea, partly in permeable rocks.

The first two caverns are now in operation and product is stored, whilst the other three caverns are underway with excavation completed. □

1- Bukit Timah Hill, 163.63 m.

12- Cavern view3.

13- Operation shaft.

12- Vue de caverne 3.

13- Puits.

MAIN PARTIES INVOLVED ON THE PROJECT

DEVELOPER: JTC Corporation

PROJECT MANAGER: Sintef - Tritech - Multiconsult (STM)

CONSULTANT (BASIC DESIGN AND SUPERINTENDING OFFICER DURING CONSTRUCTION): Geostock - Jurong Consultant (GK-JCPL)

CONTRACTOR (DESIGN AND BUILD): Hyundai Engineering and Construction (HDEC)

ABSTRACT

LA CONSTRUCTION DES « JURONG ROCK CAVERNS » À SINGAPOUR

PASCAL BRIAND, GEOSTOCK - PHILIPPE VASKOU, GEOSTOCK - THIERRY YOU, GEOSTOCK

Le projet des « Jurong Rock Caverns », décidé en 2006 par la Jurong Town Corporation, agence de l'état de Singapour, a donné lieu à une excavation à une profondeur de plus de 150 m sous le niveau de la mer, sur l'île de Jurong à Singapour, afin de réaliser des installations de stockage commercial de pétrole d'une capacité globale de 1,47 millions de m³. Plus de 2 millions de m³ ont été excavés par minage classique « drill and blast » dans des roches sédimentaires, en utilisant deux puits d'accès verticaux. Même si, dans l'ensemble, les méthodes mises en oeuvre n'étaient pas révolutionnaires, la gestion des venues d'eau et le recours à quatre élévateurs de capacité 45 t installés dans les puits ont été deux éléments-clés pour la réalisation du projet, dans un réseau complexe de galeries souterraines, comportant des cavernes d'une hauteur de près de 30 m et une d'une portée de 20 m. □

LA CONSTRUCCIÓN DE LAS "JURON ROCK CAVERNS" EN SINGAPUR

PASCAL BRIAND, GEOSTOCK - PHILIPPE VASKOU, GEOSTOCK - THIERRY YOU, GEOSTOCK

Decidido en 2006 por Jurong Town Corporation, una agencia gubernamental de Singapur, el proyecto Jurong Rock Caverns ha requerido una excavación hasta más de 150 m por debajo del nivel del mar en la isla de Jurong (Singapur) para albergar depósitos subterráneos de petróleo con una capacidad total de 1,47 millones de m³. Ha sido preciso excavar más de 2 millones de m³ por el método clásico "blast and drill" en rocas sedimentarias desde dos pozos de acceso verticales. Aunque en general los métodos utilizados no son revolucionarios, la gestión del agua y el uso de cuatro ascensores de 45 toneladas de capacidad instalados en los pozos fueron dos factores clave en la licitación. El proyecto está formado por una compleja red de galerías subterráneas y por unas cavernas excavadas de casi 30 m de altura y 20 m de diámetro. □



1
© SOLETANCHE BACHY

PORT D'AGUADULCE : LA PRÉFABRICATION RACCOURCIT LES DÉLAIS

AUTEUR : KARIM CHENIOUR, DIRECTEUR DE PROJET, SOLETANCHE BACHY

LA RÉALISATION DE CETTE INFRASTRUCTURE PORTUAIRE, SOUMISE À DES CONTRAINTES DE PLANNING SERRÉES, A NÉCESSITÉ DES ÉTUDES DE DESIGN SPÉCIFIQUES ET LA MISE AU POINT D'ÉLÉMENTS STRUCTURAUX PARTICULIERS.

La ville de Buenaventura, située dans le département Valle del Cauca, abrite le port industriel le plus important de Colombie. Situé sur la côte du Pacifique, il occupe une position stratégique pour tous les échanges commerciaux avec la Chine et, de manière plus générale, avec les autres pays ayant cette façade maritime en commun. Pour développer et renforcer cet avantage commercial concurrentiel, la Sociedad Puerto Industrial del Aguadulce (SPIA) - née du rapprochement de PSA et International Container Terminal Services, Inc. (ICTSI) - a mis sur pied le projet de terminal à conteneurs multi-utilisateurs d'Aguadulce - la construction d'un terminal minéralier, situé à proximité, figure également au programme - qui sera raccordé aux infrastructures existantes via l'aménagement de 21 km de route d'accès. Soletanche Bachy Cimas, filiale de Soletanche Bachy en Colombie et la direction Grands Projets



2
© SOLETANCHE BACHY

1- Vue d'ensemble du chantier.

2- Ateliers de mises en place des pieux (ponton flottant et plate-forme sur pieux).

1- Overall view of the construction site.

2- Pile placing equipment (floating pontoon and platform on piles).

du groupe Soletanche Bachy prennent part, en groupement avec le colombien ConConcreto, à la construction du quai de 600 m de long sur 45,60 m de large et de sa passerelle d'accès de 165 m de long (largeur 14 m), infras-

tructures entièrement gagnées sur la mer (figure 1). À ces infrastructures vient s'ajouter une plateforme de transition de 832 m² (26x32 m), destinée au transbordement et au stockage des conteneurs.

PROJET EN ÉTUDES ET CONSTRUCTION

Le chantier doit être réalisé dans les délais impartis. Pour ce faire, le groupement, qui effectue les travaux dans le cadre d'un projet en Études et



© SOLETANCHE BACHY

Construction, a apporté quelques modifications au design initial, le mot d'ordre étant de simplifier les travaux. Il a donc été décidé de privilégier au maximum la préfabrication afin, du fait de la situation en mer, de minimiser autant que faire se peut les opérations de coulage. Cette option technique a, pour l'heure, porté ses fruits puisque la fin des travaux est prévue pour novembre 2015, soit avec 5 à 6 mois d'avance sur le planning contractuel. À noter que cette modification du design initial a, en corollaire, permis d'alléger la structure et donc de garantir une meilleure résistance aux séismes.

Dans la pratique, le quai est fondé sur 486 pieux métalliques (1 219 mm et 914 mm de diamètre) vibrés battus classiquement - 60 éléments pour la plateforme et la passerelle d'accès - répartis sur six files espacées de 7,60 m (trame longitudinale de 7,50 m).

3- Vibrofonçage des pieux depuis une plate-forme (posée sur pieux).

4- Mise en place des têtes de pieux « bouchon de champagne ».

5- Installation des poutres, coffrage et bétonnage des nœuds.

3- Vibropiling of piles from a platform (placed on piles).

4- Installing "champagne stopper" pile caps.

5- Installing beams, formwork and concreting of truss joints.

Ces éléments, ancrés de 10 à 20 m dans le sol, ont une longueur variant de 15 à 51 m (figures 2 et 3). Une des principales difficultés a en effet découlé du caractère hétérogène des terrains, constitués principalement d'argiles. Cette géologie variable implique parfois de raccourcir les tubes par rapport aux longueurs théoriques des études, ces mêmes calculs devant aussi, à l'inverse, être revus à la hausse dans certaines zones, avec donc comme obligation de rallonger les tubes en cours de battage. La marée de 4 m, deux fois par jour, n'a pas été, en soi, une difficulté durant la mise en œuvre mais plutôt lors des phases d'approvisionnement. Le transport des tubes s'effectuait, en effet, par voie maritime, l'accessibilité à la zone de fabrication, située à une vingtaine de minutes en bateau, fluctuant en fonction des marées. Contrainte qui s'est reproduite lors de l'acheminement des

premiers éléments préfabriqués, produits également dans une zone spécifique éloignée du chantier, avant que l'achèvement des travaux de la plateforme et de la passerelle ne permette leur transport par camions, depuis la terre ferme.

TÊTES BOUCHON DE CHAMPAGNE

L'innovation majeure du projet réside dans la conception des 544 têtes de pieux qui ont été préfabriquées, et non coulées en place comme c'est habituellement le cas sur un ouvrage de ce type, avec donc les gains de temps et le confort de mise en œuvre qu'engendre cette méthodologie. Ces éléments, qui s'insèrent à l'intérieur du tube - à l'image d'un bouchon de champagne (figure 4) - sont constitués d'une tête en béton rectangulaire ou carrée (section de 2,30 m x 2,30 m à 1 x 1,50 m), prolongée par un appendice circulaire en béton armé, de 2,50 à 3 m de longueur, qui vient se loger dans le tube, une hauteur libre équivalente ayant été bien entendu préalablement ménagée lors de leur mise en place dans les pieux. La tête de pieu est ensuite solidarifiée au reste de la fondation par l'intermédiaire d'un coulis de ciment, après mise en œuvre d'un joint gonflant à la base, injecté dans le vide annulaire résiduel entre la tête et le tube métallique.

Côté formulation, le béton, commun à l'ensemble des éléments préfabriqués, est un C45/60 offrant des performances élevées en termes de densité (perméabilité inférieure à 1 000 Coulomb) afin, de pouvoir résister au caractère très agressif de l'environnement marin. ▷



© SOLETANCHE BACHY



Une formulation spécifique, à base de fumée de silice, a également été employée pour permettre un décoffrage rapide des pièces préfabriquées, produites à proximité de la ville de Medellín, à deux jours de route du chantier, celles-ci arrivant sur site 7 à 10 jours après leur coulage.

Les travaux se sont poursuivis par la pose des 621 poutres préfabriquées (figure 5) dont le poids atteignait jusqu'à 30 t pour les plus lourdes (1,33x1,47x6,11 m) ; leur section, ainsi que l'épaisseur des 1 261 prédalles préfabriquées (figure 6) de 19 t maximum (0,38x3,18x6,53 m), avaient été revues à la hausse par rapport au design initial. L'objectif consistait à diminuer l'épaisseur de la dalle de compression et donc, là encore, à réduire les opérations de bétonnage in situ.

UN PHASAGE À TIROIRS

Autres pièces préfabriquées, prévues initialement coulées en place, constitutives du puzzle : les 41 supports de défense dans lesquelles sont ancrés les équipements de protection du quai et les bollards (figure 8). Ces éléments de 26 t, en forme d'équerres, sont positionnés en console en tête de quai. Ils sont ancrés sur les poutres transversales arrière, leur mise en place et leur maintien, en phase provisoire, étant assurés par un système de support métallique. Quant aux opérations de coulage des nœuds (figure 5), elles ont été effectuées au moyen d'une centrale à béton (formulation identique à celle des éléments préfabriqués), posée sur un ponton flottant acheminé jusqu'aux zones de bétonnage par l'intermédiaire d'un remorqueur. À noter que le projet est conditionné par le respect de trois dates de livraison correspondant chacune à la réalisation d'une partie spécifique de l'ouvrage.

La plateforme, la passerelle et 320 m de quai devaient être impérativement terminés le 15 mai 2015 afin de débiter l'installation des rails, permettre la livraison des premières grues portuaires (figures 9, 10 et 11) et le travail des équipes en charge de leur montage. Autres dates butoir : 1^{er} octobre 2015, pour les 80 m suivants et enfin 1^{er} avril 2016 pour l'ensemble du quai. Des exigences de planning qui ont pour conséquence de générer une forte imbrication des tâches ainsi qu'une grande coactivité sur le chantier. Un des objectifs était donc de pouvoir poser les prédalles et bétonner, après ferrailage, la dalle de compression le plus vite possible, une fois les nœuds



6

© SOLETANCHE BACHY



7

© SOLETANCHE BACHY

coulés - en respectant un temps de séchage moyen de 24 à 48 h, ceci afin de pouvoir circuler rapidement sur l'ouvrage. Pour ce faire, la dalle de compression a été coulée au fur et à mesure de l'avancement (figure 7), en progressant longitudinalement par tronçons de 22,50 m (correspondant à trois files de pieux), autrement dit par plots d'environ 1 000 m².

Afin de pouvoir intervenir facilement dans les différentes zones du chantier, une formulation du béton a été spécifiquement développée pour le coulage de la dalle de compression, le béton pouvant être pompé depuis la centrale principale située à terre jusqu'à 350 m de distance. En termes de matériels, le projet aura nécessité, outre la centrale sur ponton flottant, 7 grues de manu-

6- Installation des prédalles préfabriquées depuis le ponton flottant.

7- Ferrailage et bétonnage de la dalle de compression.

8- Porte défensive en forme d'équerre en préparation avant installation.

6- Installing precast formwork units from the floating pontoon.

7- Compression slab reinforcement and concreting.

8- Bracket-shaped protective door, being prepared before installation.



8

© SOLETANCHE BACHY



9



10



11

9- Premiers portiques installés.
10- Premiers portiques installés et livraison des nouveaux portiques.
11- Livraison des premiers portiques.

9- First port cranes installed.
10- First port cranes installed and delivery of new portal frames.
11- Delivery of the first port cranes.

tention (capacités de 3x250 t, 200 t et 3x180 t) montées sur plateforme sur pieux ou ponton flottant. Dernière spécificité du chantier : un effectif de 650 personnes constitué, en grande partie, de main d'œuvre locale qu'il a fallu former et qualifier avec pour obligation contractuelle d'avoir 100% de la main d'œuvre non qualifiée et 50% de la main d'œuvre qualifiée en provenance de la communauté locale. □

QUANTITÉS

544 pieux diamètres 1219 et 914 mm (longueur 15 à 51 m)
544 têtes de pieux
621 poutres préfabriquées
41 supports de défense
1 261 prédalles

INTERVENANTS ET CALENDRIER

MAÎTRE D'OUVRAGE : Société Portuaire et Industrielle d'Aguadulce
ENTREPRISES : Groupement Soletanche Bachy Grands Projets/ Soletanche Bachy Cimas (leader)/ConConcreto
SIGNATURE DU MARCHÉ : février 2014
DÉMARRAGE DES TRAVAUX : août 2014
DATE CONTRACTUELLE D'ACHÈVEMENT : avril 2016

ABSTRACT

PORT OF AGUADULCE: PREFABRICATION SHORTENS WORK TIMES

KARIM CHENIOUR, SOLETANCHE BACHY

The future multi-user container terminal of Aguadulce, located in the Colombian port of Buenaventura, comprises the construction of a 600 x 45.60 m quay and its 165 x 14 m access gangway, as well as an 832 m² platform. The project, promoted by Sociedad Puerto Industrial del Aguadulce (SPIA), is being performed on a Design and Build basis by Soletanche Bachy Cimas and the Major Projects division of the group, in partnership with the Colombian firm ConConcreto. To meet the assigned deadlines, the consortium proposed a special quay design, supported by foundations on piles, and the development of a special methodology, including the design of special pile caps, aiming to give priority to prefabrication techniques insofar as possible. □

PUERTO DE AGUADULCE: LA PREFABRICACIÓN ACORTA LOS PLAZOS

KARIM CHENIOUR, SOLETANCHE BACHY

La futura terminal de contenedores multi-usuarios de Aguadulce, situada en el puerto colombiano de Buenaventura, incluye la construcción de un muelle de 600 x 45,60 m y su pasarela de acceso, de 165 x 14 m, así como de una plataforma de 832 m². Los estudios y la ejecución del proyecto, impulsado por Sociedad Puerto Industrial del Aguadulce (SPIA), están siendo llevados a cabo por Soletanche Bachy Cimas y la Dirección de Grandes Proyectos del Grupo, en asociación con la compañía colombiana ConConcreto. Para cumplir con los plazos previstos, la agrupación ha presentado un diseño específico de muelle sustentado por pilotes y ha creado una metodología específica que incluye el diseño de cabezales de pilote especiales que privilegia al máximo las técnicas de prefabricación. □



1

© EMCC

CONSTRUCTION D'UN QUAI POUR LA CIMENTERIE DANGOTE À DOUALA

AUTEURS : SAMUEL DEMOLLIENS, DIRECTEUR D'AGENCE AFRIQUE DE L'OUEST ET CENTRALE, EMCC - JOËL WAGUELA, CONDUCTEUR PRINCIPAL DES TRAVAUX, EMCC - FLORENT ZENDRINI, CONDUCTEUR DE TRAVAUX, EMCC - JEAN-YVES COLAS, INGÉNIEUR MÉTHODES DE LA DIRECTION TECHNIQUE, EMCC

POUR LES BESOINS D'APPROVISIONNEMENT EN CLINKER DE SA CIMENTERIE À DOUALA AU CAMEROUN, L'INDUSTRIEL NIGÉRIAN ALIKO DANGOTE INVESTIT DANS LA CONSTRUCTION D'UN QUAI DE 200 M ET DANS LE DRAGAGE DU CHENAL D'ACCÈS. LES TRAVAUX SONT RÉALISÉS PAR LE CONSORTIUM EMCC/SOGEA SATOM SOUS LA MAÎTRISE D'ŒUVRE DU BUREAU D'ÉTUDE CAMEROUNAIS PI ENGINEERING.

PRÉSENTATION DES TRAVAUX

Le quai (figure 3) a été conçu pour recevoir des navires vraquiers de 25 000 t. L'ouvrage est implanté sur la rive gauche du fleuve Wouri (figure 2), à 500 m en aval du 2^e pont de 780 m en cours de construction.

Cette infrastructure est un combiwall (figure 4) constitué de profilés HZ880 fondés à -19,5 mZh et de palplanches AZ26 fondées à -16,0 mZh.

Les profilés sont protégés de la corrosion par une épaisseur sacrificielle d'acier de 2,75 mm, une peinture anti-corrosion et une protection cathodique par courant imposé.

Le rideau principal est relié au rideau d'ancrage situé 25 m en retrait (palplanches AZ14 fondées à -10,0 mZh) par des tirants en tête espacés de 1,5 m.

La poutre de couronnement en béton armé est le support des accessoires de quai (défenses SNC 1100, bollards de 150 t, échelles de quai).

Le quai recevra une tour de transfert au sud, deux trémies mobiles et un convoyeur directement connecté à l'usine, dont les fondations sont constituées de semelles BA assises sur des pieux métalliques Ø 813 mm, fondés à -23,2 mZh.

1- Drague à cutter Black Pearl.

1- Black Pearl cutter suction dredger.

Le terre-plein est en pavés posés sur un remblai en sable provenant du dragage du bassin après un tri densimétrique. Pour permettre l'accès au quai à des navires de 10 m de tirant d'eau, des travaux de dragage sont prévus (1 mil-

lion de m³), avec refoulement des produits de dragage pour remblayer un terrain au profit de la communauté locale en amont des ponts sur le Wouri.

PLATEFORME PROVISOIRE DE TRAVAIL

Le projet prévoit la réalisation des travaux de construction du quai par voie terrestre, à partir d'une plateforme provisoire (figure 5) à mettre en œuvre au démarrage du chantier, sur une surface de 2 ha, gagnée et aménagée par remblai hydraulique de 145 000 m³.

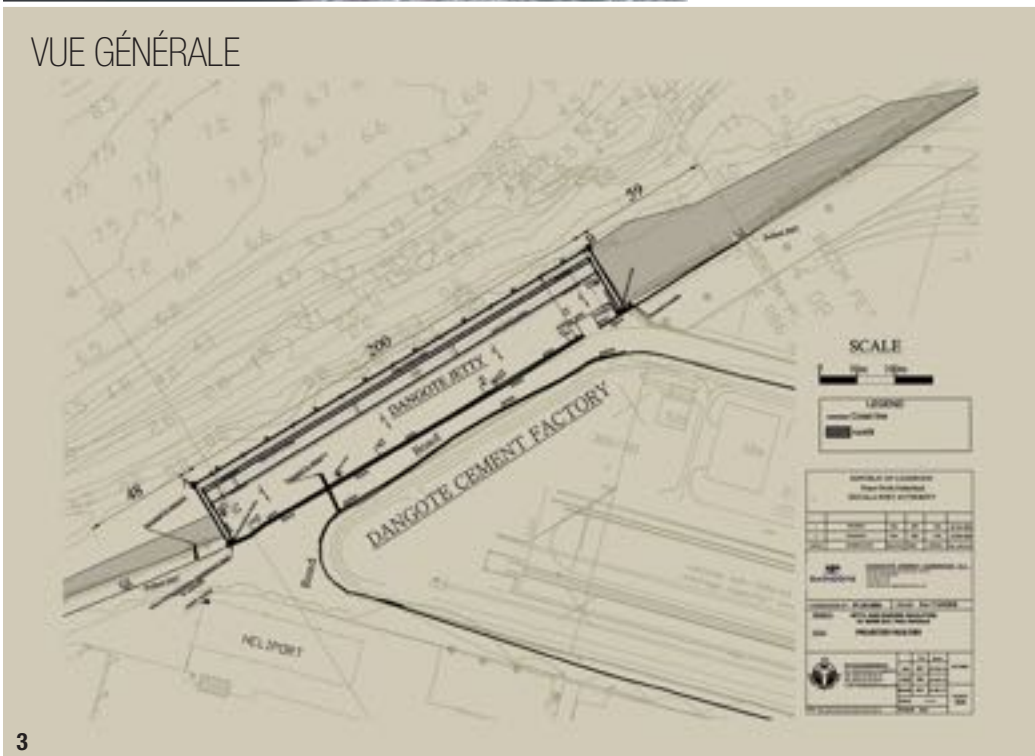
Compte tenu des risques de coactivité liés à la navigation mal maîtrisée sur le



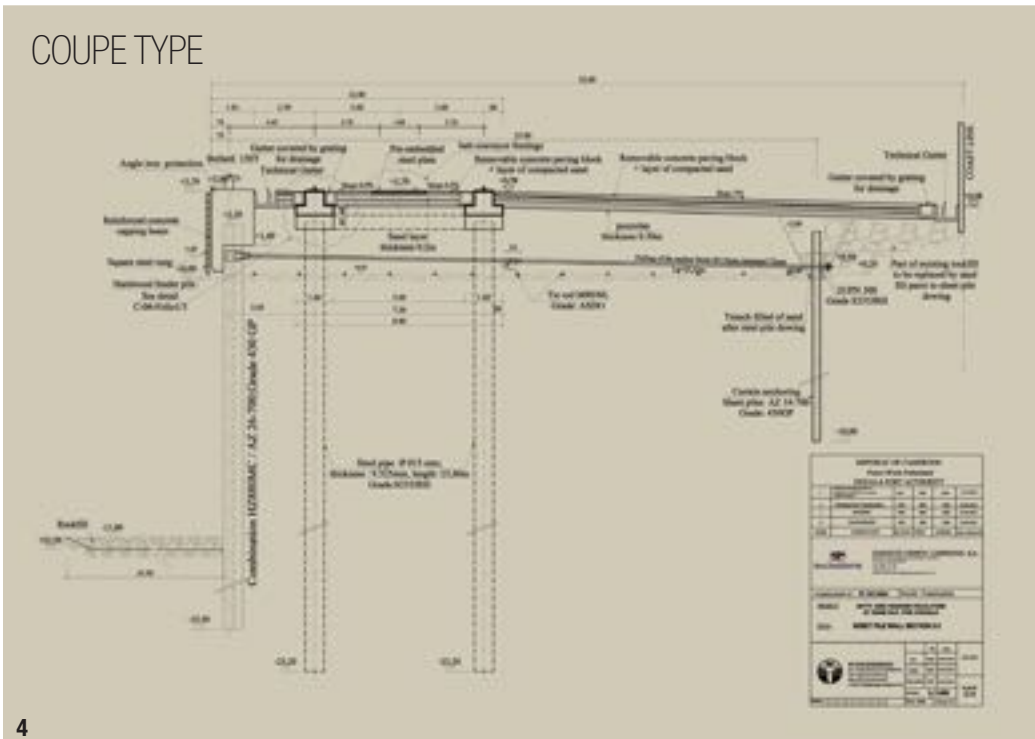
- 2- Plan de situation.
- 3- Vue générale.
- 4- Coupe type.

- 2- Location drawing.
- 3- General view.
- 4- Typical section.

VUE GÉNÉRALE



COUPE TYPE



fleuve, les travaux de remblai hydraulique de la plateforme provisoire sont finalement réalisés au moyen d'une drague stationnaire à cutter plutôt que par le moyen de drague porteuse en mouvement initialement envisagé. Cette option est rendue possible compte tenu également des emprunts de sable de bonne qualité situés dans le bassin à proximité immédiate du chantier.

Face aux contraintes de délai et d'engorgement du port de Douala pour le trafic cargo, l'entreprise a pris l'option d'utiliser sa plateforme auto-élévatrice « Shirine » (figure 6) disponible à Lomé pour transporter son matériel de dragage positionné au Togo (conduites, flotteurs, containers, multicat, etc.). L'ensemble sera remorqué jusqu'au quai oil & gas de Bolloré à Douala, qui dispose d'un tirant d'eau de 4 m suffisant pour la jack-up.

La drague aspiratrice « Black Pearl » (figure 1), est mobilisée dans le même temps par un autre remorquage également en provenance de Lomé.

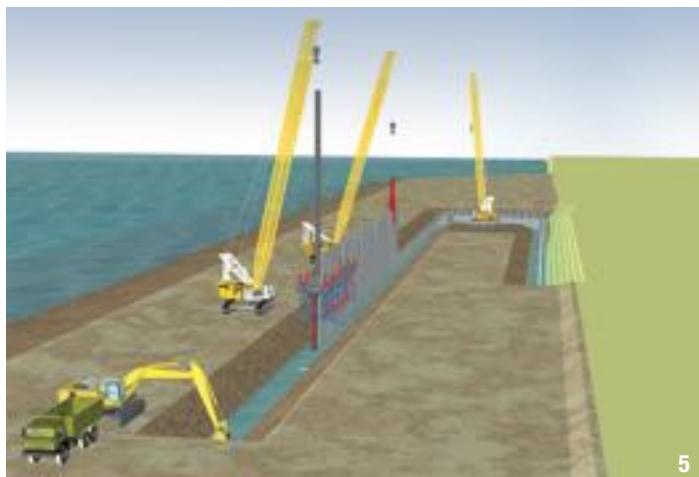
Les travaux de remblai hydraulique de la plateforme provisoire seront réalisés en un mois, avec des pointes de rendement à 10 000 m³/j.

TRAVAUX DE BATTAGE

Les méthodes de construction concernant la mise en œuvre des rideaux du quai (études de battage, conception des guides, etc.) ont été établies par la direction technique de Emcc située à Chevilly-Larue.

L'étude a débuté par l'analyse des conditions de sol. La difficulté a été de réaliser un modèle suffisamment réaliste pour les études de battage avec le peu de données géotechniques disponibles. Les résultats obtenus ont été confortés par ceux constatés par le retour d'expérience du chantier du pont de Wouri dont les travaux de fonçage de palplanches étaient quasi similaires. Sur la base de ces études, le matériel mobilisé pour les travaux de battage est composé du vibrofonçeur 65HD et du marteau hydraulique S70 pour l'atelier du rideau mixte puis du vibrofonçeur 30H1 et du marteau hydraulique SC50 pour le fonçage des tubes Eco hopper. Le rideau d'ancrage est uniquement foncé avec le vibrofonçeur 30H1.

Les travaux de battage étant réalisés par voie terrestre et compte tenu de la longueur des profilés à battre (21,8 m), il a été développé un guide double niveau (figures 7) reposant sur des pieux supports permettant de maintenir le guide à 7 m du sol.



5



6

© EMCC



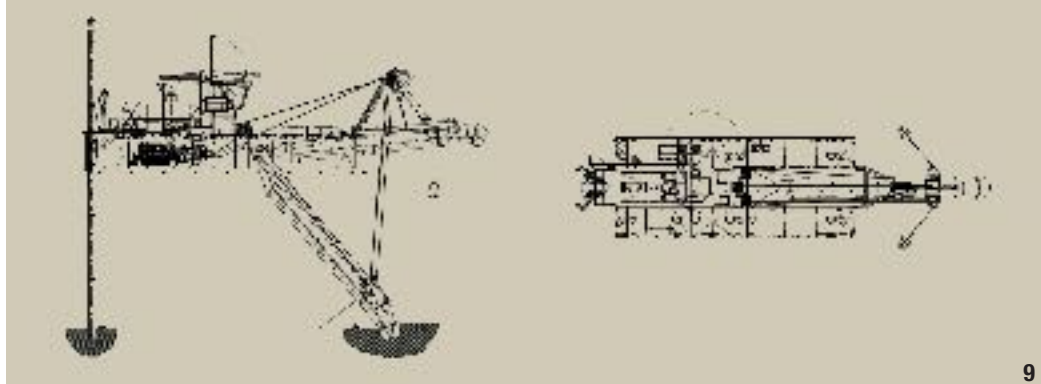
7



8

© EMCC

DRAGUE À CUTTER IHC BEAVER 1700



9

© IHC

- 5- Plateforme provisoire.
- 6- Plateforme autoélevatrice Shirine.
- 7- Guide de battage du rideau mixte.
- 8- Guide de battage en 3D.
- 9- Drague à cutter IHC Beaver 1700.

- 5- Temporary platform.
- 6- Shirine self-jacking platform.
- 7- Composite screen pile driving guide.
- 8- Pile driving guide in 3D.
- 9- IHC Beaver 1700 cutter suction dredger.

Une attention particulière vis-à-vis de la sécurité du poste de travail a été apportée dans la conception de ce guide, afin de sécuriser les déplacements d'un niveau à l'autre et le long de la plateforme de travail, tout en permettant aux compagnons d'avoir un accès suffisant pour la réalisation des vérifications nécessaires lors du battage. Les guides de battage du rideau principal et des pieux Eco hopper ont été intégralement conçus en 3D (figure 8) par la direction technique d'Emcc, puis fabriqués à Douala. Les travaux de battage sont réalisés en

trois ateliers, sur 2 postes de 2 x 10h. Les moyens mobilisés comptent notamment 3 grues sur chenilles à flèche treillis :

- Une 130 t pour le rideau principal ;
- Une 110 t pour l'atelier des tubes ;
- Une 80 t pour l'atelier du rideau d'ancrage.

L'analyse de la configuration de ces 3 ateliers a été réalisée par l'intermédiaire de plans et phasages 2D & 3D associée à des études de cadences détaillées, afin de permettre une optimisation du planning de construction et de la coactivité des opérations.

TRAVAUX DE DRAGAGE

Les travaux de dragage du bassin sont réalisés avec la même drague stationnaire que pour la réalisation de la plateforme provisoire de travail.

La drague « Black Pearl » est une drague à cutter IHC Beaver 1700 (figure 9). La puissance totale installée est de 1 249 kw, et la puissance de son cutter (Ø 1455 mm) est de 170 kw.

La drague progresse par passes successives, en s'appuyant sur son pieu arrière ancré dans le terrain, en traction sur son système de papillonage à l'avant (ancres de 500 kg) pour orienter

le cutter sur une largeur de passe de 60 m. Le positionnement est effectué par DGPS. En fonction des terrains rencontrés, la hauteur de passe peut atteindre jusqu'à 6 m et les meilleurs

rendements observés sont de l'ordre de 10 000 m³/j.

Le relevage des ancrs, les travaux d'entretien du cutter ou encore de déplacement des conduites flottantes sont réalisés par le bateau de servitude « Granville » (figure 10). Il s'agit d'un multicat Damen de 10 m x 5 m, disposant d'une puissance de 177 kw. Une vedette de bathymétrie, équipée en sondeur monofaisceau et DGPS, réalise le suivi des travaux et les relevés des fonds en permanence.

Les produits de dragage sont refoulés sur le dépôt situé à 2 km, par le moyen de conduites de refoulement de Ø 500 mm, dont une partie est flottante (environ 1/3) et le reste terrestre.

Sur le dépôt, le client a défini des zones prioritaires pour le remblaiement des terrains des communautés locales sur lesquels doivent être remblayés les produits de dragage de meilleure qualité. Un tri densimétrique est opéré, en fonction des résultats des essais de laboratoire. Les matériaux sont ensuite orientés par un jeu de vannes sur les terrains appropriés en fonction de leur nature.

Les travaux de terrassements sont mis en œuvre par une pelle et un bull LGP. □

10- Multicat Granville.

11- Aliko Dangote (de gauche à droite : Joël Waguéla, Conducteur Travaux principal, Emcc - Abdullahi Baba, Directeur Général Dangote Cameroun - Jean Louis Petard, Chef de projet Sogea Satom - Aliko Dangote - Dieu-donné Ekouta, Chef de projet PI Engineering).

10- Granville multicat vessel.

11- Aliko Dangote (from left to right: Joël Waguéla, Work Superintendent, Emcc - Abdullahi Baba, Managing Director of Dangote Cameroun - Jean Louis Petard, Sogea Satom Project Manager, Aliko Dangote - Dieu-donné Ekouta, PI Engineering Project Manager).



11

PRINCIPAUX INTERVENANTS

FINANCEMENT / MAÎTRE D'OUVRAGE : Dangote Cement Cameroon / Dangote Group (Nigeria)

MAÎTRE D'ŒUVRE : PI Engineering (Cameroun)

ENTREPRISE : Emcc / Sogea Satom (groupe Vinci)

PRINCIPALES QUANTITÉS

- **COÛT GLOBAL :** 23,5 millions € HT (financement 100% Dangote)
- **ORDRE DE SERVICE DE DÉMARRAGE :** 26 février 2015
- **DÉLAI :** 10 mois
- 145 000 m³ de remblai par refoulement hydraulique pour la plateforme provisoire de travail
- 905 000 m³ de dragage et refoulement des produits à 2 km
- 129 profilés HZ880MC et 133 palplanches AZ 26-700N pour le rideau principal du combiwall
- 174 palplanches AZ 14-700 pour le rideau d'ancrage
- 64 tubes Ø 813 mm, L= 15,60 m pour les fondations du convoyeur
- 123 tirants d'ancrage
- 6 tubes Ø 813 mm, L=15 m pour les fondations des 2 bollards de 200 t
- 2 500 m³ de béton armé
- 8 bollards de 150 t, 2 bollards de 200 t, 7 défenses SNC 1100 E2.3
- 6 000 m² de pavés

IN FINE :

- Un quai de 200 m de long à -11 mZh pour les navires transportant 25 000 t de cargo relié à la cimenterie par un convoyeur
- Un bassin de 18 ha dragué à -10 mZh pour les manœuvres d'accostage et d'appareillage des navires
- 10 ha de terrains marécageux remblayés au profit de la communauté locale



10

ABSTRACT

CONSTRUCTION OF A QUAY FOR THE DANGOTE CEMENT PLANT IN DOUALA

SAMUEL DEMOLLIENS, EMCC - JOËL WAGUELA, EMCC - FLORENT ZENDRINI, EMCC - JEAN-YVES COLAS, EMCC

The Nigerian industrial firm Aliko Dangote continues to invest in cement in Africa, with the opening of new production units notably at Douala in Cameroon. The Douala cement plant has been in production since March 2015. To facilitate its clinker procurements and make it possible to achieve the target of 1.5 million tonnes per year, Aliko Dangote decided to finance and build a 200-metre quay north of the Douala port area, and accordingly obtained a 15-year concession operation in Port Autonome de Douala. The works began in February 2015, for a forecast period of 10 months. □

CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE PARA LA CEMENTERA DANGOTE EN DOUALA

SAMUEL DEMOLLIENS, EMCC - JOËL WAGUELA, EMCC - FLORENT ZENDRINI, EMCC - JEAN-YVES COLAS, EMCC

La empresa industrial nigeriana Aliko Dangote prosigue sus inversiones en el sector del cemento en África con la inauguración de nuevas unidades de producción, principalmente en Douala, en Camerún. La fábrica de cemento de Douala está operativa desde marzo de 2015. Para facilitar su aprovisionamiento de clinker y alcanzar el objetivo de 1,5 millones de toneladas/año, Aliko Dangote ha decidido financiar y construir un muelle de 200 m al norte de la zona portuaria de Douala, para lo cual ha obtenido una concesión de 15 años en el Puerto Autónomo de Douala. Las obras comenzaron en febrero de 2015, con una duración prevista de 10 meses. □



1
© PHOTOTHÈQUE FREYSSINET

LE PONT DE DAMMAM, UN PROJET STRATÉGIQUE EN ARABIE SAOUDITE

AUTEUR : VINCENT BUTTY, CHARGÉ D'AFFAIRES, FREYSSINET

ENTRE MAI 2012 ET AVRIL 2015, FREYSSINET A PARTICIPÉ AUX TRAVAUX D'AMÉLIORATION DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DU PORT DE DAMMAM EN ARABIE SAOUDITE. CE PROGRAMME COMPRENAIT NOTAMMENT LA CONSTRUCTION D'UN VIADUC DE 2,3 KM QUI PERMET, DANS LA CONTINUITÉ DE LA CORNICHE DE DAMMAM, D'ENJAMBER LA ROUTE TRÈS FRÉQUENTÉE DU PORT, AINSI QUE LA VOIE FERRÉE QUI LE DESSERT. UNE MÉTHODE DE CONSTRUCTION ENCORE INÉDITE EN ARABIE SAOUDITE A ÉTÉ MISE EN ŒUVRE SUR CE PROJET DE PONT À VOUS- SOIRS PRÉFABRIQUÉS, ÉRIGÉ À L'AIDE D'UNE POUTRE DE LANCEMENT.

Capitale de la Province de l'Est et cinquième ville la plus peuplée d'Arabie Saoudite avec 4,1 millions d'habitants, Dammam est en pleine expansion démographique et industrielle. Située sur les rives du golfe arabo-persique, elle occupe une position stratégique entre l'Émirat du Bahreïn au sud, la ville industrielle de Jubail au nord et l'axe menant à Riyad à l'ouest. C'est une ville dynamique, siège de l'industrie pétrolière saoudienne.

Afin d'accompagner son développement, les autorités locales ont lancé un vaste programme d'amélioration des infrastructures routières entre Dammam et Khobar, les deux villes jumelles jouxtant Bahreïn.

Parmi ces améliorations, figurait la construction du pont de Dammam, un franchissement surélevé situé le long de la mer, au niveau de l'intersection entre la route de la Corniche (Coastal Road) et la route du Port (Port Road),

une zone dont le trafic était en permanence paralysé par le passage de trains en provenance du port (figure 2).

1- Opérations d'assemblage de la poutre de lancement.

1- Launching girder assembly operations.

L'OUVRAGE ET SA CONCEPTION

L'ouvrage se compose de 4 viaducs parallèles conçus de sorte que les deux tabliers centraux assurent la prise en charge du trafic principal de la corniche dans chaque direction (North & South Major Bridges) et que les deux rampes adjacentes

permettent l'accès à la route du port. Trois voies de circulation ont été prévues sur chaque pont, à l'exception de la rampe Sud qui n'est équipée que de deux voies. La largeur du tablier est en conséquence de 12,610 m et 10,360 m respectivement. Le tablier est d'une hauteur constante de 3 m sur toute sa longueur. 17 voussoirs composent chaque travée typique de 55 m. Les voussoirs courants ont une longueur de 3,22 m. Les voussoirs sur pile ont, quant à eux, une longueur de 3,32 m. Le profil vertical de l'ouvrage atteint une pente longitudinale de 4 % sur les tabliers centraux, et jusqu'à 6 % sur les rampes d'accès. En plan, l'ouvrage est relativement rectiligne puisqu'il offre un rayon de courbure minimal de 1 700 m. L'implantation des piles s'accorde avec le tracé de la voie ferrée, créant des longueurs de travée très variables, entre 16,40 m et 55 m. Les accès au viaduc ont été prévus sur des remblais réalisés en Terre Armée® qui permettent de minimiser leur emprise et d'offrir un motif architectural élégant avec leurs parements en écailles.

L'ouvrage a été conçu par le bureau d'études Saudi Consolidated Engineering Company (Khatib & Alami) qui s'est orienté vers une solution en voussoirs préfabriqués et béton précontraint. Les travées sont équipées de joints de chaussée au droit de chaque pile et de précontrainte extérieure remplaçable.



2 © PHOTOTHÈQUE FREYSSINET

2- Trafic paralysé par le passage d'un train sur la Corniche.

3- Vue d'ensemble de l'aire de préfabrication des voussoirs.

2- Traffic paralysed by a train passing over the Corniche.
3- Overall view of the segment prefabrication area.

Des appuis à pot font l'interface entre la superstructure et les piles. L'entreprise générale choisie par Dammam Port Authority pour réaliser les travaux est la société saoudienne Al Yamama Company for Trading & Contracting (Al Yamama Co.).

UN ÉVENTAIL DE PRESTATIONS SUR MESURE

Freyssinet est intervenu sur ce projet en tant que spécialiste de la superstructure, depuis la préfabrication des voussoirs jusqu'à la pose des travées et leur mise en précontrainte. L'étendue de la prestation et sa nature ont été adaptées au contexte et aux attentes d'Al Yamama & Co.

qui souhaitait un service sur mesure. Freyssinet a mis à disposition une équipe de spécialistes pour concevoir et organiser l'aire de préfabrication des voussoirs (figure 3). Quatre cellules de préfabrication ont aussi été conçues, fabriquées puis livrées en Arabie Saoudite, afin d'y être assemblées et mises en route. Les opérations de réglage des coffrages (par l'intermédiaire d'un logiciel de contrôle géométrique de conception propriétaire) et de bétonnage ont été supervisées par ce même personnel.

Au-delà de la préfabrication, Freyssinet est intervenu également sur le front de pose des travées. Une poutre de lancement a été modifiée et mise à disposition pour le projet de Dammam (figures 1 et 4). Cet équipement, qui avait été utilisée par le passé sur le projet de Sungai Prai en Malaisie, a nécessité une vérification complète de son dimensionnement, ainsi que la conception et la fabrication de composants neufs adaptés aux caractéristiques du projet. Cette technique de construction a été utilisée pour la première fois en Arabie Saoudite sur ce projet et s'est avérée indispensable en raison de l'impossibilité de couper la circulation de la voie ferrée et de la route du port pendant la construction. Les opérations de levage lourd et de lancement de l'équipement ont été encadrées par Freyssinet, tout comme l'installation de la précontrainte. ▷



3 © PHOTOTHÈQUE FREYSSINET



4

© PHOTOTHÈQUE FREYSSINET

L'USINE DE PRÉFABRICATION

L'usine de préfabrication des voussoirs était organisée en trois zones : la zone de préparation des cages d'armatures, la zone de bétonnage et la zone de stockage des voussoirs préfabriqués. La première zone était dédiée à la découpe et au cintrage des armatures, ainsi qu'à leur assemblage dans des gabarits qui donnent la géométrie exacte de chaque type de voussoir. Ceci permet une fabrication systématique des cages de ferrailage. Cette zone était équipée de 2 grues à tour qui manipulaient les lots d'armatures livrés par camion. Un chariot élévateur d'une capacité de 20 t était également utilisé pour déplacer les cages d'armatures complètes vers la zone de bétonnage. La zone de bétonnage comprenait, quant à elle, un espace pour la livraison du béton et des cages d'armatures, un espace pour les 4 cellules

de préfabrication et un espace pour la finition des voussoirs. Cette zone était équipée d'une grue portique de 175 t pour 25 m de travée, se déplaçant sur rails, au-dessus des 4 cellules de préfabrication (figure 5). Compte tenu du poids relativement élevé des voussoirs sur pile (151 t) par rapport aux autres voussoirs (68 t pour les déviateurs), il était opportun de prévoir également une zone de stockage permanent des voussoirs de piles sous ce portique. La zone de stockage était disposée en continuité de la zone de bétonnage et offrait une capacité de stockage de 102 voussoirs.

Cette zone permettait de disposer d'un stock tampon de voussoirs pour alimenter le front de pose en continu. Une grue portique de 80 t de capacité pour 36 m de portée manipulait les voussoirs notamment pour les charger sur camion.

4- Vue générale de la poutre de lancement sur la rampe Sud.

5- Installation d'une cage de ferrailage dans la cellule.

6- Cellule de préfabrication.

4- General view of the launching girder on the South access ramp.

5- Installing a concrete reinforcing cage in the unit.

6- Prefabrication unit.

DES CELLULES DE PRÉFABRICATION POUR VOUSOIRS À TROIS ÂMES

La méthode de préfabrication mise en œuvre sur ce projet est la méthode dite des « joints conjugués ». Elle consiste à utiliser le voussoir précédemment coulé comme contre-moule, de sorte que les faces de deux voussoirs adjacents soient toujours parfaitement complémentaires.

Cette méthode nécessite des coffrages spécifiques - cellules de préfabrication - qui permettent de préfabriquer le tablier de l'ouvrage voussoir par voussoir en suivant l'alignement horizontal et vertical imposé.

714 voussoirs composent les 48 travées de ce projet, en se déclinant par types comme suit :

- 96 voussoirs de piles (VSP) ;
- 474 voussoirs standards, de longueur fixe à 3,22 m ;



5



6

© PHOTOTHÈQUE FREYSSINET

→ 96 voussoirs déviateurs, permettant la déviation des câbles de précontrainte extérieure ;

→ 48 voussoirs médians, de longueur variable de 1,1 m à 4 m.

Afin de préfabriquer un maximum de voussoirs dans la même cellule et pour éviter des déplacements chronophages de voussoirs fraîchement démoulés d'une cellule vers une autre, les cellules de préfabrication ont été conçues de manière standardisée :

→ 1 cellule spécifique à la préfabrication des VSP ;

→ 3 cellules qualifiées de « versatiles » pour préfabriquer indistinctement des voussoirs standards, déviateurs et médians.

Des composants amovibles et modulaires ont été conçus pour les cellules versatiles afin de pouvoir les convertir rapidement pour chaque type de voussoir. Cette organisation a permis un gain de temps important en pleine production, puisqu'elle concentrait chaque cellule sur la préfabrication d'une travée de bout en bout (à l'exception des VSP, qui sont coulés dans une cellule qui leur est propre).

Les coffrages ont été conçus et fabriqués par Freyssinet avec des exigences de qualité strictes et dans le respect des normes en vigueur. Des vérifications dimensionnelles et géométriques ont été réalisées tout au long de la fabrication des structures métalliques ainsi qu'un pré-assemblage complet avant expédition.



7
© PHOTOTHÈQUE FREYSSINET

7- Levage de la première poutre avec deux grues de 500 t en tandem.

8- Essai de charge.

7- Lifting the first girder with two 500-tonne cranes in tandem.

8- Loading test.

La singularité de cet ouvrage à section trapézoïdale, réside en la présence d'une âme centrale (figure 6). Celle-ci requiert un système plus élaboré qu'à

l'ordinaire avec la présence de coffrages intérieurs en deux parties qui doivent pouvoir se déployer dans un espace restreint lors de l'installation et se rétracter lors du démoulage. Une découpe spéciale des panneaux de coffrage, associée à une combinaison d'articulations, de vérins hydrauliques (ou mécaniques) et d'étais a permis de satisfaire l'ensemble de ces contraintes. La méthode des joints conjugués a permis d'atteindre un cycle de préfabrication d'un voussoir standard par jour. La fabrication d'un voussoir de pile est plus longue, avec 3 jours par voussoir car elle nécessite l'installation des ancrages de précontrainte et le réglage des bossages d'appuis. Enfin, un voussoir déviateur était coulé tous les deux jours. Le travail est organisé en un poste, de jour l'hiver et de nuit

l'été, afin de laisser le temps au béton de faire sa prise.

L'entrée en production de masse s'est faite rapidement grâce à l'automatisation des coffrages au moyen de systèmes hydrauliques. L'objectif de 20 voussoirs par semaine a été atteint après quelques semaines d'apprentissage. La préfabrication complète de l'ouvrage a pris 12 mois.

UNE POUTRE DE LANCEMENT REMISE À NEUF

Les poutres de lancement utilisées sur les chantiers de pose de voussoirs préfabriqués sont généralement conçues sur mesure. Il est toutefois possible de les réutiliser avec une adaptation technique.

Dans le cas du projet de Dammam, la longueur et le poids des travées (1 165 t pour 55 m de portée) ont constitué des contraintes de premier ordre, puisque qu'elles se situaient proches de la limite de pertinence de cette méthode de construction, dite « travée-par-travée ».

Ces données de base présentaient de fortes similitudes avec celles du viaduc de Sungai Prai en Malaisie (tablier de 1 500 t pour 50 m de portée, levé partiellement en encorbellement), dont Freyssinet avait conservé la poutre de lancement. Différents aménagements ont alors été réalisés pour adapter cet équipement au projet de Dammam. Ces aménagements ont notamment consisté en :



8
© PHOTOTHÈQUE FREYSSINET



→ Un rallongement des poutres principales et des renforcements locaux pour satisfaire la nouvelle longueur de travée de 55 m ;
 → La création d'un bracon fixé en console sur la pile ;
 → Une augmentation de la capacité de levage du treuil, de 130 t à 160 t ;
 → Un renforcement du système de déplacement longitudinal pour s'accommoder d'une pente de 6%.
 La conception de ce nouvel outil a été réalisée par les équipes de Freyssinet en Thaïlande. Une analyse des risques a été intégrée à la phase de conception, afin d'identifier et rectifier d'éventuelles situations dangereuses. Cette étude a rassemblé le concepteur, le fabricant et l'utilisateur de l'équipement, ainsi qu'un expert Sécurité afin de passer en revue l'ensemble des opérations effectuées par l'équipement. Les conclusions ont été intégrées dans la conception générale et les méthodes de réalisation des travées.

ASSEMBLAGE ET ESSAI DE CHARGE

L'assemblage de la poutre de lancement a tout d'abord été réalisé au sol. Un maximum d'éléments ont été pré-assemblés afin de pouvoir être levés par des moyens conventionnels et de minimiser le travail en hauteur, facteur de risque important pour les opérateurs. L'opération la plus délicate de l'assemblage a rassemblé deux grues mobiles de 500 t, utilisées en tandem pour lever une à une les deux poutres principales d'une longueur de 71,52 m sur leurs supports (figure 7). Des éléments additionnels ont ensuite été assemblés en encorbellement, de manière à rétablir la longueur totale du lanceur de 127,35 m. L'assemblage s'est terminé par l'installation des contreventements, du treuil, des béquilles avant et arrière

et enfin, du système de suspension des voussoirs. Comme pour tout engin de levage, un essai de surcharge a été réalisé avant la première utilisation du lanceur. Cet essai statique, réalisé dans des conditions particulières de sécurité, consistait à charger la poutre de lancement 20% au-delà de la charge maximale d'utilisation, soit avec 4 voussoirs en plus des 17 voussoirs formant une travée de 55 m (figure 8). Le treuil de levage a lui aussi été testé à 125% de sa capacité en statique et à 110% en dynamique avant de commencer la pose des travées.

LA POSE DES TRAVÉES

La pose des travées a été réalisée au cours d'un cycle d'une semaine (6 jours travaillés) en un poste simple.

9- Livraison d'un voussoir.

10- Système de ripage mis en place.

11- Pose du dernier voussoir le 12 mars 2015.

9- Delivery of a segment.

10- Skidding system placed in position.

11- Placing the last segment on 12 March 2015.

Ce cycle commence par une phase de levage où les voussoirs, livrés par camion, sont suspendus un à un à la poutre de lancement par l'intermédiaire de suspentes (figure 9). Cela permet à la poutre de prendre sa déformée finale avant de commencer à assembler les voussoirs les uns aux autres.

Les voussoirs sont ensuite assemblés au moyen d'une précontrainte temporaire après mise en place d'une colle époxy sur la surface des joints de voussoir. La travée ainsi constituée est toujours suspendue à la poutre de lancement et doit être précontrainte de manière permanente pour devenir autoportante.

La précontrainte extérieure (16 câbles 27C15) a été réalisée selon une séquence bien particulière de trans-





© PHOTO THÉÂTRE FREYSSINET

12

LA PRÉSENCE DE FREYSSINET EN ARABIE SAOUDITE

Freyssinet intervient en Arabie Saoudite depuis 2009 par l'intermédiaire de sa filiale Freyssinet Menard Saudi Arabia (FMSA), dont le siège est établi à Riyad. FMSA est spécialisé dans le domaine des structures précontraintes, notamment les ponts, les bâtiments, les silos et les réservoirs. Les activités de la filiale se concentrent à la fois sur la construction neuve, la fourniture et l'installation d'équipements d'ouvrages, mais aussi la réparation, le renforcement de structures, et enfin la Terre Armée®. FMSA a été impliqué au cours de ces dernières années sur de nombreux projets, tels que les réservoirs de Briman à Jeddah, le projet de Jebel Omar à la Mecque, ou encore la construction du Monorail encerclant le District Financier du Roi Abdullah à Riyad.

fert de charge qui concilie les différences de rigidité entre la travée en béton et la poutre de lancement en acier afin d'éviter que la travée ne se cambre pendant l'opération. La travée ainsi précontrainte et supportée par les piles peut ensuite être déconnectée du lanceur.

L'équipement est enfin lancé sur la travée suivante en utilisant ses supports principaux équipés de roulières et des vérins pousseurs. Avant d'accoster sur la pile suivante, le lanceur atteint une déformée de près d'un mètre en encorbellement maximum.

Les béquilles avant et arrière permettent de rattraper cette déflexion et de relocaliser les supports principaux pendant le lancement. Ces opérations impliquent le déplacement de charges importantes et demandent une préparation minutieuse.

DES OPÉRATIONS SPÉCIALES

La séquence de construction du tablier impliquait aussi des opérations complexes avec une poutre de lancement de cette taille. L'équipement a dû être

12- Vue du tablier en sous-face.

12- Underside view of the deck.

riqué transversalement, une fois arrivé à l'extrémité d'un ouvrage, d'une travée à l'autre directement adjacente (figure 10). Les tabliers n'étant pas au même niveau, une procédure de véri-

nage était nécessaire afin de surélever l'engin de 1 000 t d'une hauteur de 1,5 m avant le ripage, et de le redescendre sur le tablier suivant une fois le ripage terminé.

Les opérations de pose ont pris fin en mars 2015, après 14 mois et demi de construction. L'ouverture du viaduc à la circulation est prévue pour septembre 2015 (figure 11).

UNE AVENTURE HUMAINE

La nature même des prestations réalisées sur ce projet a mené Freyssinet à

constituer une équipe aux compétences diverses et complémentaires, tant en préfabrication, qu'en contrôle géométrique, levage lourd et précontrainte. Quatorze personnes ont été mobilisées pour réaliser la préparation de chantier, la mise en place et les opérations courantes. Indiens, Malaisiens, Marocains, Tunisiens, Australiens, Canadiens et Français ont constitué une équipe pluriculturelle. Au-delà du challenge technique, ceci constitue une remarquable réalisation sur ce projet (figure 12). □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

PROPRIÉTAIRE DE L'OUVRAGE : Dammam Port Authority

ENTREPRISE GÉNÉRALE : Al Yamama Company for Trading & Contracting

BUREAU D'ÉTUDES : Saudi Consolidated Engineering (Khatib & Alami)

CONSULTANT : AMO & Partners Engineering Co.

SOUS-TRAITANT SPÉCIALISÉ : Freyssinet Menard Saudi Arabia

CHIFFRES CLÉS

48 travées

714 voussoirs préfabriqués

4 cellules de préfabrication

1 poutre de lancement de 1 000 t

1 000 tonnes de précontrainte

ABSTRACT

DAMMAM BRIDGE, A STRATEGIC PROJECT IN SAUDI ARABIA

VINCENT BUTTY, SOLETANCHE FREYSSINET

Between May 2012 and April 2015, Freyssinet took part in the construction of a prefabricated-segment bridge at Dammam, on the East Coast of Saudi Arabia. This 2.3-km structure consists of 48 spans of variable length (between 16.4 m and 55 m), 714 segments and 1,000 tonnes of external prestressing. For this project, the Freyssinet teams provided technical assistance for setting up the prefabrication area, the supply of four segment prefabrication units, geometrical checking, supervision of deck laying, and the supply and installation of prestressed members. A launching girder was used, for the first time in Saudi Arabia. This equipment, coming from a previous project carried out in Malaysia, was completely refurbished and adapted. □

EL PUENTE DE DAMMAM, UN PROYECTO ESTRATÉGICO EN ARABIA SAUDÍ

VINCENT BUTTY, SOLETANCHE FREYSSINET

Entre mayo de 2012 y abril de 2015, Freyssinet participó en la construcción de un puente formado por dovelas prefabricadas en Dammam, en la costa este de Arabia Saudí. Esta construcción de 2,3 km está formada por 48 tramos de longitud variable (entre 16,4 m y 55 m), 714 dovelas y de 1.000 t de pretensado exterior. Para este proyecto, los equipos de Freyssinet se han encargado de la asistencia técnica para la creación del área de prefabricación, el suministro de 4 células de prefabricación de dovelas, el control geométrico, la supervisión de la colocación del piso y el suministro y la instalación del pretensado. Se ha utilizado una viga de lanzamiento, una primicia en Arabia Saudí. Este equipo, previamente empleado en un proyecto realizado en Malasia, ha sido completamente reacondicionado y adaptado. □



1

© BOUYGUES TP

3^e PONT D'ABIDJAN - VIADUC SUR LA LAGUNE

AUTEUR : JEAN-YVES BROSSETTE, RESPONSABLE DE PRODUCTION, BOUYGUES TP

CET OUVRAGE FAIT PARTIE DU NOUVEL AXE AUTOROUTIER À PÉAGE DE 6,7 KM QUI RELIE LES BOULEVARDS FRANÇOIS MITTERRAND AU NORD ET VALÉRY GISCARD D'ESTAING AU SUD, AU CŒUR DE LA CAPITALE ÉCONOMIQUE DE CÔTE D'IVOIRE. IL PERMET DE DÉSENGORGER LES DEUX PONTS ACTUELS MAIS ÉGALEMENT DE RELIER LES QUARTIERS DE COCODY, RÉSIDENTIEL, ET CELUI DE MARCORY, PLUS POPULAIRE. LA SECTION NORD DE 2,7 KM EN 2x2 VOIES SE PROLONGE EN 2x3 VOIES SUR L'OUVRAGE DE 1,5 KM ET SUR 2,5 KM AU SUD.

GÉNÉRALITÉS

L'ouvrage de franchissement de la lagune s'intègre dans le projet d'une autoroute à péage concédée pour une durée de 30 ans et exploitée par la société Socoprism (filiale de Bouygues Construction). Il permet de relier deux quartiers très urbanisés d'Abidjan. Il a vocation à transporter 10 000 véhicules par jour et permet également une circulation douce gratuite piétons/cycles sur une de ses rives. Un péage de 21 voies (dont 6 voies sont réversibles) est positionné au nord du viaduc. Le paiement du péage peut être réalisé de façon classique en monétaire et à l'aide d'un badge de type télépéage. Le péage peut être aussi réalisé à l'aide

du téléphone, ce qui constituera une première mondiale.

L'ouvrage permettra également le passage de deux conduites d'eau de diamètre 600 mm en cas de besoin futur d'un concessionnaire.

Il est composé de 2 x 30 caissons pré-fabriqués isostatiques de 50 m de long posés sur un chevêtre unique fondé sur deux pieux.

LES FONDATIONS

L'ouvrage est fondé sur 62 pieux de 2 m de diamètre forés à la boue.

Les pieux les plus longs font 84 m. Ils sont fondés dans les sables compacts. Chaque pieu est tubé en tête sur une longueur variant de 17 à 32 m.

1- Réalisation des pieux.

1- Pile execution.

Le tubage, d'une épaisseur de 12 mm, permet de maintenir le sol dans les sables vasards du fond de la lagune mais également de tenir le béton sur une hauteur d'eau d'environ 5 m. Cela permet ainsi de s'affranchir de la réalisation d'un batardeau qui serait longue, coûteuse et impacterait le fond de la lagune.

Un bétonnage de pieu nécessite entre 200 et 250 m³ de béton.

Le béton fabriqué par les 2 centrales de chantier est transporté exclusivement par des camions malaxeurs de 10 m³. Ces camions sont embarqués par trois sur une barge via un pont levant, afin d'acheminer le béton au ponton de forage.

Une formule spécifique a été élaborée par le pôle matériaux de Bouygues TP afin de garantir une rhéologie de 10h afin d'éviter des fausses prises.

Le calcul des pieux a été fait en considérant qu'ils travaillaient en frottement mais surtout en pointe. C'est pour cette raison que chaque pieu a été injecté en pointe afin d'augmenter les caractéristiques.



© BOUYGUES TP
2

téristiques mécaniques du sol et ainsi atteindre à minima les coefficients retenus dans leur dimensionnement.

Ces travaux de fondations profondes se sont déroulés de juin 2013 à février 2014 (figures 1 et 2).

Il est à noter que, préalablement à la réalisation des pieux définitifs de l'ouvrage, un pieu d'essai a été réalisé à terre à proximité immédiate de la culée C0 afin de confirmer l'efficacité de l'injection en pointe sur sa capacité portante. Contrairement aux essais de chargement classiques qui demandent des lests importants pour simuler la charge de l'ouvrage, nous avons utilisé une cellule Osterberg®. Il s'agit d'insérer un vérin en pied de pieu qui permet de simuler une charge équivalente. Les jauges de contrainte et les capteurs de déplacement placés tout le long du pieu permettent un enregistrement en continu du chargement et ainsi d'obtenir rapidement des résultats de l'essai.

2- Injection du fond d'un pieu.

3- Coffrage d'un chevêtre.

4- Chevêtre d'une pile.

2- Grouting the foundation of a pile.

3- Formwork for a crosshead beam.

4- Pier cap.

LES CHEVÊTRES

Le chevêtre unique posé sur les deux pieux qui font office de pile est réalisé en deux phases. La première consiste à réaliser les têtes de pile sur chaque pieu à l'aide d'un coffrage métallique posé sur une plateforme elle-même fixée sur le chemisage métallique du

pieu. Ensuite l'entretoise qui relie les têtes de pile est réalisée à l'aide d'un autre coffrage métallique lui-même suspendu aux têtes de pile. Cela a permis de ne pas surdimensionner inutilement les plateformes de travail en transférant l'ensemble du poids de l'entretoise (coffrage, béton, armatures) sur les têtes de pile préalablement bétonnées.

Les ferrillages des têtes de pile et de l'entretoise étaient préfabriqués à terre dans un gabarit.

Les trois éléments étaient transférés par les barges de servitude. Leur pose définitive était faite à l'aide d'une grue treillis de capacité 110 t bréelée sur un ponton positionné entre deux piles. Cela permettait un travail en parallèle sur deux piles avec un cycle d'une pile terminée toutes les semaines. Ces travaux de chevêtres se sont déroulés de juin 2013 à avril 2014 (figures 3 et 4). Comme l'utilisation d'outil coffrant et de

matériel maritime étaient peu familiers à la main d'œuvre locale, il a été réalisé un *mock-up* à terre afin de simuler et corriger le coffrage des chevêtres.

LES CAISSONS

Les 60 caissons sont fabriqués sur deux lignes de préfabrication indépendantes (banc Est et banc Ouest). Chaque ligne comprend :

- Deux fonds de moule constitués d'une tôle fixée sur un socle béton ;
- Un jeu de coffrage latéral qui coffre à la fois les âmes et l'intrados extérieur du hourdis ;
- Un jeu de coffrage (intérieur) d'extrémité appelé coffrage VSP composé d'un noyau rétractable par vérins ;
- Un jeu de coffrage intérieur des âmes ;
- Un jeu de coffrage de hourdis composé de tables de coffrage.

La réalisation des caissons se fait en 3 étapes :

- Bétonnage du fond, des âmes et du hourdis supérieur de la partie VSP ;
- Bétonnage du hourdis supérieur hors trémie ;
- Bétonnage de la trémie.

1^{re} ÉTAPE

Le ferrillage, découpé en 6 éléments (2 VSP et 4 parties courantes), est positionné sur le fond de moule et toutes les tirettes sont mises en place.

Les gaines de précontrainte préalablement positionnées dans le ferrillage sont également manchonnées.

Les noyaux de coffrage de VSP sont mis en place à chaque extrémité. Ensuite les joues de coffrage extérieur sont translattées d'un banc à l'autre pour être ensuite relevées à l'aide de vérins à grande course. Et enfin les joues du coffrage intérieur sont positionnées. Le bétonnage de 210 m³ peut alors se faire sur une durée d'environ 6h. ▷



© BOUYGUES TP
3



4

2^e ÉTAPE

24 h après le bétonnage et ainsi la résistance de 25 MPa atteinte, le VSP est décoffré ainsi que les coffrages intérieurs des âmes. Le coffrage extérieur reste en place à la fois pour servir de coffrage d'intrados au hourdis supérieur et pour stabiliser les âmes.

Les tables du coffrage intérieur sont mises en place et le ferrailage du hourdis supérieur suit la pose du coffrage. Le bétonnage de 160 m³ peut donc se faire sur une durée d'environ 5 h.

3^e ÉTAPE

Les tables coffrantes du hourdis supérieur sont retirées par la trémie restée ouverte. Une fois l'ensemble retiré, un coffrage traditionnel est mis en place afin de combler définitivement cette trémie. Pendant ce temps la précontrainte est mise en place et les dix câbles tendus. Le caisson est ensuite ripé et posé sur ses plots de stockage. Il ne reste plus qu'à bétonner les cachetages de précontrainte et le voussoir est terminé. Le cycle complet aura duré 10 jours ouvrés. Ces travaux de caissons se sont déroulés de septembre 2013 à juin 2014 (figure 5).

Dans le même esprit que la formation au poste de travail de la main d'œuvre et la mise au point du coffrage de chevron, un *mock-up* des caissons a été réalisé pour la partie VSP et pour la section courante (figure 6).

LA POSE DES CAISSONS

Après avoir fait les dernières finitions sur les caissons positionnés sur les plots de stockage, le caisson est ripé transversalement sur la zone de translation centrale par glissement sur des patins en téflon. Il est ensuite translaté longitudinalement vers la barge de pose à l'aide de boggies. La barge est liaisonnée par deux vérins rotulés appuyés sur la poutre de couronnement du quai de chargement. Ils permettent de garantir l'alignement des rails entre la barge et le quai. Un jeu de ballastages et déballastages permet de garder la hauteur de la barge et son assiette pendant cette phase délicate. Une fois chargé, il est vériné afin d'être positionné à sa future cote de pose augmentée de 50 cm afin d'échapper au tenon des chevêtres d'appui.

La barge de pose est déplacée à l'aide de deux pousseurs. Pour des raisons de sécurité, les déplacements de barge ne se font pas de nuit. Le départ du quai se fait au début de la marée haute et toutes les manœuvres de positionnement entre les piles doivent se faire



5

© BOUYGUES TP



6

© BOUYGUES TP

avant le début du cycle de marée basse. La manœuvre de dévérinage peut donc commencer en profitant de la baisse de la marée pour réduire la durée de l'opération. Le positionnement fin à +/- 2 cm sur les appuis provisoires se fait pendant cette phase de pose. Le caisson ne sera pas repositionné en X et Y par la suite. L'opération délicate est de sortir d'en dessous du caisson une fois celui-ci posé avant que

5- Préfabrication des caissons.

6- Mock-up d'un caisson.

5- Préfabrication of box girders.

6- Mock-up of a box girder.

la marée ne remonte et ne bloque la barge contre le caisson.

Le réglage fin en Z peut ensuite se faire. Cette opération est faite en soulevant le caisson à l'aide de 4 vérins de 400 t afin d'enlever les appuis provisoires et de positionner les appuis néoprènes ou les appuis à pot définitifs sur les bossages inférieurs. Il est maintenu au niveau Z souhaité afin de pouvoir réaliser les bossages supérieurs.



© BOUYGUES TP
7

7- Pose d'un caisson.
8- Étanchéité du tablier.

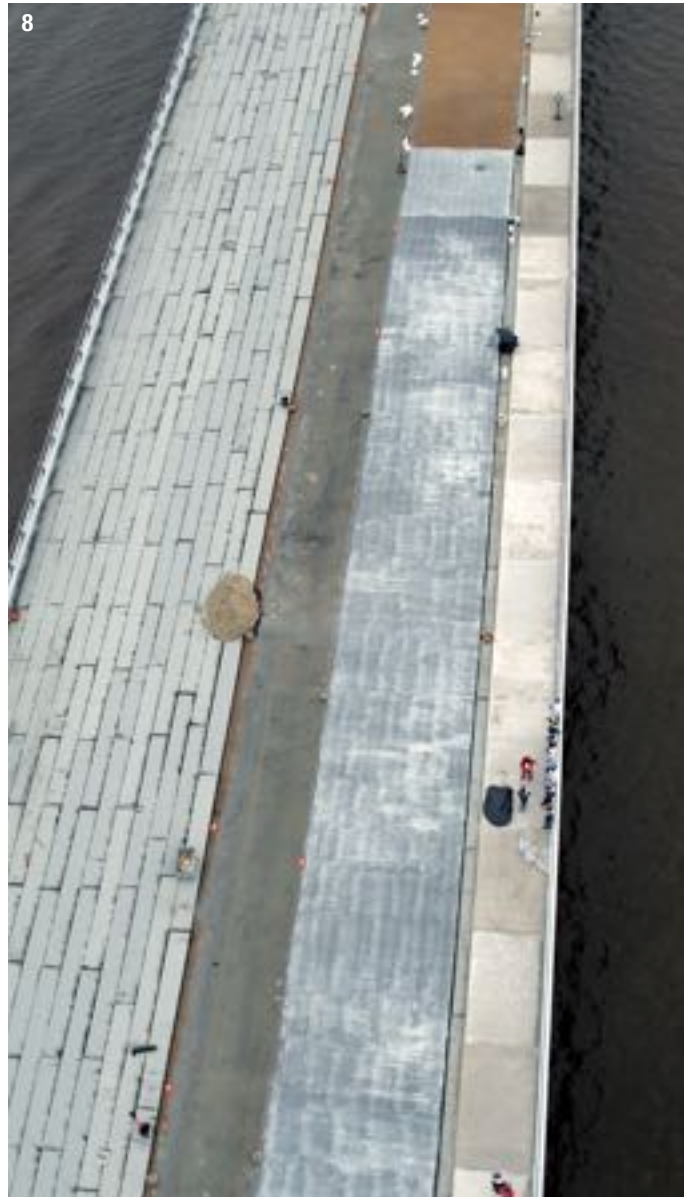
7- Placing a box girder.
8- Deck waterproofing.

Ces derniers sont coulés à l'aide d'un mortier à retrait compensé par des événements positionnés dans le hourdis bas du VSP (figure 7).

LES ÉQUIPEMENTS ÉTANCHÉITÉ

Étant donné l'environnement chaud et très humide de la Côte d'Ivoire, nous avons opté pour un complexe d'étanchéité composé d'une feuille bitumineuse Parafor Ponts® soudée en plein sur un bouche-pores époxy Fordeck®. Ce complexe très performant demande des précautions particulières pour sa mise en œuvre. En effet, il est primordial d'opérer sur une surface de béton propre. C'est pourquoi nous avons traité l'ensemble du hourdis à l'aide d'une grenailleuse à billes d'acier avec laquelle on atteint des cadences de 1 500 m² par jour. Le bouche-pore était ensuite appliqué sans délai. Afin de garantir l'accrochage de la membrane bitumineuse, cette émulsion était sablée. La couche d'accrochage était donc obtenue en saupoudrant un sable de quartz calibré 4/6 sur une seconde couche de bouche-pores. Cela a per-

© BOUYGUES TP



8

mis d'éviter tout gonflement lors de l'application des enrobés. L'application manuelle du complexe se faisait à raison de 900 m² par jour (figure 8).

JOINT DE CHAUSSÉE

3 joints de chaussée ont été installés sur l'ouvrage. Deux joints de 300 mm de souffle au droit des culées C0 et C30 et un joint de 550 mm de souffle au droit de la pile P15. Étant donné les souffles importants et le souci permanent de limiter au maximum les bruits de roulement au passage des véhicules, ce sont des joints à peigne en console qui ont été choisis plutôt que des joints à cassette.

BARRIÈRE DE SÉCURITÉ

Afin de faciliter la maintenance des barrières de sécurité, nous avons opté pour l'utilisation du procédé H2W5 de Marcegaglia®, ce qui a également permis de ne pas mettre en œuvre d'ancrages pré-scclés lors de la réalisation des caissons préfabriqués. Cela permettait d'optimiser le cycle de préfabrication en supprimant une tâche complexe du chemin critique. La fixation à la longrine de rive se fait par un goujon de 315 mm scellé à la résine.

ENROBÉ

Toujours dans un souci de maintenance, un béton bitumineux de 7 cm d'épaisseur composé d'un liant polymère a été choisi en lieu et place d'un liant classique. Il permet d'améliorer les caractéristiques d'orniérage de l'enrobé et ainsi d'augmenter sa durée de vie de 7 ans à 15 ans. ▷



9



10

© BOUYGUES TP

Ceci permet d'économiser deux campagnes de reprofilage sur la durée de la concession.

APPAREILS D'APPUI

Les appuis du tablier sont mixtes. Ils sont composés d'appareils d'appui à pot sur les culées et sur la pile centrale et d'appareils d'appui en élastomère fretté sur les autres chevêtres. Ce choix a été possible étant donné les charges à reprendre mais également du fait de la souplesse des piles.

Les bossages inférieurs ont été réalisés avant la pose des caissons préfabriqués afin de pouvoir poser les caissons sur des appuis métalliques provisoires.

La mise en place des appuis définitifs a été faite lors de la phase de réalisation des bossages supérieurs. L'ensemble des bossages supérieurs a été réalisé après le réglage altimétrique final du tablier. Ce choix a permis de garantir un réglage optimal des caissons et surtout d'enlever une autre tâche complexe dans le chemin critique de la préfabrication des caissons (figure 9).

9- Appuis provisoires.
10- Aire de péage.

9- Temporary supports.
10- Toll area.

PÉAGE

Le péage comprend une barrière de 21 voies dont 6 sont réversibles, un bâtiment de commande, un bâtiment d'entretien et un poste de police.

L'ensemble de la section autoroutière est éclairé et contrôlé par un système vidéo. La barrière a été conçue pour être étendue en cas de forte fréquentation. Cette extension peut être réalisée par le simple ajout de 3 travées de plus à l'extrémité Ouest sans perturber le trafic. Il a été mis en valeur avec les couleurs de la Côte d'Ivoire, orange pour les cabines, vert pour la toiture (figure 10). □

PRINCIPALES QUANTITÉS

MONTANT DU MARCHÉ : 192 million d'euro

BÉTON : 92 000 m³

ARMATURES PASSIVES : 7 860 000 kg

ARMATURES DE PRÉCONTRAÎTE : 720 000 kg

ÉTANCHÉITÉ : 42 000 m²

PRINCIPAUX INTERVENANTS

CONCÉDANT : État de Côte d'Ivoire

MAÎTRE D'OUVRAGE : Socoprîm

MAÎTRE D'ŒUVRE : Bureau National d'Études Techniques et de Développement (Bnetd)

INGÉNIEUR INDÉPENDANT : Bureau Veritas

ENTREPRISE : Bouygues Travaux Publics

SOUS-TRAITANTS :

- Trevi Spa : Fondations profondes et palplanches
- Sarens : Ripage et pose des caissons
- Bouygues Énergie et Services : Éclairage et vidéosurveillance
- Gea : Système de péage

ABSTRACT

THIRD ABIDJAN BRIDGE - VIADUCT OVER THE LAGOON

JEAN-YVES BROSSETTE, BOUYGUES TP

The third Abidjan Bridge is a 1.5-km three-lane dual-carriageway bridge crossing the Ebrié lagoon. It is an essential part of the 6.5-km motorway link connecting the northern and southern parts of Abidjan. It consists of 60 prefabricated, prestressed concrete box girders each weighing 1000 tonnes and of unit length 50 metres. A span consists of two box girders placed side by side and connected together by a coupling slab. Each isostatic span rests on a single crosshead beam supported on two piles 2 m in diameter and 80 m long on foundations in compact sands. All the box girders were transported by barge and placed in their final position by jacking down. The specific work on the viaduct lasted 17 months. □

EL TERCER PUENTE DE ABIYÁN: UN VIADUCTO SOBRE LA LAGUNA

JEAN-YVES BROSSETTE, BOUYGUES TP

El tercer puente de Abiyán es una construcción de 1,5 km de 2x3 carriles que cruza la laguna Ebrié. Constituye una pieza básica del enlace por autopista de 6,5 km que une el norte y el sur de Abiyán. Está formado por 60 cajones prefabricados de hormigón pretensado de 1.000 t cada uno y de una longitud unitaria de 50 m. Cada tramo está compuesto de 2 cajones yuxtapuestos, unidos entre sí por una losa de acoplamiento. Cada tramo isostático reposa sobre una solera única sustentada por dos pilotes de 2 m de diámetro y 80 m de longitud, apoyados en las arenas compactas. Los cajones han sido transportados por barcaza e instalados en su posición definitiva mediante un cilindro hidráulico. Las obras del viaducto en sí han durado 17 meses. □



1

© SOGEEA SATOM

CONSTRUCTION DE DEUX PASSAGES SUPÉRIEURS À BRAZZAVILLE

AUTEURS : NICOLAS METGE, RESPONSABLE DU PÔLE CONCEPTION ET MAÎTRISE D'ŒUVRE, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - ANAS CHERAI, INGÉNIEUR STRUCTURE, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - JEAN-FRANÇOIS GAJAC, DIRECTEUR D'EXPLOITATION, SGE-C CONGO (VINCI)

DANS LE CADRE DE LA CONSTRUCTION DES ACCÈS ROUTIERS AU NOUVEAU STADE QUI A ACCUEILLI LES 11^{ES} JEUX AFRICAINS EN SEPTEMBRE DERNIER, DEUX ÉCHANGEURS ONT VU LE JOUR AU NORD DE LA VILLE DE BRAZZAVILLE EN RÉPUBLIQUE DU CONGO. CES DEUX OUVRAGES, BIEN QUE DE PORTÉES MODESTES, ONT ÉTÉ L'OCCASION DE METTRE EN ŒUVRE DES VARIANTES STRUCTURELLES IMPORTANTES QUI SIMPLIFIENT ET SÉCURISENT LA RÉALISATION DES TRAVAUX.

CONTEXTE DU PROJET

Les deux passages supérieurs s'inscrivent dans un projet plus global de réalisation des accès routiers au complexe sportif de Kintélé en République du Congo. Le chantier, qui comprend les travaux de deux échangeurs (ouvrages et rampes) et de l'avenue qui passe en dessous a été confié à Sge-C Congo, filiale du groupe Vinci. Le projet comporte deux ouvrages d'art en béton armé, l'un d'une portée unique de 22 m de portée et l'autre formé de trois travées de 20 m. Sge-C Congo s'est tourné vers Ingénierie des Structures et des Chantiers (Isc), filiale de Vinci Construction France, pour proposer des variantes qui rationalisent la

1- Vue aérienne de l'échangeur PS2.

1- Aerial view of the PS2 interchange.

construction en fonction des moyens disponibles sur place et permettent une meilleure pérennité des ouvrages.

CONTRAINTES DU PROJET ET ORIGINE DES VARIANTES

Tel qu'il avait été conçu en premier lieu dans le marché, le passage supé-

rieur n°1 était un ouvrage de 13,20 m de largeur comportant deux voies de circulation et deux trottoirs. Le tablier était composé de 5 poutres en forme de I soutenant un hourdis d'environ 20 cm d'épaisseur et réalisé avec des prédalles non participantes. L'ouvrage comportait 3 travées isostatiques de 20 m de portée, les poutres étant posées sur appuis néoprène.

Le passage supérieur n°2 permettait d'accueillir une voie de circulation et un trottoir pour franchir une travée unique de 22 m. Le tablier était, quant à lui, composé d'une dalle nervurée allant jusqu'à 1,10 m d'épaisseur et reposant sur des appuis néoprène. Ces deux conceptions présentaient plu-

sieurs inconvénients. Les deux solutions impliquaient des méthodes de réalisation assez différentes nécessitant du matériel différent. Pour l'un, il s'agissait de préfabriquer des poutres au coffrage compliqué puis de les mettre en place à la grue. La stabilisation de ces poutres en phase provisoire lors de la réalisation des entretoises et du hourdis et avant mise sur appuis définitifs n'est pas chose aisée et les risques d'accident ou de chute sont très élevés.

Les consoles de rive du hourdis sont également un point de complication de la réalisation. Pour l'autre, il s'agissait de réaliser un étaieement général pour réaliser le coulage en place de la dalle nervurée. ▶

Cela implique de commander du matériel d'étalement qu'il faut importer et de réaliser des travaux en hauteur.

Afin d'uniformiser les modes de réalisation entre les deux ouvrages et de simplifier au maximum des méthodes d'exécution garantes d'une sécurité accrue, Isc a proposé de réaliser les deux tabliers avec des poutres rectangulaires préfabriquées. Les consoles en rive de tablier ont été supprimées et les poutres de rive ont été dessinées pour servir de corniche à l'ouvrage. Pour sécuriser la pose des poutres et notamment les opérations en hauteur de réalisation des entretoises ou de mise sur appui, Isc a fait le choix d'encastrer les poutres dans les appuis. Il n'y a donc plus à réaliser des entretoises mais des clavages. Il n'y a pas de mise sur appuis provisoires ni définitifs, les poutres sont posées sur les appuis avant bétonnage des clavages. La structure de la culée est également grandement simplifiée car les murs garde-grève habituels sont supprimés. On retrouve également une meilleure répartition des efforts dans la structure. Il y a moins de moments fléchissants en travée puisque celles-ci ne sont plus isostatiques mais continues.

Au-delà des seuls gains sur la mise en œuvre, les deux tabliers ne comportant pas d'appuis néoprène, il n'y a plus d'entretien à réaliser sur ces dispositifs sensibles (figures 2 à 5).

Cette conception présente de nombreux avantages pour le chantier et l'exploitant final mais nécessite une étude conjointe des appuis et du tablier qui ne sont plus indépendants l'un de l'autre. Les études d'exécution ont donc nécessité des modélisations globales aux

2- Évolution du PS1 en coupe longitudinale.

3- Évolution du PS1 en coupe transversale.

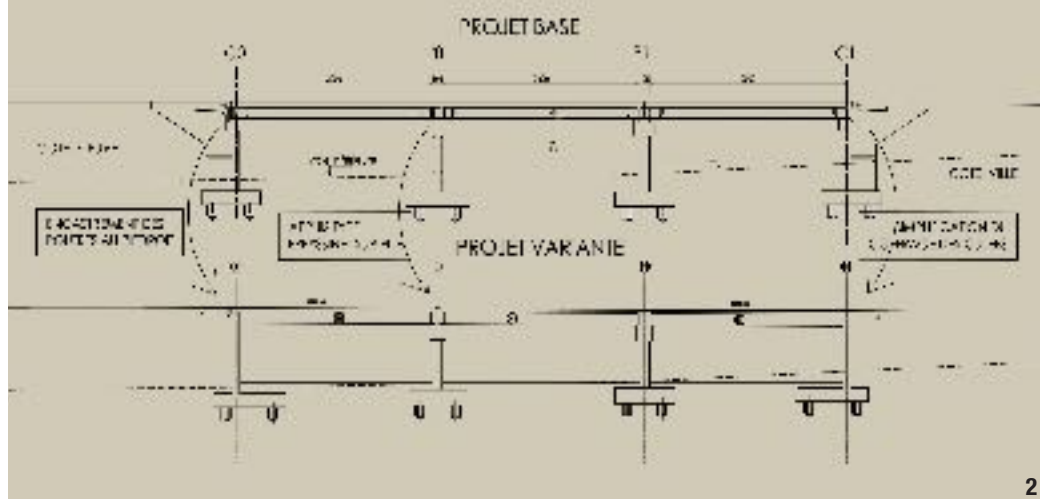
4- Évolution du PS2 en coupe longitudinale.

2- Progress on PS1 in longitudinal section.

3- Progress on PS1 in cross section.

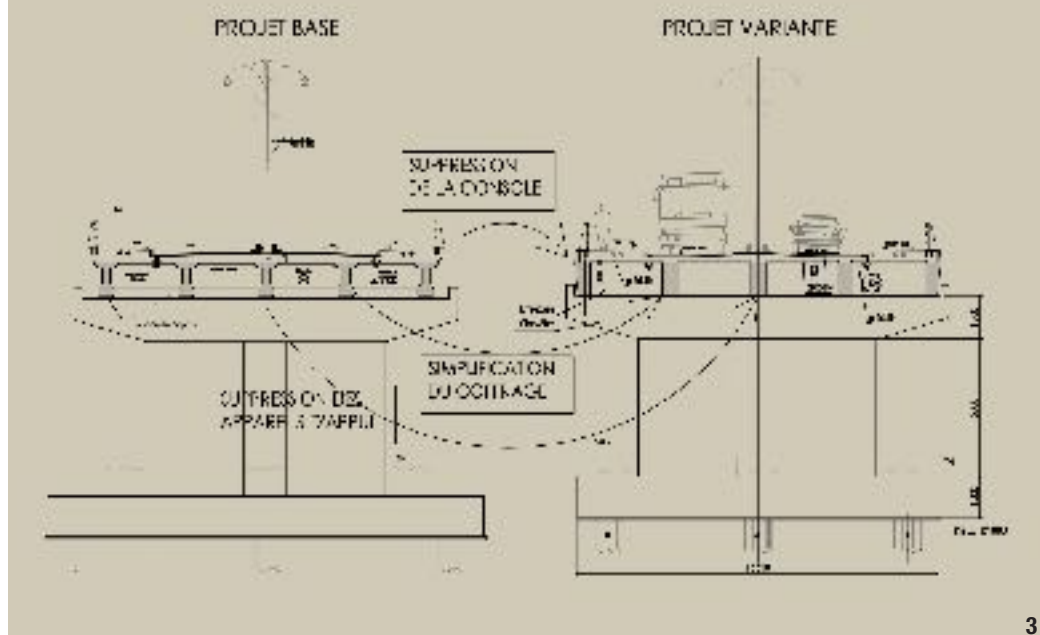
4- Progress on PS2 in longitudinal section.

ÉVOLUTION DU PS1 EN COUPE LONGITUDINALE



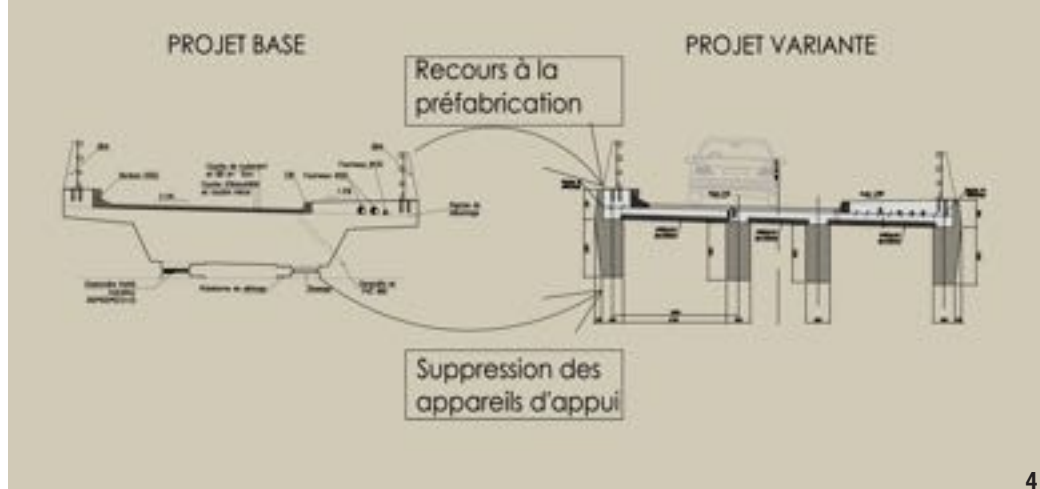
2 © ISC

ÉVOLUTION DU PS1 EN COUPE TRANSVERSALE



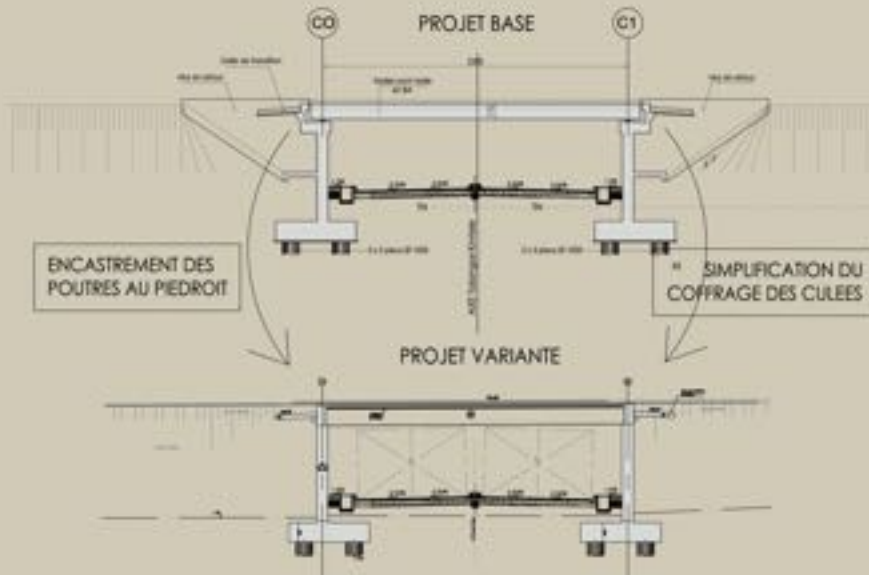
3 © ISC

ÉVOLUTION DU PS2 EN COUPE LONGITUDINALE



4 © ISC

ÉVOLUTION DU PS2 EN COUPE TRANSVERSALE



éléments finis qui intègrent les différentes phases de construction et l'interaction sol/structure (figure 6).

Quant aux murs de soutènement qui tiennent les remblais d'accès, ils ont également fait l'objet d'une simplification. Le projet de base prévoyait la mise en œuvre de murs en retour au niveau de la culée et de murs de soutènement de 2 m de hauteur disposés en arc de cercle à la base du remblai. Cela nécessitait l'utilisation de coffrages cintrables ou sur mesure ainsi que la mise en œuvre d'un remblai aux formes de pente peu évidentes. Il a donc été fait le choix de revenir à une conception plus classique de murs de soutènement indépendants et de hauteur variable. Les lignes de ces murs, plus pures et progressives, améliorent grandement la lisibilité de l'ouvrage (figure 7).

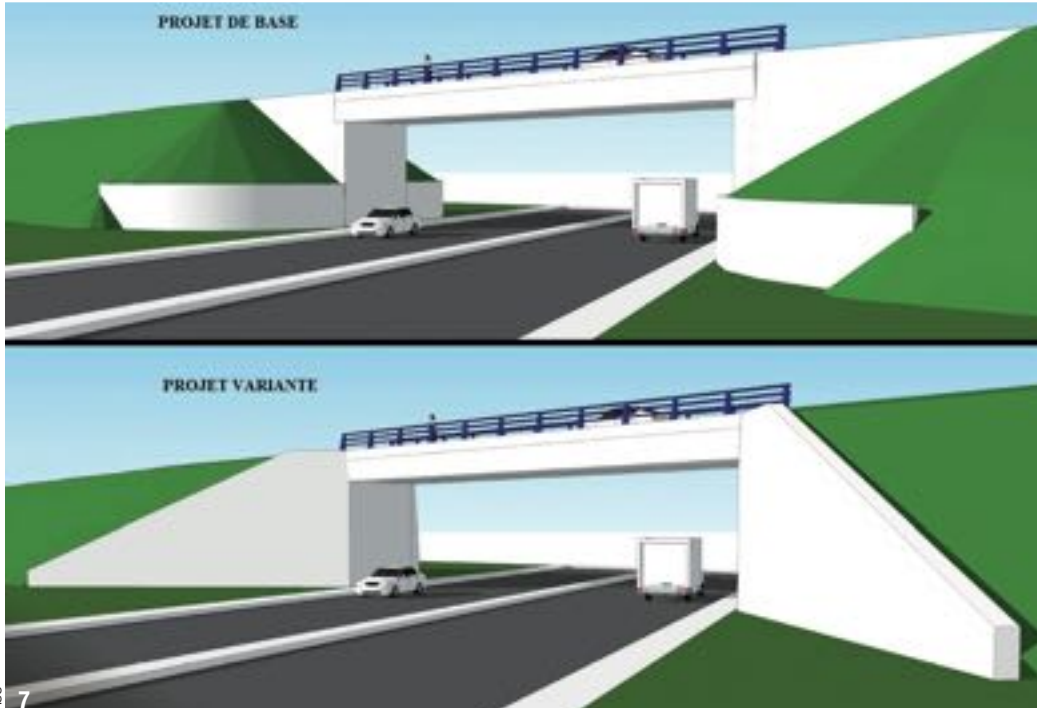
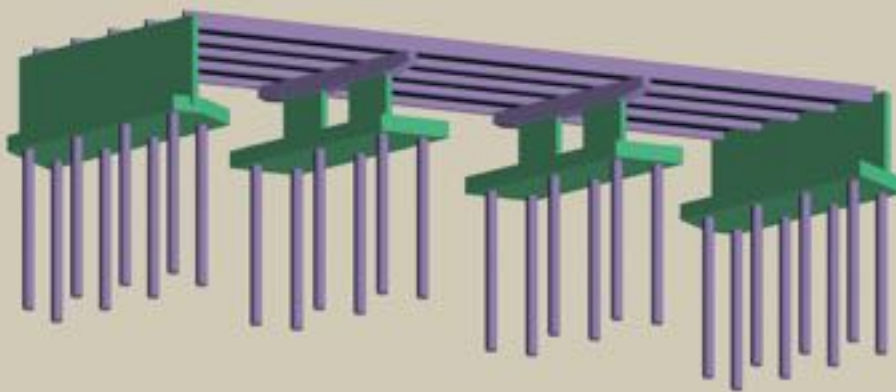
DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES OUVRAGES

LES FONDATIONS

Les piles et les culées sont fondées sur des pieux forés tubés de diamètre 1000 mm et d'environ 18 m de longueur pour le passage supérieur n°1 et 20 m de longueur pour le passage supérieur n°2. On trouve 6 pieux sous chaque culée de PS2 et piles de PS1 et 8 pieux sous chaque culée de PS1. Les pieux sont surmontés d'une semelle de 1,5 m pour PS1 et de 1,4 m pour PS2. Le béton est fabriqué sur place à l'aide d'une centrale à béton installée dans les emprises de chantier.

Pour des raisons de délais et de contraintes liées à l'expropriation des avoisinants, il n'a pas pu être fait de pré-chargement au niveau des rampes d'accès avant réalisation des pieux ce qui implique des frottements négatifs et des efforts parasites sur les pieux. ▷

VUES DES MODÈLES 3D AUX ÉLÉMENTS FINIS



5- Évolution du PS2 en coupe transversale.

6- Vues des modèles 3D aux éléments finis.

7- Évolution des soutènements.

5- Progress on PS2 in cross section.

6- Views of the finite-element 3D models.

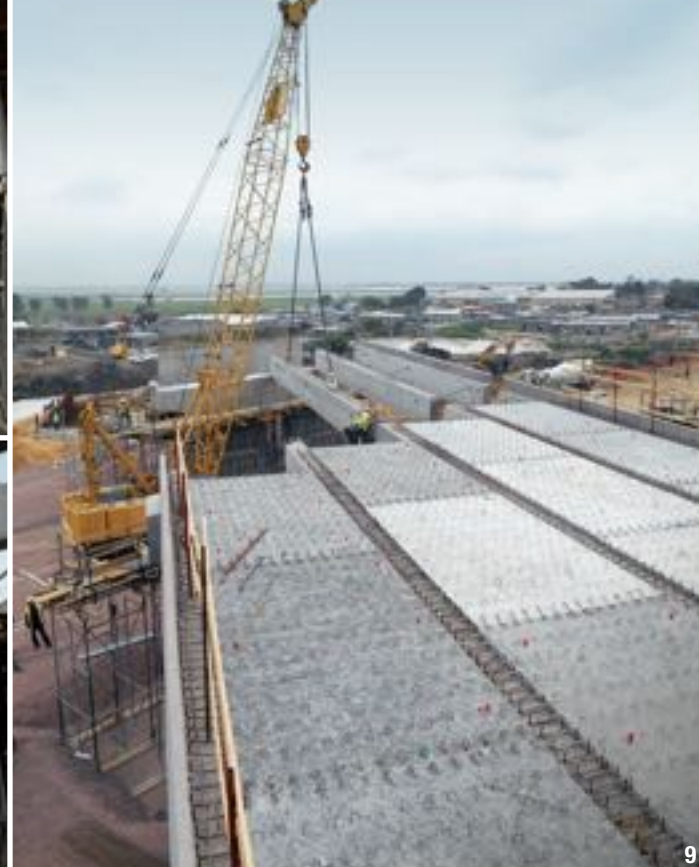
7- Progress on retaining structures.



8



10



9

© SOGEA SATOM



11

© SOGEA SATOM

8- Stabilisation des poutres entre elles.

9- Pose des poutres sur la dernière travée de PS1.

10- Approvisionnement des poutres à la grue chenille.

11- Pose des poutres sur PS2.

8- Stabilisation of beams with one another.

9- Placing beams on the last span of PS1.

10- Procurement of beams by caterpillar crane.

11- Placing beams on PS2.

Des renforcements de sol de type inclusions rigides ont été envisagés afin de limiter l'impact de ce remblai futur sur les pieux.

Cependant, l'étude fine de ces phénomènes par des modèles géotechniques du sol a permis de bien évaluer les efforts à reprendre par les pieux et ceux-ci ont alors été renforcés en ferrailage sans pour autant nécessiter de renforcement du sol sous les remblais d'accès.

PILES ET CULÉES

Les piles centrales du passage supérieur n°1 sont composées de deux fûts de 80 cm d'épaisseur et surmontés d'un chevêtre de 1,30 m de hauteur

pour 1,20 m d'épaisseur. Le coffrage des fûts a été réalisé toute hauteur. Des négatifs en bois ont été fabriqués sur chantier et positionnés dans le coffrage afin de réaliser les formes arrondies. Un platelage a ensuite été édifié pour permettre le ferrailage puis le coffrage des chevêtres.

Les culées sont des voiles de 80 cm d'épaisseur encastrés dans la semelle qui coiffe les pieux. Elles font environ 8 m de hauteur totale. Les remblais sont tenus par des murs de soutènement en aile indépendants des culées (figure 11). Les terrassements des rampes d'accès ont été réalisés après réalisation complète des structures en béton.

LES TABLIERS

Les tabliers des deux ouvrages sont donc composés des mêmes poutres en béton armé de 1,2 m de retombée. Les poutres sont préfabriquées sur site à proximité immédiate des ouvrages. Un coffrage spécifique pour les poutres de rive a été fabriqué sur site tandis que les poutres rectangulaires étaient coffrées à l'aide de sous-hausses de banches disponibles sur place. Elles sont ensuite mises en œuvre avec une grue à chenille Kobelco CK1000. La flèche de la grue étant limitée, une recharge provisoire sous l'ouvrage en matériau d'apport a dû être réalisée pour surélever la grue lors de la pose. Les poutres sont stabilisées en reliant

les unes aux autres par des étais Peri disposés en croix, la première poutre étant stabilisée sur les appuis dans une première phase. Elles reposent sur 15 cm de béton en phase provisoire. Le biais des ouvrages compliquait grandement l'interaction des ferrillages notamment lors de la pose des poutres où les attentes de celles-ci viennent s'entrecroiser avec les attentes des culées. Une attention particulière de ces zones en phase d'étude et lors de la réalisation sur site a donc été menée pour trouver la bonne disposition d'armature dans les nœuds. Une fois les poutres posées, des prédalles participantes de 10 cm sont positionnées entre les poutres.



12



13

12- Pose des pré-dalles sur PS1.
13- Vue des terrassements des rampes d'accès de PS2.
14- Épreuves de charges sur PS2.

12- Placing precast slabs on PS1.

13- View of the earthworks for the PS2 access ramps.

14- Loading tests on PS2.



14

Les clavages sont alors réalisées au niveau des piles et culées, les prédalles formant platelage pour la circulation des hommes.

Le hourdis de 15 cm est ensuite ferrillé avec les trottoirs en intégrant le ferrailage spécifique des dispositifs de

retenue BN4. Le bétonnage est réalisé en une seule fois (figures 8 à 12).

LES SUPERSTRUCTURES

Une étanchéité de 3 cm est disposée sur l'ouvrage ainsi qu'un revêtement en béton bitumineux d'environ 8 cm

dans la zone circulée. Des dispositifs de retenue BN4 sont placés en rive des deux ouvrages.

Les eaux sont récupérées via des avaloirs dans des collecteurs situés entre les poutres et donc invisibles de l'extérieur.

Un joint de chaussée a été mis en œuvre sur le PS1 dont les dilatations thermiques sur 60 m pouvaient générer des désordres dans l'enrobé. Le PS2 ne possède pas de joint de chaussée, ce qui permet à nouveau un gain de pérennité pour l'ouvrage. □

DONNÉES PRINCIPALES DE L'OUVRAGE

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LES PIEUX : 165 kg/m³

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LES POUTRES : 230 kg/m³

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LES PRÉDALLES : 180 kg/m³

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LES CULÉES : 150 kg/m³

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LES PILES : 100 kg/m³

NOMBRE DE POUTRES : 19 u

NOMBRE DE PRÉDALLES : 75 u

INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : République du Congo

ENTREPRISE PRINCIPALE : Sge-C Congo

MISSION DE CONTRÔLE : Egis International

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE CONCEPTION TECHNIQUE :

Isc (Ingénierie des Structures et des Chantiers)

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE ÉTUDE D'EXÉCUTION STRUCTURES

ET MÉTHODES GÉNIE CIVIL : Isc

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE PIEUX FORÉS MOULÉS : Terratest

ABSTRACT

CONSTRUCTION OF TWO OVERPASSES IN BRAZZAVILLE

N. METGE, ISC (VINCI) - A. CHERAI, ISC (VINCI) - J.-F. GAJAC, SGE-C CONGO (VINCI)

Two overpasses were built to the north of Brazzaville by Sge-C Congo.

The structural variants proposed made it possible to rationalise execution by making it more meticulous and less conducive to accidents. The elimination of supporting devices ensures greater permanence for the structure and better force distribution in the structure. □

CONSTRUCCIÓN DE DOS PASOS ELEVADOS EN BRAZZAVILLE

N. METGE, ISC (VINCI) - A. CHERAI, ISC (VINCI) - J.-F. GAJAC, SGE-C CONGO (VINCI)

Sge-C Congo ha construido dos pasos elevados en el norte de Braz-

zaville. Las variantes estructurales propuestas han permitido racionalizar la ejecución, realizada con más cuidado y menos accidentes. La eliminación de los aparatos de apoyo aumenta la durabilidad de la construcción y permite una mejor distribución de los esfuerzos en la estructura. □

ASSURANCE-VIE

Confiez-nous
vos projets,

ils
deviendront
réalité !



B@TIPROJET, LE CONTRAT D'ASSURANCE-VIE SMAVIE
QUI ASSOCIE SÉCURITÉ ET PERFORMANCE

Partagez
vos projets avec
SMAVIE sur
www.pourquoijepargne.fr
et laissez vous guider...

Jusqu'au 31 décembre 2015,
vous pouvez gagner jusqu'à 8000 €
pour faire grandir votre épargne
encore plus vite !



Le capital est garanti uniquement sur les contrats et supports en euros.
Les performances passées ne préjugent pas des rendements futurs.

CONTACTEZ-NOUS



sur www.smavie.fr



en appelant
le 01 40 59 70 70



via votre
conseiller habituel

SMAVIE

* Rendement net du support en euros SMAVIE BTP : 2,81 % en 2014, 3,01 % en 2013, 3,21 % en 2012.
Performance de l'unité de compte BATI ACTIONS INVESTISSEMENT : 10,14 % en 2014, 20,57 % en 2013, 17,58 % en 2012.
Rendements et performances après application des frais de gestion et avant prélèvements fiscaux et sociaux.
Répartition de l'épargne en début de période. Performance 2014 du 27/12/2013 au 26/12/2014 - sur 2 ans : du 28/12/2012 au 26/12/2014 - sur 3 ans : du 30/12/2011 au 26/12/2014.
Rendement annuel net moyen : 4,85 % sur 2 ans, 5,17 % sur 3 ans.
** Support non garanti sujet à des fluctuations à la hausse ou à la baisse dépendant de l'évolution des marchés financiers.

SMA

SMAVIE BTP, société d'assurance mutuelle à cotisations fixes, entreprise régie par le Code des assurances - RCS PARIS 775 684 772 - 114, avenue Émile Zola - 75739 PARIS Cedex 15