

TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX. LES ENROCHEMENTS ET LA GRAVE BITUME : TERMINAL METHANIER DE DUNKERQUE. QUAI FLUVIAL POUR LA PLATEFORME MULTIMODALE DU HAVRE. PROJET OFON 2. UN QUAI DE FORTE CAPACITE A CHERBOURG. GORGON AUSTRALIE. OPTIMISATION DES TECHNIQUES DE FORAGE EN TRAVAUX MARITIMES. PROJET ECODREDGE-MED. BREST : APPONTEMENT FLOTTANT DE NOUVELLE GENERATION DES FREGATES FREMM. LE PORT ET LA VILLE DE POINTE-NOIRE

N° 905 AVRIL/MAI 2014



CROCHET D'UNE
DES GRUES DE 7 000 t
DU NAVIRE DE LEVAGE
AMIRAL S7000 DE
SAIPEM
© SAIPEM

**LES TRAVAUX
PUBLICS** FEDERATION
NATIONALE

Mardi 8h, un client me demande si mon entreprise et mes salariés sont bien protégés.

- J'ai plusieurs assureurs, cela va être compliqué.
- Je n'ai pas vu mon assureur depuis 5 ans : je suis perdu.
- Je reste serein : mes conseillers SMABTP et SMAvie BTP sont là, ils ont tout prévu !



Franck et Sophie, conseillers en assurance SMABTP et SMAvie BTP

« Quand un problème arrive à l'un de nos clients, ce n'est jamais celui qu'il imaginait ! Heureusement, notre expérience nous permet de réagir vite et d'apporter le meilleur conseil aussi bien en assurance construction qu'en assurance de personnes. Ensemble, nous répondons à tous les besoins de nos assurés »

Fort de plus de 150 ans d'expérience, le Groupe SMABTP assure les professionnels du BTP. Son expérience en fait un acteur incontournable qui vous accompagne à chaque instant.

Il vous apporte des solutions performantes pour l'exercice de votre métier, pour votre protection et celle de vos salariés, avec des interlocuteurs proches de vous et toujours disponibles !

Notre métier : assurer le vôtre

Retrouvez nous sur
www.smabtp.fr

ACTIVITÉ Responsabilité décennale - Responsabilité civile
Domages en cours de travaux - Protection juridique

BIENS PROFESSIONNELS Engins de chantier - Locaux - Véhicules

DIRIGEANTS ET SALARIÉS Couverture des engagements sociaux - Épargne
Prévoyance - Retraite collective et individuelle



**GROUPE
SMABTP**
BÂTIR L'AVENIR AVEC ASSURANCE

SMABTP, société d'assurance mutuelle à cotisations variables, entreprise régie par le Code des assurances
RCS PARIS 775 684 764 - 114 avenue Emile Zola - 75739 PARIS Cedex 15
SMAvie BTP, société d'assurance mutuelle à cotisations fixes, entreprise régie par le Code des assurances
RCS PARIS 775 684 772 - 114 avenue Emile Zola - 75739 PARIS Cedex 15

Directeur de la publication
Bruno Cavagné

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

Comité de rédaction
Hélène Abel (Ingérop), 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),
Louis Marracci (Bouygues TP),
Stéphane Monleau (Soletanche Bachy),
Jacques Robert (Arcadis), Claude
Servant (Eiffage TP), Philippe Vion
(Systra), Michel Morgenthaler (Fntp)

Ont collaboré à ce numéro
Rédaction
Monique Trancart, Marc Montagnon

Service Abonnement et Vente
Com et Com
Service Abonnement TRAVAUX
Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot
92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22
Fax : +33 (0)1 40 94 22 32
Email : revue-travaux@cometcom.fr

France (9 à 10 numéros) : 190 € TTC
International (9 à 10 numéros) : 240 €
Enseignants (9 à 10 numéros) : 75 €
Étudiants (9 à 10 numéros) : 50 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)
Multi-abonnement : prix dégressifs
(nous consulter)

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

Site internet : www.revue-travaux.com

Réalisation et impression
Com'1 évidence
Siège : Immeuble Louis Vuitton
101, avenue des Champs-Élysées
75008 PARIS
Tél. bureaux : +33 (0)2 32 32 03 52
Email :
revuetravaux@com1evidence.com

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

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

Editions Science et Industrie SAS
9, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n°0116 T 80259
ISSN 0041-1906

LE TRAMAF : UN SYNDICAT TRÈS ACTIF



© DR

À l'occasion de ce nouveau numéro consacré aux travaux maritimes et fluviaux, c'est tout naturellement que j'ai souhaité revenir sur le rôle et les différentes actions du TRAMAF, le syndicat des Travaux Maritimes et Fluviaux qui regroupe la plupart des entreprises travaillant, en France, dans les domaines du dragage ou des travaux de génie civil maritimes et fluviaux.

Dès sa création, le syndicat s'est donné plusieurs objectifs visant à défendre les intérêts des entreprises adhérentes, valoriser leurs savoir-faire et favoriser une réflexion commune sur l'avenir des métiers maritimes et fluviaux.

Parmi ces missions, nous pouvons citer la mise en place d'une politique de qualification des niveaux de compétences de chacune des entreprises et la création d'identifications professionnelles adaptées aux métiers correspondants. Les membres du TRAMAF collaborent également avec le CETMEF (CEREMA) sur certains sujets techniques et avec l'INSEE et la Fntp pour l'adaptation des formules de révision de prix. Le syndicat organise des réunions avec le MEDDE pour échanger sur les textes relatifs au dragage et au traitement des produits pollués, régissant nos activités. Il s'implique socialement et travaille à la mise en place d'une politique de formation (qualification professionnelle) du personnel des entreprises adhérentes.

Enfin, le TRAMAF participe à la création de guides spécifiques à l'usage des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des entreprises dans les domaines réglementaires de sécurité.

Sous l'impulsion d'un nouveau bureau, le syndicat connaît un réel essor depuis quelques années et met donc en œuvre des actions importantes pour rendre service à ses adhérents et, par là même, à l'ensemble de la communauté œuvrant dans le domaine de la voie d'eau et du portuaire.

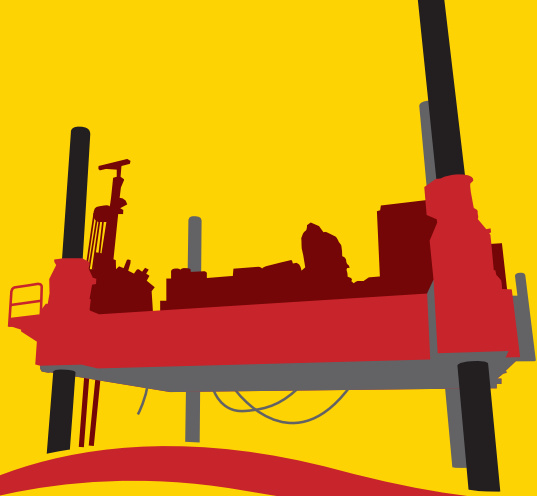
Il convient de relever, parmi les grandes actions récentes, la collaboration élargie avec le CETMEF (CEREMA), et en particulier la participation au groupe français de normalisation européenne sur les enrochements, la mise en commun des méthodologies de dragage et la rédaction d'articles pour la revue technique Maritime et Fluviale.

Le TRAMAF participe également aux groupes de travail techniques sur les aménagements portuaires et mène une réflexion sur la constitution des ports du futur avec l'AIPCN (PIANC). Il travaille en collaboration avec VNF et GEODE (Groupe d'Études et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement) en vue de fournir un avis technique commun à la DGPR, notamment sur le stockage à terre des produits de dragage non dangereux et non inertes.

Enfin, il a joué un rôle central dans la création d'un Certificat de Qualification Professionnelle de batelage : ce diplôme imaginé par le TRAMAF a fait l'objet d'une validation préalable par le ministère de l'Éducation Nationale (CPNE) en décembre 2010 et a déjà permis de qualifier 30 salariés des entreprises adhérentes.

Ainsi le TRAMAF, fort de ses 34 entreprises adhérentes, apporte la dimension « entreprise » à de nombreuses réflexions techniques engagées par les ministères ou les autorités concernées. Il permet ainsi une évolution importante des façons de procéder et des normes intéressantes les constructions fluviales, portuaires et maritimes avec le souci permanent de la sécurité des salariés, de la pertinence des dimensionnements et de la recherche du juste prix.

PHILIPPE GOULEY
SECRÉTAIRE-MEMBRE DU CONSEIL
D'ADMINISTRATION DU TRAMAF



TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

GORGON AUSTRALIE : UNE JETÉE ONL DANS UN PARC NATUREL AUSTRALIEN © SAPEM





04 ALBUM

08 ACTUALITÉ



18

**ENTRETIEN AVEC
YVES LALAUT**

GRAND PORT MARITIME DE DUNKERQUE.
CROISSANCE INDUSTRIELLE CONTRÔLÉE
DANS UNE OPTIQUE DE DÉVELOPPEMENT
DURABLE

22 CESIM : L'EXPERTISE SUBAQUATIQUE
ET L'INGÉNIERIE MARITIME



28

**ENROCHEMENTS
ET GRAVE BITUME**

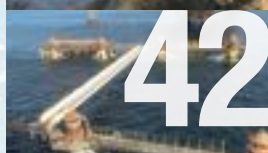
dans les ouvrages maritimes
du terminal méthanier
de Dunkerque



36

QUAI FLUVIAL

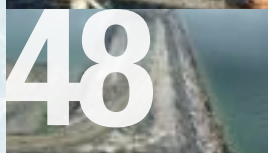
pour la plateforme multimodale
du Havre



42

**L'INSTALLATION
DE PLATEFORMES
OFFSHORE**

au Nigéria sur le projet OFON 2



48

**UN QUAI DE FORTE
CAPACITÉ**

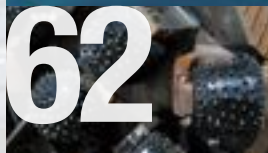
à Cherbourg



54

**GORGON
AUSTRALIE**

Une jetée GNL dans
un parc naturel australien



62

**OPTIMISATION DES
TECHNIQUES DE FORAGE**

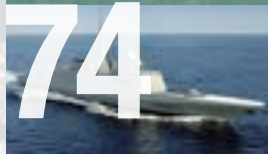
en travaux maritimes



68

**PORT CAMARGUE :
PROJET ECODREDGE-MED**

Un concept inédit de dragage
et de valorisation des sédiments



74

**APPONTEMENT FLOTTANT
DE NOUVELLE GÉNÉRATION**

pour l'accueil des frégates
multi-missions FREMM à Brest



81

**TRÉSORS DE NOS ARCHIVES :
LE PORT ET LA VILLE
DE POINTE-NOIRE**

Numéro hors série « Colonial » - 1931



PORT DE SEPT-ÎLES, GOLFE DU SAINT-LAURENT

PORT DE DÉGRAD-DES-CANNES, ESTUAIRE DU MAHURY

FORAGE EN GRAND DIAMÈTRE DANS LES TERRAINS DURS

BALINEAU est à son affaire sur le forage des roches en grand diamètre, dont les techniques se divisent en deux grandes familles : le forage en rotation en circulation inverse et les techniques dérivées du marteau fond de trou, illustrées par deux réalisations récentes. La grande photo illustre la circulation inverse en terrain de $R_c = 150$ MPa, utilisée pour l'installation de 130 pieux $\varnothing 1,2$ m à $\varnothing 1,8$ m au port de Sept-Îles au Québec. La petite photo montre un *cluster-drill* qui a réalisé les ancrages $\varnothing 1,2$ m dans le substratum de $R_c = 180$ MPa sous les pieux des quais du port de Dégrad-des-Cannes en Guyane. (voir article page 62).





À BREST UN APPONTEMENT FLOTTANT DE NOUVELLE GÉNÉRATION POUR LES FRÉGATES MULTI-MISSIONS FREMM

LES NOUVELLES

frégates européennes FREMM, longues de 142 m, nécessitent un appontement compatible avec le haut niveau de service de ces navires, assurant l'accessibilité quelle que soit la marée dont l'amplitude est de 8,40 m. La structure réalisée est innovante avec son double pont en béton armé et son système d'amarrage sur musoir spécifique de 14 m de diamètre. L'ouvrage est un caisson flottant monolithique de 160 m de long par 17 m de large, avec un tirant d'eau de 3,40 m, un franc-bord de 1,50 m et une superstructure de type dalle sur poutres et poteaux, de 14 m de large et 2,80 m de haut. L'ouvrage a été conçu par Ingérop.

(voir article page 74).



© INGÉROP

MIEUX ÉVALUER LA DURABILITÉ DES GÉOSYNTHÉTIQUES

Savoir ce que deviennent les géosynthétiques implantés dans des ouvrages était le thème de la journée technique du Comité français des géosynthétiques, le 25 mars. La qualité de la pose est centrale.



L'Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture prélève des géotextiles pour observer leur évolution dans le temps.

« La durabilité des géosynthétiques dans les ouvrages est une question récurrente posée par les maîtres d'ouvrage et les utilisateurs, informe Nathalie Touze-Foltz pour justifier le choix de ce thème à la journée technique du 25 mars par le Comité français des géosynthétiques (CFG) dont elle est membre du conseil d'administration. Cette question a déjà été abordée en 2008 par le Laboratoire central des ponts et chaussées⁽¹⁾. Depuis, les laboratoires ont étudié

d'autres matériaux. La journée technique dresse un état des lieux des résultats de recherche récents et donne les réponses que nous avons sur les caractéristiques intrinsèques des matériaux, le choix des ouvrages et la pose. »

→ Se passer des essais en laboratoire

L'évaluation de la durabilité des géosynthétiques s'enrichit grâce aux observations de matériaux déjà installés. « Ces dernières années, les fabricants et les

propriétaires d'un ouvrage ont pris conscience de la nécessité d'avoir des retours de terrain, note M^{me} Touze-Foltz. Des sites nous ont été ouverts. Nous avons prélevé des produits pour voir comment ils avaient vieilli. Nous pouvons constater ce que sont réellement devenues des géomembranes après vingt ans de pose. Avec des données relevées en plusieurs endroits, nous pouvons tirer des conclusions, ce qui, dans certains cas, peut amener à se passer des essais en laboratoire, ou en tout cas, à affiner les méthodes. » En effet, les géosynthétiques sont soumis en laboratoire à des contraintes imitant au mieux le terrain mais des incertitudes persistent sur leur extrapolation *in situ*.

→ Géomembrane de 40 ans

À la journée technique du 25 mars, Laetitia Van Schoors et Matoren Khay ont exposé leur démarche de rapprochement entre essais en laboratoire et observations sur des cas réels à propos de géotextiles en polyester.

Parmi les autres interventions de cette journée, citons celle sur l'étude de la durabilité d'une double étanchéité par géomembrane datant de 40 ans par Jean-Pierre Giroud et Jean-Pierre Gourc. Une autre communication, celle sur la durabilité de géomembranes en PEHD utilisées pour le stockage de déchets non dangereux par Fabienne Farcas et Nathalie Touze-Foltz, apporte des réponses à la

question « les membranes sont-elles suffisamment résistantes pour écarter tout risque de rupture ? », phénomène invisible mais qui peut ouvrir la voie à une pollution du sol ou d'une nappe, inquiétudes exprimées par usagers et riverains.

→ Optimistes

En ce qui concerne le marché des géosynthétiques, « fabricants et metteurs en œuvre restent optimistes sur leur développement et le potentiel de ce développement, constate Yves Durkheim, vice-président du CFG. Les acteurs n'ont pas encore fait le tour de toutes les innovations. Le secteur se maintient à un certain niveau d'activité malgré une baisse du marché de la construction en 2013. Selon nos indicateurs, le chiffre d'affaires est stable. La plus grande confiance accordée à ces matériaux perçus comme moins nouveaux favorise le développement d'applications plus sophistiquées. » Le renforcement de sols par des géogrilles, des tissés, des tricotés, et le drainage par des géocomposites continuent de rencontrer un certain succès tout comme l'étanchéité, application ancienne mais toujours bien présente.

Pour en savoir plus :

www.rencontresgeosynthetiques.org ■

⁽¹⁾ Le LCPC est devenu l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux après sa fusion début 2011 avec l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité.

CERTIFIER LES CONTRÔLEURS EXTÉRIEURS

Le contrôle des installations comportant des géosynthétiques constitue un autre sujet de préoccupation des acteurs et des utilisateurs. Il se peut que ce soit le thème de la prochaine journée technique organisée en 2016 par le Comité français des géosynthétiques (CFG).

« Nous travaillons aujourd'hui sur la certification des organismes de contrôle des installations après nous être attachés à celle de la qualité des produits et à celle de leur mise en œuvre, avec l'Association pour la promotion de la qualité (Asqual), » développe Yves Durkheim, vice-président du CFG, une des associations partenaires⁽¹⁾ de l'Asqual. Celle-ci, créée en 1983, participe à l'élaboration de la certification des géosynthétiques que ce soit

celle des géotextiles, des géomembranes, du soudage, de la responsabilité de chantier, et à la qualification des entreprises qui appliquent les géomembranes.

Le contrôle, non obligatoire, tombe parfois aux oubliettes ou se trouve gravement amputé, selon trois experts en la matière : Yves Gérard, Jean-Frédéric Ouvry, et Laurent Sauger.

→ Bâtir un référentiel

Un contrôle des installations est indispensable depuis le projet jusqu'à la réalisation. Afin que tout le monde s'entende sur une mission de contrôle efficace, il est nécessaire de bâtir un référentiel. En pratique, le contrôle intervient parfois trop tard, *a posteriori*. Or, intervenir par la suite sur des désordres coûte plus cher que de

se soumettre à un contrôle indépendant qui a l'avantage de permettre une réparation immédiate en cas de dégât.

Les problèmes peuvent provenir de conditions météorologiques inadéquates au moment de la pose, de mauvaises soudures, de la non protection des maté-

riaux une fois posés pendant les phases ultérieures du chantier. ■

⁽¹⁾ Partenaires de l'Asqual : Comité français des géosynthétiques, Association française des producteurs de géotextiles et produits apparentés (AFPGA), celle des producteurs de géomembranes (Aprodeg) et celle des applicateurs (Atag).

APPEL À COMMUNICATIONS

Les prochaines rencontres géosynthétiques auront lieu du 24 à 26 mars 2015 à la Rochelle (Charente-Maritime). Les personnes qui souhaitent y présenter une communication peuvent la proposer au Comité français des géosynthétiques le 15 mai 2014 au plus tard.

www.cfg.asso.fr

FRET FERROVIAIRE : RAPPROCHER OFFRE ET DEMANDE

Le ministère des Transports a fait connaître ses mesures pour rapprocher l'offre et la demande de fret ferroviaire lors de la deuxième conférence sur la relance du fret, le 12 février. À caractère immédiat, elles émanent de cinq groupes de travail mis en place après la première conférence en septembre 2013.

L'État cherche à enrayer la baisse de ce moyen de transport de marchandises dont la part n'était plus que de 10% en 2012 contre 16,6% en 2000. Il a donc décidé de préfigurer et d'expérimenter des clusters (groupes d'acteurs locaux) sur des territoires volontaires afin de faire émerger un modèle économique adapté localement.

→ Deux observatoires

Seront créés deux observatoires : un de la demande confié au réseau des chambres de commerce et d'industrie, et un second, de la performance des sillons fret, piloté par Réseau ferré de France et avec des entreprises du secteur.

Le fret ferroviaire sera le thème d'un événement annuel. Première édition : 2015. Les grands ports maritimes devront intégrer dans leur projets stratégiques de 2014 des objectifs de développement du fret par train et se doter d'une instance de coordination de cette activité avec RFF et les régions.

→ Groupe réglementation et normes

Enfin, un nouveau groupe de travail sera chargé de simplifier la réglementation et les normes.

Signalons l'appel à manifestation d'intérêt sur le transport ferroviaire géré par l'Ademe dont la 2^e clôture intermédiaire intervient le 30 septembre (clôture finale le 1^{er} avril 2015). Cet AMI couvre les systèmes et matériels à l'usage des per-



Train de fret sur l'itinéraire entre Perpignan (Pyrénées-Orientales) et le Luxembourg.

© MEDITHEQUE SNCF-LUDOVIC GRA

sonnes et des marchandises. Y figurent les matériels qui optimisent l'intermodalité, les procédés et outillages innovants

en entretien des voies, les interfaces terrestres nécessaires aux convois ferroviaires, etc. ■

FONDS CROISSANCE RAIL

BPI France, filiale de la Caisse des dépôts et de l'État, a constitué un fonds d'investissement de 40 millions d'euros avec quatre acteurs de la filière ferroviaire : Alstom Transport, la SNCF, Bombardier Transport et la Régie autonome des transports parisiens (RATP).

Ce fonds baptisé Croissance Rail « a pour mission d'investir en tant qu'actionnaire minoritaire des tickets de 1 à 4 millions d'euros dans des entreprises performantes ayant une activité significative dans le ferroviaire en France et qui présentent un potentiel de croissance en France et à l'international, » ont précisé les ministères du Redressement productif et des Transports, fin 2013.

Cette création entend notamment faire émerger des entreprises de taille intermédiaire qui se développent à l'international.

LA MOBILITÉ INTELLIGENTE AVANCE

Plus de 3 000 véhicules communicant avec la route seront déployés en Île-de-France, à Bordeaux et en Isère, sur 2 000 km de voies équipées pour cela. Ainsi les automobilistes peuvent-ils être avertis d'accidents et changer leur itinéraire, par exemple, et signaler eux-mêmes des obstacles en précisant leur position. État, collectivités et constructeurs investiront 20 millions d'euros dans ce projet dont il a été question à la conférence nationale sur les transports intelligents, le 11 février.

→ 4 milliards d'euros de CA par an

Les transports intelligents qui favorisent l'utilisation de n'importe quel moyen ou combinaison de moyens pour aller d'un point A à un point B, grâce en particulier à de l'information numérique, représentent un marché de 4,5 milliards d'euros de chiffre d'affaires par an, selon le ministère des Transports. Ils sont principalement entre les mains de PME dont le nombre est estimé entre 500 et 1 000.

→ Calculateur d'itinéraire national

L'État a lancé en mars la construction

d'un grand calculateur d'itinéraire national multimodal accessible sur smartphone. Il en a confié la conduite à l'Agence française pour l'information multimodale et la billettique. Mise en application en 2015.

Des recommandations sur l'ouverture des données publiques dans le domaine des transports seront débattues avec le secteur en octobre 2014.

Enfin, les acteurs des transports intelligents seront regroupés au sein d'une « fabrique de la mobilité 2.0 ». ■

AMÉLIORER LES CHANTIERS FERROVIAIRES

SNCF Infra a signé une charte de bonnes pratiques avec la Fédération nationale des travaux publics et le Syndicat des entrepreneurs de travaux de voies ferrées de France. La démarche, complétée par un guide, vise à optimiser l'achat et la réalisation de travaux. Les partenaires s'engagent à produire chaque chantier en sécurité. Par exemple, les délais entre attribution du marché et début des travaux seront suffisants pour que les entreprises s'organisent au mieux et respectent les règles de sécurité.

Les sociétés seront sensibilisées à la qualité d'exécution et à l'importance de ne pas porter atteinte à la régularité de circulation des trains.

Les travaux seront bien préparés afin de tirer parti au mieux des périodes qui leur sont réservées.

Face aux aléas du chantier, une gestion dynamique des marchés sera assurée.

Les travaux supplémentaires pourraient être contractualisés par des avenants ou des prix provisoires, et leur règlement, accéléré.

RENOUVEAU MINIER

Le 11 février, le ministre du Redressement productif a octroyé un permis de recherches de mines d'or et d'argent à Variscan Mines dans le Maine-et-Loire.

Le 21 février, il a annoncé la création d'une Compagnie nationale des mines de France*. La CMF accompagnera l'exploitation du sous-sol en métropole et en outre-mer, et jusqu'en Asie centrale et en Amérique du Sud.

* Cf. www.batiactu.fr

INGÉNIERIE : GRAND PRIX 2014

Les candidats au Grand prix national de l'ingénierie 2014 ont jusqu'au 27 mai à midi pour déposer leur dossier. Le concours est organisé par le ministère de l'Écologie (Medde) et celui du Redressement productif en partenariat avec Syntec-Ingénierie. Le projet présenté doit être exceptionnel par la qualité de conception, de conduite, ou ses innovations, concerner les infrastructures, la construction, les systèmes complexes, des produits ou process industriels. Il peut être en cours de réalisation ou achevé.

<http://www.egedd.developpement-durable.gouv.fr>

ISO 9001 POUR L'ÉCOLE DES PONTS

L'École des Ponts ParisTech a obtenu la certification qualité ISO 9001 (version 2008). Cette certification, menée par l'Afnor, couvre l'ensemble de ses activités.

FORMATION CANALISATEURS

Canalisateurs de France rappelle qu'ont lieu à partir de mai 2014 cinq sessions de formation au certificat de qualification professionnelle en adduction d'eau potable ou en assainissement, pour des compagnons ou des poseurs. Ce certificat s'adresse à des professionnels confirmés. Les sessions se tiennent à Paris (21 mai), Lyon (18 juin), Toulouse (15 octobre), Rennes (5 novembre) et Metz (14 novembre).

www.cfcegletons.com

ÉROSION ET SUBMERSION MARINE FONT CAUSE COMMUNE



© C. DEGARDIN/INDICAT MIXTE BAE DE SOMME-GRAND LITTORAL PICARD

Construction d'un épi en palplanches couronnées de béton, en février, à Cayeux-sur-Mer (Somme), pour réduire l'érosion du bord de mer.

Afin de préserver les côtes des inondations et du recul inhabituel des terres, le gouvernement a pris des mesures annoncées en janvier par Frédéric Cuvillier, alors ministre délégué aux Transports, à la Mer et à la Pêche, en déplacement à Cayeux-sur-Mer (Somme). Au-delà des choix d'urbanisme et d'aménagement, « il faut prévoir sur le long terme les conséquences de ceux relatifs à la protection du littoral et de ses usages, et son adaptation aux phénomènes naturels », a-t-il souligné. (...) L'élévation du niveau de la mer va augmenter les risques de submersion et pourrait fragiliser de nombreuses digues et ainsi submerger les polders arrière-littoraux. (...) Il est nécessaire de favoriser la cohérence et la coordination entre lutte contre l'érosion et prévention de la submersion. (...) Un certain nombre d'actions com-

munes ont été identifiées. » Plusieurs objectifs sont visés. Les risques naturels seront mieux intégrés dans la recombinaison spatiale des territoires littoraux. Autrement dit, il s'agit de planifier la relocalisation à long terme des activités et des biens menacés. Les opérations de protection artificielle ne seront envisagées que sur les secteurs à très forte densité d'occupation ou d'intérêt stratégique, sans écarter l'éventualité de leur déplacement.

Les plans de prévention des risques littoraux prendront en compte conjointement les aléas submersion et érosion. Les écosystèmes - zones humides, dunes, etc. - qui dissipent l'énergie de la mer, seront bien entretenus voire restaurés.

→ Cartographie de l'aléa érosion

L'État souhaite engager ses finances en priorité sur les secteurs à érosion forte. Pour cela, il va « déterminer en 2014 une méthode pour construire des indicateurs nationaux homogènes permettant de suivre le trait de côte ; d'ici à la fin de l'année, il sera produit une première cartographie de l'aléa d'érosion côtière avec prise en compte des écosystèmes existants, avec une prévision à dix, quarante et quatre-vingt-dix ans. »

Un quart des côtes françaises reculent en métropole, soit 1 720 km, et un dixième gagne sur la mer par sédimentation ou effondrement calcaire, soit un peu plus de 700 km. Près de 10 000 ha de zones urbanisées sont situées à moins de 50 m d'une côte en recul. ■

LES DIGUES REVIENNENT AUX COMMUNES

La gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations dont les digues sont confiées aux communes par la loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles du 27 janvier (n°2014-58, articles 56-58 et 59). Pour les collectivités les plus petites, le relais pourra être pris par un établissement public de coopération intercommunale qui décidera des investissements pour entretenir les retenues et en prévoir de nouvelles*. Il pourra collecter une taxe qui ne devra pas dépasser 40 euros par an par foyer sur la facture d'eau. Au ministère de l'Économie d'en déterminer le montant.

* Source : Le Monde, 16-17 février 2014.

NUMÉRIQUE : 56 DÉPARTEMENTS PRÊTS À SE RACCORDER

Du monde, il y en a eu, à la première conférence annuelle de la mission France Très haut débit, en février, au ministère du Redressement productif⁽¹⁾. Quatre cents personnes du privé et des collectivités locales ont montré tout l'intérêt qu'elles portaient au projet de raccorder d'ici à 2022 80 % des foyers français en fibre optique à 100 mégabits par seconde et 20 % en solutions autres - câble en cuivre en version modernisée ou communication sans fil - à 30 mégabits.

Le guichet du Fonds pour la société numérique ouvert en mai 2013 a été fortement sollicité. Cinquante-six départe-

tements porteurs de 45 projets d'initiative publique ont déposé une demande de subvention à ce fonds pour un montant de 940 millions d'euros qui correspond à une dépense totale de 4 milliards par les collectivités.

Vu cet enthousiasme, l'État se trouve dans l'obligation de compléter le fonds en transformant des sommes dédiées à des prêts bonifiés pour les opérateurs en subvention publique. La location de la fréquence hertzienne, dont les modalités restent à fixer, viendra également alimenter le fonds. ■

⁽¹⁾ Cf. Le quotidien de la Gazette des communes (web), 11 février 2014.



© ORANGE

Les foyers seront raccordés en fibre optique ou avec des solutions meilleur marché.

PROJET DE TERMINAL MÉTHANIER À MARSEILLE

Un terminal méthanier est en projet dans le Grand port maritime de Marseille (Bouches-du-Rhône). Baptisé Fos Faster, il a démarré en 2009, a donné lieu à débats publics en 2010-2011, à des études d'impact en 2012 en vue des autorisations administratives d'exploiter. La demande de permis de construire a été déposée en septembre 2013. S'il franchit toutes les étapes préalables à sa réalisation, il sera prêt pour 2020 après quatre ans de chantier.

La société Fos Faster LNG Terminal porte le projet. Elle est entre les mains de la Société des pétroles Shell et de Vopak LNG Holding BV, exploitant de terminaux de stockage dans les ports. Le GPMM lui loue un terrain de 90 hectares sur la presqu'île du Caban à Fos-sur-mer.

Le projet initial prévoyait la création d'une plate-forme remblayée, abandonnée suite au débat public, notamment à cause des nuisances liées à de tels travaux. Sa relocalisation, plus au nord sur un terrain existant, réduit son impact paysager et visuel. Les réservoirs auront une hauteur limitée.

Toujours pour atténuer les inquiétudes apparues dans le débat public, Fos Faster étudie la récupération de l'eau de refroidissement de la centrale à cycle combiné



Vue d'artiste de la première phase de Fos Faster dans le port de Fos-Marseille (Bouches-du-Rhône).

du voisin Electrabel pour regazéifier son GNL. Ce qui rabaisse le rejet d'eau de mer de ces deux industriels à une température proche de celle du prélèvement. Le terminal aura une capacité de traitement de 8 milliards de mètres cubes qui peut doubler, et deux réservoirs de 180 000 m³, avec la possibilité d'en implanter quatre.

→ Appel d'offres en 2015

Il pourra réceptionner des navires méthaniers de toutes tailles.

« Il s'agit de créer une porte d'entrée au sud de l'Europe pour acheminer du GNL, explique Philippe Cracowski, président de la société de projet. Shell s'en

servira mais le site sera multiclient. » Fos Faster est estimé à 700 millions d'euros sans compter les aménagements réalisés par le port et ceux de Gaz de France pour connecter la distribution au terminal. La décision finale d'investissement sera prise en 2015, année de l'appel d'offres pour la mise en œuvre du projet dont les spécificités opérationnelles ont été définies par le maître d'ouvrage. Signalons que Elengy⁽¹⁾ à travers Fosmax LNG dont elle détient 72% du capital avec Total (28%), prévoit de doubler la capacité de son terminal de Fos Cavaou. ■

⁽¹⁾ Elengy, filiale de GDF Suez (70%) et Total (30%).

EFFORT DE MODERNISATION DU RÉSEAU FERRÉ

Réseau ferré de France et SNCF Infra ouvrent mille chantiers de modernisation du réseau en France, conformément au plan dévoilé en septembre 2013. L'Île-de-France qui concentre 70% des voyageurs quotidiens fait l'objet d'un programme fiabilité 2014-2020 avec, pour 2014, un investissement d'un milliard d'euros contre 550 millions en 2012.

ÉLECTRICITÉ : HAUSSE DE L'HYDRAULIQUE

La production d'électricité d'origine hydraulique (barrages) a augmenté de 20% en 2013 par rapport à 2012, selon le bilan annuel de Réseau de transport d'électricité (RTE). Celle issue d'énergies nouvelles renouvelables a, quant à elle, crû de 8,1%. Du côté de la consommation d'électricité, les industriels ont diminué leur leur de 2,5%. Globalement, la consommation des Français augmente toujours mais un peu moins qu'avant : +0,3% en 2013 contre +1% par an les années précédentes.

EIFFAGE AU SÉNÉGAL

Le groupe Eiffage va construire, exploiter et entretenir un tronçon de 16,5 km à quatre voies de l'autoroute qui reliera Dakar (Sénégal) à l'aéroport international Blaise Diagne, en chantier. Eiffage Sénégal et Eiffage TP ont signé un contrat de 121 millions d'euros.

INDUSTRIALISER UN HABITAT AUTONOME



Simulation de l'intégration d'un habitat autonome en eau et énergie à Grenoble (Isère).

La Ville de Grenoble (Isère) et Bouygues Construction vont réaliser un îlot d'habitat offrant un haut niveau de confort avec une faible empreinte écologique. Dans ce but, elles ont signé fin janvier un

partenariat de recherche, développement et innovation pour construire un démonstrateur expérimental avec le cabinet d'architectes Valode et Pistre.

L'îlot regroupe 90 logements collectifs

autonomes en énergie grâce à des énergies renouvelables dont des éoliennes sur le toit, du stockage d'énergie et de faibles besoins en chauffage. Également au programme : l'optimisation de la gestion des déchets.

Le projet baptisé ABC pour Bâtiment autonome pour les citoyens⁽¹⁾ vise aussi une maîtrise des coûts par la standardisation de la construction. De plus, « au-delà d'une approche purement technique, un enjeu essentiel d'ABC réside dans l'association des habitants tout au long du processus en vue de leur appropriation des spécificités et innovations du projet, » est-il écrit dans un communiqué commun aux deux signataires.

→ Produits d'exportation

À terme, un tel démonstrateur débouchera sur une industrialisation et éventuellement un savoir-faire exportable dans les pays où l'implantation de réseaux d'eau et d'énergie serait trop coûteuse. ■

⁽¹⁾ En anglais : Autonomous Building for Citizens.

DIGUES EN CONSTRUCTION À LA RÉUNION

Une route digue va être construite entre La Grande-Chaloupe (Saint-Denis-de-la-Réunion) et La Possession à l'ouest. Il s'agit en réalité de quatre tronçons à deux fois trois voies totalisant 3 700 m dont la construction a été lancée fin 2013. Le département de la Réunion et la région Réunion en ont confié le chantier à un groupement d'entreprises avec GTOI, filiale réunionnaise de Colas, mandataire (60%), SBTPC, filiale de Vinci Construction, et Vinci Construction Terrassement. Ces digues sont conçues pour résister aux contraintes maritimes dont la houle cyclonique centennale. Environ 24 000 blocs de 4 à 11 m³ forment leur carapace. Un mur dit chasse-mer vient les consolider. Il mesure 90 cm d'épaisseur à sa base et monte jusqu'à 12 m de haut. Il sera construit par plots de 11,50 m à 13,50 m en fonction des profils. Les travaux de 530 millions d'euros seront finis en 2018.



La route digue à l'ouest de Saint-Denis-de-la-Réunion devra résister à la houle centennale.

© COLAS

UNE PISCINE SE MUE EN CENTRE AQUATIQUE



© ARCOS ARCHITECTURE

La piscine de Lunéville (Meurthe-et-Moselle) est restée en centre-ville à proximité des écoles. Le grand bassin est extérieur, hiver comme été.

Le centre aquatique de Lunéville au sud de Nancy (Meurthe-et-Moselle), a ouvert en février. Il s'agit en réalité de la réhabilitation de la piscine datant des années 1960. La Communauté de communes du Lunévillois (30 000 habitants) a voulu que l'équipement sportif reste en centre-ville tout en mettant aux normes et en élargissant la palette d'activités. Aux deux bassins de 25 et 50 m, s'ajoutent de la balnéothérapie avec un bassin de 100 m² ainsi qu'un centre de remise en forme. La piscine de taille olympique (50 m) est conservée en extérieur. Elle est ouverte toute l'année avec une eau à 28°C. Des bâtiments bas l'encadrent à la manière

d'un cloître et la protègent du vent. Ce bassin en plein air ne devrait pas être un gouffre énergétique grâce au puisage d'une eau à 21°C à 300 m dans la nappe phréatique, eau tiède gratuite qui contribue aussi au chauffage de l'intérieur du centre. De plus, une couverture thermique le recouvre dès fermeture au public. Quant à la piscine de 25 m, ses parois ont été rénovées par un doublage en inox.

→ Façade en béton matricé

La chaudière de 750 kW utilise du bois déchiqueté qui provient à 80% du département. Elle chauffe l'air, l'eau et également un petit réseau de chaleur vers une salle polyvalente. En été, des chaudières à gaz prennent le relais.

Le centre aquatique, baptisé Aqualun¹, est proche des établissements scolaires et jouxte les jardins du château de Lunéville. Arcos Architecture l'a donc intégré dans cet environnement notamment par une façade en béton matricé à effet pierre, approuvée par l'architecte des bâtiments de France.

La charpente intérieure est en bois ainsi que les panneaux acoustiques et l'habillage intérieur. L'eau de vidange des bassins et les eaux pluviales sont récupérées notamment pour alimenter les bassins du château.

→ Près de 13 millions d'euros

La communauté de communes a confié la délégation de service public du centre à Espacéo, filiale de Spie Batignolles Concessions. La concession de vingt-cinq ans s'étend de la conception à l'exploitation et inclut le financement. L'exploitant fait son affaire des revenus et des dépenses. La collectivité en devient propriétaire en fin du contrat.

Coût de l'équipement : 12,7 millions d'euros HT dont 9,1 de travaux. L'opération reçoit une subvention d'équipement d'un peu plus de 3 millions (Département, Région, État, Fonds européen de développement régional). ■

FRANCHISSEMENT FLUVIAL PAR TÉLÉPHÉRIQUE

Les deux rives de la Recouvrance à Brest (Finistère) seront reliées par un téléphérique fin 2015 dans un quartier en rénovation urbaine. Brest Métropole a choisi cette solution de 15 millions d'euros HT⁽¹⁾ plutôt qu'un pont transbordeur - une nacelle traverse entre deux pylônes - estimé à 40-60 millions, un pont routier levant à 30-50 millions ou encore des passerelles levantes, à 20-23 millions. Une fois en service, il émettra moins de gaz à effet de serre qu'un tram.

Ce transport de voyageurs par câble viendra désenclaver le futur quartier des Capucins bâti sur les anciens ateliers de l'Arsenal, site de construction navale jusqu'en 2004, à l'ouest du centre. Actuellement, des bus roulent sur le pourtour de la zone et deux ponts franchissent le fleuve à ses deux extrémités.

Le téléphérique dont le fournisseur n'avait pas encore été désigné début avril, mesurera 460 m de long et fonctionnera à une hauteur maximum de 60 m. Il pourra transporter 675 000 passagers

par an au rythme de 650 par heure et par voie. Il fonctionnera tous les jours et passera toutes les cinq minutes. Les travaux préparatoires ont démarré début 2014.

→ Promontoire de 30 m de haut

L'opération urbaine de Recouvrance, sur un promontoire rocheux de 30 m de haut, couvre 16 hectares. Outre le téléphérique, une médiathèque et un multiplexe seront

également mis en service en 2015. En 2018, ce sera le tour d'un centre national des arts de la rue baptisé le Fourneau. Seront également construits 560 logements et des surfaces de bureau et de commerce. Le chantier du quartier a commencé en 2012. ■

⁽¹⁾ Hors frais de maîtrise d'ouvrage et hors études non techniques.



Visualisation d'une des deux stations du futur téléphérique, celle de Siam centre ville, en rive gauche de la Recouvrance.

© ERIC RHINN

IMMEUBLE ISOLÉ PAR L'EXTÉRIEUR



Les façades ont été isolées par de la laine de roche derrière un bardage d'acier. Des balcons ont été ajoutés.

Un immeuble de 56 logements datant des années 1970 à Paris (20^e) a été réhabilité. Construit sur dalle avec trois

niveaux de parking, il ne pouvait recevoir que des solutions légères et constituées de matériaux ayant une très bonne

ESSAI DE BÉTON FIBRÉ EN MER

La Direction technique eau, mer et fleuves (DTEMF) teste l'application de bétons fibrés ultra performants (BFUP) en mer. La DTEMF n'est autre que le Centre d'études techniques maritimes et fluviales (Cetmef) intégré en janvier dans le Centre d'études techniques sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) avec dix autres services de l'État.

Cet essai sur un établissement de signalisation maritime mobilise également le Laboratoire de maintenance, construction et sécurité des ouvrages de l'École polytechnique de Lausanne (Suisse) et Lafarge. Le laboratoire utilise ces bétons depuis 2004 en réhabilitation de ponts. Si le test réussit, il ouvre la voie à des applications sur tous les ouvrages maritimes ou portuaires.

Les BFUP semblent *a priori* adaptés aux chantiers en mer dont l'accès dépend de la marée et de la météo, car ils s'appliquent rapidement en faible épaisseur. Ils

ont une résistance mécanique et à la déformation intéressantes, et sont imperméables sur le très long terme. La signalisation en mer est soumise à de fortes contraintes mécaniques de houle et de vent, et physico-chimiques (formation de sulfates et chlorures).

L'été dernier, une tourelle de 4 m de haut par 3 m de diamètre, porteuse de signalisation, a été recouverte d'une coque de 60 mm d'épaisseur d'un BFUP conçu spécialement. Elle est implantée en rade de Lorient (Morbihan).

→ Suivi régulier

Un coffrage métallique a été héliporté sur la tourelle puis rempli de béton par le même moyen en une quinzaine de rotations à partir d'un camion toupie stationné au plus près sur la côte, à Gâvres. Cinq mètres cubes ont été coulés en deux heures.

Du béton a été prélevé lors du coulage afin de déterminer ses caractéristiques mécaniques. Des carottes seront extraites

tenue au feu, l'accès des pompiers étant difficile. Ces habitations HLM sont restées occupées pendant les travaux qui ont duré un an de 2012 à 2013.

L'Atelier du pont, architecte, a opté pour de l'isolation par l'extérieur afin de limiter le dérangement.

La laine de roche de 15 cm d'épaisseur est protégée d'un bardage en acier fortement nervuré recouvert d'une peinture grise dorée selon l'orientation et la lumière. Les fenêtres ont été changées. À l'avant de ces façades isolées, ont été ajoutés des balcons eux-mêmes abrités du soleil par une résille.

Le nouvel immeuble répond aux exigences du Plan climat patrimoine de la Ville de Paris de ne pas consommer plus de 80 kWh/m²/an en réhabilitation.

→ Gain de surface

L'ensemble a gagné 227 m². Les travaux ont coûté 1,8 million d'euros HT. France Habitation, maître d'ouvrage, a fait appel, outre à l'Atelier du pont, au bureau d'études techniques EVP, à l'économiste RPO et à un bureau spécialisé en haute qualité environnementale Plano2.

Les travaux ont été confiés à Eiffage, entreprise générale. Les bardages laqués sont fournis par Arcelor Mittal qui se lance depuis quelque temps sur le marché de l'isolation. ■

ÉCLAIRAGE PUBLIC SUR SOL CLAIR

Un revêtement routier spécial a été associé à un éclairage public performant à Limoges (Haut-Vienne) afin d'abaisser la consommation d'électricité des lampadaires sans perdre en qualité. Le système Lumiroute de l'entreprise Malet a été un des 4 lauréats de l'Innovation routière du ministère de l'Écologie, en 2011, démarche pilotée par le Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.

Son principe : l'éclairage est d'autant plus efficace que la lumière est bien réfléchiée par le sol. En octobre 2013, Malet et Spie Batignolles énergie et l'éclairagiste Thorn ont installé le Lumiroute sur deux sections de 200 m d'une quatre voies à l'entrée de Limoges.

Le revêtement routier de la première se constitue d'un enrobé à granulats et liants synthétiques clairs avec ajout de dioxyde de titane ; celui de la seconde, d'un enrobé bitumineux hydro décapé.

La chaussée est éclairée par des lampadaires de 9 m de haut à leds, placés dos à dos sur le terre-plein central du boulevard. Les usagers de la route sont appelés à donner leur avis par internet.

dans deux, cinq et dix ans pour vérifier l'absence de pénétration de chlorures et de sulfates dans le BFUP. ■



La tourelle située en rade de Lorient (Morbihan) a été recouverte d'une coque en béton fibré haute performance.

PRODUITS DE CURE DU BÉTON

Grace Produits de Construction propose deux produits de cure de bétons ou de mortiers. La cure limite l'évaporation de l'eau pendant le durcissement, ce qui réduit la porosité, les risques de fissuration et de farinage. Le Pieri Easy Cure forme un film imperméable sur les surfaces verticales ou inclinées, ou les bétons verticaux fraîchement démoulés ou encore, les colorés sur lesquels il ne tâche pas.

Quant au Pieri Cure & Fix, il a deux fonctions : la cure et la recouvrabilité de surfaces horizontales comme les chapes, dalles et dallages. Il n'a pas besoin d'être éliminé avant peinture ou collage car il fait aussi office de couche d'accrochage.



Le Easy Cure s'applique par pulvérisateur sur le béton à traiter.

ÉNERGIE : COUPLER MÉTÉO ET STOCKAGE



© EDF/DR

Les données météo de cette station à la Réunion permettent de faire appel au stockage d'électricité dès baisse de production par le solaire, de jour.

Electricité de France teste avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie un système qui optimise l'injection d'électricité d'origine renouvelable (ER) dans le réseau. Baptisé Pégase - Prévission des énergies renouvelables et garantie active pour le stockage d'énergie -, il a été retenu dans le cadre de l'appel à projets bioressources, industries et performance de 2010.

À travers Pégase, il s'agit de valider l'utilisation des prévisions de production

d'électricité par les énergies renouvelables combinée à un stockage d'électricité sur une batterie, ici une NaS (sodium-soufre) de 1 MW. Il comprend une station météo dont les données servent à enclencher ou non le stockage d'énergie, en temps réel et pendant la journée. « Il s'agit d'obtenir des prévisions météorologiques très fines, d'une dizaine de minutes à une heure, pour anticiper les fluctuations de la production - dues par exemple au passage de nuages sur les

panneaux photovoltaïques - et pouvoir ainsi réinjecter au mieux l'énergie stockée par la batterie dans le réseau, » détaille Stéphane Biscaglia, ingénieur réseaux intelligents et stockage à l'Ademe⁽¹⁾.

Le projet est développé à l'île de la Réunion qui produit 30% de son électricité par les ER depuis fin 2011. Pour atteindre 50% en 2020, il est nécessaire de stocker l'énergie ainsi produite pour les usages de nuit ou par mauvais temps. En effet, en l'absence de puissance tampon, les centrales thermiques seraient alors sur-sollicitées. Le potentiel de stockage pourra s'enrichir à l'avenir de stations marines de transfert d'énergie par pompage⁽²⁾.

→ Pas de difficulté technique

L'expérimentation (2009-2013), d'un montant de 5 millions d'euros, a reçu une aide de l'Ademe de 700 000 euros pour la batterie et de 500 000 pour le logiciel de prévision. « Depuis, preuve a été faite que cette technologie de stockage dynamique fonctionne et qu'elle sait répondre à des besoins réels, ajoute M. Biscaglia. Les freins à son déploiement dans le contexte insulaire ne sont donc pas techniques mais économiques et réglementaires. » ■

⁽¹⁾ Cf. Ademe & vous, n°70, novembre 2013.

⁽²⁾ Cf. Actualité de Travaux 903, janvier-février 2014.

RENFORCEMENT DE TALUS DE CHEMIN DE FER

Un talus qui monte jusqu'à 10 m de haut vient d'être consolidé sur la ligne de trains entre Mommenheim et Sarreguemines (Moselle).

La voie ferrée montrait de graves faiblesses : une importante fissure et des tassements au droit de la culée du viaduc de franchissement du cours d'eau la Sarre à Wittring.

Le talus a été renforcé par un mur poids gabion. Cette solution a été choisie car elle ne nécessitait pas l'interruption de la circulation des trains.

Elle se passe de fondations. Elle est modulaire, ce qui facilite le raccordement aux ouvrages en place.

Aquaterra Solutions, qui l'a fournie, a donc mis en œuvre des panneaux électro soudés en fils Galfan de 4,5 mm de diamètre avec une maille de 100 mm par 100 pour ce qui ne se voit pas : l'arrière, le fond et les cloisons intermédiaires. La maille est plus serrée - 50 par



© AQUATERRA SOLUTIONS

Les gabions s'adaptent au terrain sans nécessiter de fondations.

100 mm - pour les faces apparentes. Le pôle ingénierie de Metz de Réseau ferré de France, maître d'ouvrage, a

confié la maîtrise d'œuvre études à Infraingenierie et la réalisation des travaux à l'entreprise SETP. ■

15 MAI 2014 : FORUM DES TRAVAUX PUBLICS



Le 15 mai prochain, la Fédération Nationale des Travaux Publics organise le Forum des Travaux Publics à la Halle Freyssinet à Paris, sous la bannière « Répondre aux enjeux de demain ».

Paris, lundi 24 mars 2014 - Le forum s'articulera autour de 4 espaces fédérateurs reflétant les différentes facettes des Travaux Publics :

- L'innovation au cœur,
- Créateurs d'avenir,
- Acteurs responsables,

→ Partenaires du quotidien.

Sur 6 000 m², tous les acteurs de la filière (dirigeants d'entreprises, donneurs d'ordre, pouvoirs publics, étudiants, partenaires TP, médias) pourront s'informer et échanger autour des solutions pour construire un avenir durable. Une vingtaine d'ateliers-débats porteront sur l'ensemble des préoccupations des adhérents de la FNTP, comme par exemple :

- Départements et infrastructures, au service de la cohésion territoriale et sociale ;

→ La gestion proactive des réseaux d'eau ;

→ Engins de chantier et prévention : les vertus de la concertation ;

→ Granulats : des exemples d'écoresponsabilité partagée ;

→ Comment faire des clauses d'insertion un outil gagnant pour tous les acteurs ?

→ Former et embaucher en période de crise : s'adapter aux besoins des entreprises ;

→ Associer les salariés au capital :

bonnes pratiques et nouvelles solutions...

Lors de la séance plénière, Bruno CAVAGNÉ, président de la FNTP, sera interviewé par Stéphane SOUMIER (BFM) et donnera sa vision des Travaux Publics et des grands défis qui attendent la profession. De nombreuses animations émailleront cette journée (défilé de mode des EPI, job dating, studio TV/Radio, simulateurs d'engins...) qui se clôturera dans la bonne humeur avec un spectacle de Nicolas CANTELOUP. ■

BALINEAU

www.balineau.com



TRAVAUX MARITIMES ET FONDATIONS SPECIALES



Fouage au cluster drill

Travaux en sites fluvial et maritime

Ouvrages « clé en mains »

Quais et appontements

Rempiètement

Ducs-d'Albe

Pieux battus et forés

Palplanches

Parois moulées

Améliorations de sols



Siège social :

3 avenue Paul Langevin
ENORA PARK – CS 30039
33615 PESSAC Cedex
tél. : +33 (0)5 57 89 16 78
balineau@balineau.fr

Agence Antilles - Guyane :

Rue Nobel
BP 2183
95195 JARRY Cedex (Guadeloupe)
tél. : +590 (0) 590 32 59 10
balineau_antilles@balineau.fr

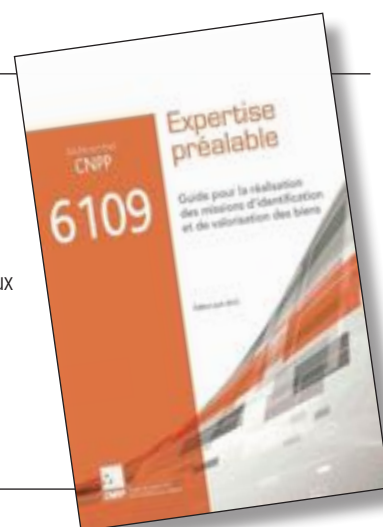
PRINCIPES DE L'EXPERTISE PRÉALABLE

Le référentiel sur l'expertise préalable est un guide pour la réalisation des missions d'identification et de valorisation des biens dans le contexte d'assurance de bâtiment et de matériels.

Numéroté 6109, ce document de 21 pages en grand format de CNPP Editions donne un fil conducteur pour établir un rapport d'expertise de qualité. Le guide est fondé sur les bonnes pra-

tiques et le savoir-faire des principaux organismes dont c'est la spécialité.

www.cnpp.com ■



BONNES PRATIQUES DE LA VILLE NUMÉRIQUE

Le Guide des bonnes pratiques de la ville numérique fournit une vision d'ensemble des projets numériques dans une agglomération avec une méthodologie d'approche. Il a été créé par le comité du même nom de Syntec Numérique, organisation professionnelle regroupant 1 200 sociétés,

entreprises de services du numérique, éditeurs de logiciels et sociétés de conseil en technologies. Le syndicat a estimé nécessaire de proposer de l'organisation, des formations et des informations dans ce domaine suite à son baromètre des villes numériques lancé en 2011 et réalisé par des étu-

dians en sciences politiques. Le baromètre recense les projets, leur avancement et les modes de gestion adoptés par les collectivités. Il constate que le développement des outils numériques se fait parfois de manière désordonnée, sous la pression d'évolutions techniques incessantes alors

que les villes sont de plus en plus autonomes. Le guide de 28 pages est conçu aussi pour les responsables locaux et pour l'État. Il liste les projets sans citer les villes concernées.

www.syntec-numerique.fr ■

CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS
 Au service de la Profession des Travaux Publics

Nos missions :

- assurer le service des congés payés auprès des salariés des Travaux Publics
- procéder au remboursement des indemnités de chômage-intempéries versées par les employeurs de la Profession.

La CNETP regroupe **7 200 entreprises** de Travaux Publics et assure le calcul et le versement de prestations dues à plus de **265 000 salariés**.

Nos coordonnées :

<ul style="list-style-type: none"> · Par courrier : 31 rue le Peletier - 75453 PARIS CEDEX 09 · Par Internet : www.cnetp.fr · Par fax : 01.70.38.08.00 	<ul style="list-style-type: none"> · Par téléphone : - pour les entreprises : 01.70.38.07.70 - pour les salariés : 01.70.38.07.77 · Serveur vocal (24h/24) : 01.70.38.09.00
--	---

AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 21 AU 23 MAI

Sommet du forum international des transports

Lieu : Leipzig (Allemagne)
http://2014.

internationaltransportforum.org

• 3 AU 5 JUIN

Expoblogaz (filiale méthanisation)

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

• 4 AU 6 JUIN

Carrefour international du bois

Lieu : Nantes
www.timbershow.com

• 11 AU 13 JUIN

Salon Smart Grids

Lieu : La Défense (Cnit)
www.sgparis.fr

• 12 AU 14 JUIN

Espace BTP, matériel de chantier

Lieu : Genas (Rhône)
www.espace-btp.fr

• 30 JUIN AU 2 JUILLET

Eurodyn, 9^e conférence internationale sur la dynamique de structures

Lieu : Porto (Portugal)
www.iabse.org

• 1^{er} ET 2 JUILLET**Colloque national biomasse**

Lieu : Paris
www.colloque-biomasse.fr
ou www.enr.fr

• 16 AU 18 JUILLET

Passerelles

Lieu : Londres (Angleterre)
www.iabse.org

• 31 AOÛT AU 5 SEPTEMBRE

68^e semaine du Rilem

Lieu : Sao Paulo (Brésil)
www.rilem.org

• 3 AU 5 SEPTEMBRE

Ingénierie pour le progrès, la nature et l'être humain

Lieu : Madrid (Espagne)
www.iabse.org

FORMATIONS

• 10 ET 11 JUIN

Contrats Fidic ou d'inspiration anglo-saxonne en France ou à l'international

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

• 23 ET 24 JUIN

Optimiser le montage opérationnel et financier d'un projet d'aménagement

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

• 1^{er} JUILLET**Pratiques de base en métrologie**

Lieu : Poitiers (Vienne)
www.lne.fr

NOMINATIONS

AUTOROUTES :

Christian Descheemaeker préside désormais la Commission nationale des marchés des sociétés concessionnaires d'autoroutes ou d'ouvrages d'art. Il est conseiller maître à la Cour des comptes.

BOUYGUES CONSTRUCTION :

Damien Rebourg est le directeur de la communication de la filiale du groupe Bouygues.

CROISSANCE RAIL :

Pierre Farin, qui a été responsable à la direction des acquisitions du groupe Egis, a été nommé directeur d'investissements du fonds Croissance Rail créé fin 2013 pour soutenir la filière ferroviaire française.

ERDF :

Le directoire d'Électricité réseau distribution France est désormais présidé par Philippe Monloubou qui remplace Michèle Bellon, retraitée.

ÉROSION LITTORALE :

Pascale Got, députée de Gironde, et Chantal Berthelot, députée de Guyane, ont été nommées co-présidentes du Comité national de suivi de la stratégie nationale relative à l'érosion littorale adoptée en 2012 pour une mise en œuvre en 2015.

EUROVIA :

Pierre Anjolras devient PDG d'Eurovia. Il succède à Jacques Tavernier. Cette nomination fait de M. Anjolras un membre du comité exécutif de Vinci.

FINANCEMENT DE LA PROTECTION SOCIALE :

Sur désignation du Mouvement des entreprises de France (Medef), Jean-François Pilliard a été nommé par le Premier ministre, membre du Haut conseil du financement de la protection sociale.

IDRRIM :

Bruno Lhuissier, directeur des politiques publiques, des programmes et de la production du Centre d'expertise pour les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cere-ma), a été nommé vice-président de l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité. Il succède à Éric Le Guern.

Jacques Tavernier préside désormais le comité scientifique et technique de l'institut.

JCB :

Suite au départ en retraite du PDG du groupe JCB, John Paterson, Arjun Mirdha est nommé PDG pour l'Amérique du Nord.

METSÄ WOOD :

Arnaud Le Gall devient directeur commercial et marketing du fabricant de produits de structure de bâtiment en bois.

OPPBTP :

Jean-Claude Guyard a été élu président de l'Organisme professionnel de prévention du

bâtiment et des travaux publics à la suite de Paul Duphil.

Il est aussi vice-président de la commission nationale sur les conditions de travail santé-sécurité de la FNTP.

PORT DU HAVRE :

Emmanuèle Perron a été élue présidente du conseil de surveillance du Grand port maritime du Havre (GPMH). La vice-présidente de NGE succède à Vianney de Chalus qui devient vice-président du conseil du GPMH.

PORT DE MARSEILLE-FOS :

Le conseil de surveillance du Grand port maritime de Marseille a élu Jean-Marc Forneri, président, et Delphine André, vice-présidente. Par ailleurs, il a donné un avis favorable à la proposition du ministère des Transports de désigner Christine Cabau-Woehrel, présidente du directoire.

RATP :

Franck Avice est membre du comité exécutif de la Régie autonome des transports parisiens. Il est chargé des services, de la relation client et des espaces.

SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS :

Étienne Guyot est remplacé à la présidence du directoire par Philippe Yvin.

SPIE :

Alfredo Zarowsky devient directeur général adjoint chargé de la stratégie et du développement du groupe spécialisé dans les services énergie et communications.

VILLE DURABLE :

Le Premier ministre a confié à Roland Peylet, conseiller d'État, la coordination des initiatives gouvernementales sur la ville durable dont celle d'un institut sur ce thème.

GRAND PORT MARITIME DE DUNKERQUE CROISSANCE INDUSTRIELLE CONTRÔLÉE DANS UNE OPTIQUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

ENTRETIEN AVEC YVES LALAUT, DIRECTEUR DE L'AMÉNAGEMENT ET DE L'ENVIRONNEMENT DU GRAND PORT MARITIME DE DUNKERQUE (GPMD), MEMBRE DU DIRECTOIRE. PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



© MARC MONTAGNON

Yves Lalaut, directeur de l'Aménagement et de l'Environnement du Grand Port Maritime de Dunkerque, fait le point sur les opérations les plus significatives réalisées en 2013 et présente les plans d'action et la stratégie de développement durable de l'établissement pour les années à venir en levant le voile sur les projets à plus long terme.

À quel stade d'avancement se situent les travaux du terminal méthanier qui a constitué l'un des investissements les plus lourds réalisés par le port de Dunkerque en 2012 ?

Les travaux du terminal méthanier de Dunkerque-Port ont été réalisés majoritairement en 2012. Toutes les parcelles ont été livrées en 2012/début 2013 à

Après une année 2012 exceptionnelle liée aux travaux du terminal méthanier, le programme d'investissements du Grand Port Maritime de Dunkerque s'est poursuivi en 2013 sur un rythme soutenu avec un montant total de 46,5 M€. Le programme d'investissements prévu pour 2014 s'établit à 53,4 M€, marquant la volonté du port de poursuivre une politique active de développement et d'adaptation de ses infrastructures. Les opérations prévues sous le vocable CAP Port Ouest entreront cette année dans une phase concrète, avec le lancement des appels d'offres de l'opération d'agrandissement du cercle d'évitage, la finalisation des études portant sur l'extension du terminal à conteneurs et l'étude de création d'un nouvel appontement au nord du quai à pondéreux ouest (QPO).

Dunkerque LNG, avec un à trois mois d'avance par rapport au planning initial. Au-delà des zones livrées à l'opérateur, restait en 2013 à terminer le dragage du bassin ainsi que les digues intérieures et extérieures. Ces prestations ont été réceptionnées au mois de mars. À la demande de l'opérateur, Dunkerque-Port a également réalisé des murs chasse-mer en périphérie

de la plate-forme afin de protéger les zones d'exploitation d'éventuels franchissements par la mer. Ces ouvrages de génie civil ont été achevés en juillet. Les derniers travaux de Dunkerque-Port pour cette opération consistent à réaliser 6,7 ha de bassins d'eau salée, de part et d'autre du canal des dunes, qui s'insèrent dans les 77 ha de mesures compensatoires globales du

© GPMD

1



projet. Ces bassins seront réalisés en 2014, en fonction de la fourniture des argiles issues du creusement du tunnel sous l'avant-port Ouest par Dunkerque LNG. Ils devraient permettre le stationnement des limicoles [petits échassiers - NDLR] dans des conditions favorables d'alimentation et de tranquillité, principalement en halte migratoire et en hivernage, ainsi que le développement d'une flore halophile, la salicornie d'Europe, notamment, et d'une faune benthique [habitant les fonds marins - NDLR] abondante. Au-delà des travaux du port, la construction des installations industrielles se poursuit avec une date prévisionnelle de mise en service fixée à fin 2015.

Quelles sont les grandes orientations stratégiques du GPMD pour les années à venir ?

L'ambition du GPMD est d'afficher Dunkerque-Port sur la scène internationale comme le port Nord de France, avec un objectif de développement de solutions logistiques et d'actions multimodales.

Le port de Dunkerque est déjà le premier port ferroviaire de France avec un report modal sur le fer très important. Il est également le premier port fluvial de la région puisqu'il est raccordé

- 1- Le terminal ArcelorMittal.
- 2- Le terminal Transmanche : 540 000 unités (camions et remorques) et 2,3 millions de voyageurs en 2013.
- 3- L'une des darses du port Est.



LE PORT DE DUNKERQUE EN BREF

Situé sur la Mer du Nord, à seulement 1h30 de navigation de la route maritime la plus fréquentée du monde (600 navires par jour), le Port de Dunkerque dispose d'une excellente accessibilité nautique et d'une réserve d'espace importante.

Ses installations lui permettent de recevoir tous les types de marchandises et les plus grands navires. Il s'étend sur une longueur de 17 km et comporte deux entrées maritimes : l'une à l'est, la plus ancienne, derrière les écluses, limitée aux navires de 14,2 mètres de tirant d'eau, avec une cargaison de 130 000 t (le Port Est), l'autre à l'ouest, plus récente, ouverte sans contrainte d'heure, d'écluse ou de marée, qui permet d'accueillir des navires minéraliers jusqu'à 22 mètres de tirant d'eau, de 300 000 t de port en lourd à pleine charge (le Port Ouest).

La circonscription du port s'étend sur 7 000 hectares, sur lesquels sont implantées dix communes (Dunkerque, Saint-Pol-sur-Mer, Fort-Mardyck, Grande-Synthe, Mardyck, Loon-Plage, Gravelines, Craywick, Saint-Georges-sur-l'Aa et Bourbourg).

Localisé à 40 kilomètres de Douvres en Angleterre, à 10 kilomètres de la frontière belge, à proximité de la métropole lilloise et au centre du triangle Bruxelles/Londres/Paris, Dunkerque est la plate-forme idéale pour la massification et l'éclatement des marchandises en Europe.

au canal à grand gabarit Dunkerque Escaut, prolongé vers la Belgique et le Rhin et donc l'Europe. Il a mis en place des partenariats avec les plateformes multimodales intérieures, de Lille, de Douvres et, tout récemment, de Valenciennes. Dunkerque est donc le port

d'entrée sur un système logistique de plateformes intégrées.

Dunkerque-Port a également un objectif de port fiable et moteur du territoire par les infrastructures dont il est doté et leur qualité, dans le cadre d'une gestion financière équilibrée et

en cohérence avec le territoire, qu'il soit de proximité avec la Communauté urbaine de Dunkerque ou, plus lointain, avec la région.

Quelles sont les grandes lignes du Plan d'Aménagement et de Développement Durable dans lequel s'est engagé le port ?

Dunkerque-Port s'est engagé dans l'élaboration d'un Plan d'Aménagement et de Développement Durable (PA2D) qui a fixé un certain nombre d'orientations stratégiques pour une économie portuaire « verte » et socialement responsable. Celle-ci prend en compte l'adaptation nécessaire aux changements climatiques, notamment vis-à-vis de la diminution des émissions industrielles et des gaz à effet de serre. Également, elle met en œuvre une stratégie d'élargissement de l'hinterland par la massification des flux, qu'il s'agisse d'un report modal vers le fer et la voie d'eau, ou vers le maritime - c'est-à-dire le Short Sea Shipping - qui permet d'éviter le transport par la route, d'un port à un autre, au niveau européen.

Un port est avant tout un outil industriel. Comment conciliez-vous son développement et votre souci de vous engager également dans une démarche environnementale ?

Quand on parle de développement durable, cela concerne l'environnement, en l'occurrence la préservation de la biodiversité dans toutes ses composantes mais aussi une plus grande ouverture sur la ville, sur l'agglomération et sur le territoire, au travers d'une gouvernance partagée.

Le port travaille déjà dans ce sens au travers de conventions avec les différents acteurs pour gérer les interfaces, travailler en commun sur le développement industriel. ▶

© GPMD

2



© GPMD

3



Il y a déjà eu, dans le passé, le transfert d'un certain nombre de zones du port à la ville : ce fut le cas des espaces sur lesquels s'est développé le projet Neptune.

Plus récemment, le môle 1 du port Est a été transféré à la CUD qui réhabilite les bâtiments existants - en particulier la Halle au Sucre - ou se réapproprie les espaces libérés. Nous préparons actuellement le transfert du môle 2, également dans le port Est.

Nous allons également développer une ouverture sur la population afin qu'elle soit associée à nos projets et s'approprie mieux le port et ses activités.

Dans la pratique, sur quelles actions concrètes le PA2D met-il l'accent ?

Le PA2D du port est basé sur 26 mesures opérationnelles qui comportent chacune des actions dans différents domaines : l'écologie industrielle, l'adaptation au changement climatique, la protection du patrimoine naturel, mais également en matière d'éco-responsabilité impliquant l'ensemble des agents du GPMD.

L'écologie industrielle comprend des actions visant, entre autres, la réduction des risques technologiques et la mise en place d'une « économie circulaire ».

L'adaptation au changement climatique revêt plusieurs aspects : réduction des émissions atmosphériques et, notamment, celles provenant des navires pour lesquels la réglementation s'est renforcée récemment avec la directive « soufre » qui impose en particulier, dans la zone relativement fermée que constituent la Manche et la Mer du Nord, une réduction à 0,1 g/ml de soufre des émissions de soufre, ce qui va conduire les armateurs à transformer leur modèle de fonctionnement énergétique.

LE GRAND PORT MARITIME DE DUNKERQUE EN CHIFFRES

- 3^e port de France par le trafic global
- 7^e port du Range Nord
- Trafic 2013 : 43,6 millions de tonnes
- 1^{er} port français d'importation de minerais et de charbon
- 1^{er} port français d'importation des fruits en conteneurs
- 1^{er} port français pour ses acheminements par voie ferrée
- 2^e port français pour les échanges avec la Grande-Bretagne

La norme est actuellement de 1 g/ml. L'une des solutions est de recourir à des moteurs fonctionnant au gaz naturel liquéfié (GNL). La construction sur le port du terminal méthanier est l'occasion d'aménager un poste d'avitaillement permettant d'alimenter les navires qui passeront au GNL en soutes.

L'adaptation au changement climatique, c'est également la prise en compte des risques d'inondation, que ce soit par les eaux continentales ou par les eaux maritimes.

Le port se situe à l'aboutissement d'une très importante zone poldérisée, se développant de Saint-Omer à la côte, entre Calais et Dunkerque, sur laquelle vivent environ 500 000 personnes avec un système dit de « waterings », c'est-à-dire de chenaux d'acheminement des eaux de l'intérieur vers des stations de pompage qui les rejettent en mer au niveau des ports.

En sens inverse, nous luttons également contre les submersions marines avec des ouvrages qui protègent aussi bien le port qu'une partie des zones urbanisées, notamment la digue des Alliés sur laquelle des travaux sont actuellement en cours.

Comment le port, très industrialisé par essence et en perpétuelle évolution au niveau des infrastructures, s'intéresse-t-il à la protection du patrimoine naturel ?

Dans les dernières années, le port a élaboré et mis en œuvre un schéma directeur du patrimoine naturel (SDPN) qui définit, au travers d'une « trame verte et bleue » cohérente sur le port, les zones à protéger et les espaces réservés à des développements futurs. Ce schéma existe et il faut le faire vivre en le mettant en œuvre progressivement.

Nous travaillons également, par des actions sur l'assainissement portuaire, à l'amélioration de la qualité de l'eau. De même, le schéma directeur des dragages définit les règles de gestion des sédiments de dragage. Le port participe aussi à la recherche de solutions de valorisation des sédiments qui ne sont pas immergeables en mer.

Dernier point : en tant que port, nous sommes opérateur principal pour l'élaboration du document d'objectif (DOCOB) de la zone « Natura 2000 en mer » des bancs de Flandre qui est une aire marine protégée (AAP) au large de Dunkerque.

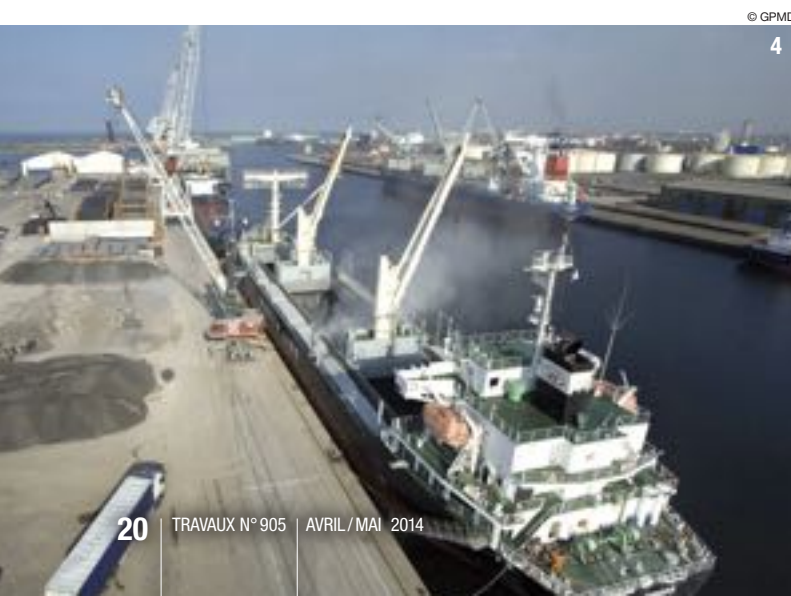
Dans le plan de développement durable s'inscrit la question de la massification des transports avec la volonté d'augmenter les parts modales du ferroviaire et du fluvial par rapport à la route. Des actions ont-elles pu déjà se concrétiser dans ce domaine ?

Je vais vous citer un exemple : depuis le 26 octobre 2013, la société Nord Ports Shuttle (NPS), dont le port est actionnaire, a mis en service une navette fluviale conteneurisée reliant deux fois par semaine le Terminal des Flandres (TdF) de Dunkerque-Port, Lille Conteneurs Terminal (LCT) et Lille Dourges Conteneurs Terminal (LDCT) par un service dédié aux chargeurs du Nord-Pas de Calais, jour A/jour B. L'objectif de ce service est d'offrir une prestation à la fois économique et écologique en continuité directe de l'offre de lignes maritimes conteneurisées faisant escale à Dunkerque, entre les terminaux du port et les deux principales plates-formes intérieures multimodales de la métropole lilloise.

Ce service est proposé sur la base d'une prestation quai/quai, sans transport routier. Les conditions d'exploitation de ce service de transport fluvial ont été étudiées afin de permettre l'émergence d'une offre de transport multimodal compétitive sans retour du conteneur vide au port d'origine, grâce à la création de dépôts de conteneurs vides par les compagnies maritimes dans les terminaux intérieurs de Lille et Dourges, ouverts à tous les opérateurs logistiques.

Quelles sont les actions du GPMD dans le domaine de la responsabilité sociale et environnementale des entreprises ?

Dunkerque-Port est déjà certifié ISO 9001 et nous avons engagé une démarche de certification environne-



© GPMD

4



© GPMD

5

mentale ISO 14001. Nous allons également lancer un plan d'action écoresponsable et nous développons des partenariats avec l'université et avec des laboratoires de recherche régionaux avec comme objectif de favoriser l'emploi dans les domaines de l'activité portuaire et maritime. Par ailleurs, en matière d'ouverture et de partenariat avec la ville, nous avons passé des conventions avec la Communauté Urbaine de Dunkerque afin de gérer et coordonner la politique portuaire et urbaine sur les espaces ville/port et, plus globalement, de valoriser le patrimoine maritime, la culture portuaire et l'ouverture sur la population. Ce plan de développement et d'aménagement durable sera présenté à la validation, en mars 2014, lors du prochain conseil de surveillance.

D'autres projets pourraient-ils entrer en phase, sinon de réalisation, au moins d'approbation par le conseil de surveillance dès 2014 ?

Un projet important concerne le réaménagement des espaces du terminal Transmanche visant à simplifier ses circuits d'accès et de sortie, à réorganiser toute la chaîne de contrôles à l'entrée du terminal et les lignes d'attente avant l'accès dans les navires au départ vers l'Angleterre.

La sortie des véhicules sera également fluidifiée en évitant les points de conflit avec la circulation portuaire locale.

En gagnant du temps dans les opérations de chargement/déchargement des navires, ceci devrait permettre d'augmenter légèrement le nombre des rotations offertes au départ de Dunkerque-Port.

Autre réalisation décidée pour 2014 : la construction d'un poste d'inspection frontalier, aux normes européennes, pour augmenter la capacité de traitement des contrôles vétérinaires.

Pour en terminer avec les investissements ou les études prévus en 2014, il convient aussi de citer l'entretien des infrastructures et du patrimoine portuaires avec, notamment, la rénovation de l'assainissement et des terre-pleins du terminal multivacs et du quai de Grande-Synthe, la valorisation des sédiments de dragage non immergeables, la mise en œuvre, pour le compte de l'État, de la deuxième phase du programme de confortement de la Digue des Alliés, la constitution du dossier de saisine de la Commission Nationale du Débat Public pour le projet de nouveaux bassins « Cap 2020 » et les études portant sur l'accueil d'activités portuaires et industrielles liées à l'éolien offshore.

Au-delà de 2014, quelles actions pourraient être engagées rapidement qui contribueraient au développement des activités du GPMD ?

Pour les années 2014-2018, nous avons regroupé un ensemble d'opérations sous le vocable « CAP Port Ouest ». Cette appellation recouvre trois projets structurants : l'agrandissement du cercle d'évitage, la création d'un appontement au quai à pon-

déreux Ouest et l'extension quai de Flandre au terminal conteneurs.

L'intérêt d'élargir le cercle d'évitage à l'entrée du bassin de l'Atlantique, en portant son diamètre de 495 à 650 mètres, est d'améliorer les conditions d'accès et la sécurité des manœuvres des navires les plus importants, de près de 400 mètres, qui peuvent y accoster à tout moment : en effet, le port Ouest de Dunkerque est un port à marée sans écluse et bénéficie de profondeurs qui permettent d'y accéder même à marée basse. Par ailleurs, sur la façade Mer du Nord, exception faite de Rotterdam, il est le plus rapidement accessible au niveau nautique parce qu'il est également le plus proche du rail principal de navigation : le temps de déviation par rapport à ce rail (entrée + sortie), n'est que de 3 heures, contre 7 heures pour Le Havre, 7h30 pour Zeebrugge et Felixstowe et 15 heures pour Anvers. La deuxième opération consiste à réaliser un appontement supplémentaire, dans la prolongation du quai à pondéreux Ouest, qui sera dédié à du rechargement de navires. Nous avons actuellement des quais qui permettent d'accueillir, en déchargement, les plus gros minéraliers existants. La tendance actuelle montre une augmentation des opérations de transbordement vers des navires plus petits qui vont desservir d'autres ports d'Europe de l'Ouest. Cet appontement permettrait de maximiser l'utilisation des quais actuels en eau profonde pour les gros bateaux en déchargement et d'avoir, en même temps, un quai supplémentaire pour les navires plus petits de type « Panamax » en rechargement.

La troisième opération concerne la création d'un poste à quai supplémentaire au terminal conteneurs pour des navires de 18 000 EVP. Elle permettra d'augmenter sa capacité

théorique actuelle de 600 000 EVP à 900 000 EVP afin de répondre au développement de cette activité qui a connu une croissance de + 12% en 2013.

À plus long terme, des aménagements supplémentaires pourraient-ils être réalisés ?

Nous menons actuellement les études pour préparer un débat public relatif à l'aménagement futur, dans le port Ouest, de nouveaux bassins principalement orientés vers le trafic conteneurs. Les différentes alternatives de creusement de ces nouveaux bassins seront présentées au printemps 2014 - avantages, inconvénients, opportunité - par rapport à l'évolution que nous prévoyons des trafics, en particulier des trafics conteneurs.

Deux options sont actuellement à l'étude : l'option « Atlantique » concerne la prolongation du bassin Atlantique déjà existant. Une autre solution serait de creuser de nouveaux bassins dans des espaces qui sont aujourd'hui réservés pour des extensions portuaires (option Baltique-Pacifique).

À quelle échéance les trois projets principaux de « CAP Port Ouest » pourraient-ils voir leur réalisation ?

Le projet d'élargissement du cercle d'évitage est engagé ; il est le plus avancé et devrait pouvoir être mis en service en 2016. Les deux autres nécessitent des discussions avec les opérateurs afin de vérifier leur dimensionnement au regard des prévisions de trafic sur le « range européen ». L'objectif de mise en service de ces deux opérations est de mi-2016 à début 2017. Nous avons besoin de ces aménagements pour attirer de nouveaux trafics. Ils sont au cœur de notre projet stratégique. □

© GPMD



© GPMD





CESIM

L'EXPERTISE SUBAQUATIQUE ET L'INGÉNIERIE MARITIME

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

CESIM EST UN CABINET D'EXPERTISE SUBAQUATIQUE ET D'INGÉNIERIE MARITIME. SON DOMAINE D'ACTIVITÉ COUVRE L'ENSEMBLE DES OPÉRATIONS NÉCESSITANT UNE INTERVENTION DANS L'EAU, EN MER OU À TERRE, PAR DES SCAPHANDRIERS, DES ROBOTS IMMERGÉS FILOGUIDÉS, DES CAMÉRAS ACOUSTIQUES SOUS-MARINES. DU PLUS SIMPLE AU PLUS COMPLIQUÉ : DE L'INSPECTION DE LA COQUE DU BATEAU DE FRANCE 3 (THALASSA) ANCRÉ SUR LA SEINE À PARIS AU PIED DE LA MAISON DE LA RADIO, À CELLE, DANS DES CONDITIONS DIFFICILES, DE LA DIGUE DU PORT DE SÈTE, À L'AIDE DU SYSTÈME ECHOSCOPE® ET DU PROCÉDÉ DE SISMIQUE RÉFLEXION. SON CRÉATEUR, PATRICK VURPILOT, INGÉNIEUR ESTP/FEANI EST ÉGALEMENT SCAPHANDRIER ET EXPERT PRÈS LE MINISTÈRE DES TRANSPORTS ET DE L'ÉQUIPEMENT ET EXPERT PRÈS LA COUR D'APPEL DE BORDEAUX. IL NOUS PRÉSENTE LES SPÉCIFICITÉS DE CETTE ENTREPRISE FAMILIALE QU'IL DIRIGE AVEC SON FILS ROMUALD.

C'est après 17 ans passés dans l'entreprise Balineau, spécialisée de longue date dans les travaux fluviaux et maritimes, qu'il a repris son indépendance en créant Cesim, Cabinet d'Expertise Subaquatique et d'Ingénierie Maritime en 2007 avec, pour point de départ, un petit cabinet

d'expertise basé à Paris - 2A2G - qu'il rachète en 2003. Il s'agissait d'une entreprise en nom personnel qui, pour des raisons fiscales est transformée en SARL en 2007 avec le choix d'une raison sociale plus « parlante », en rapport avec son activité principale : les travaux d'expertise subaquatique.

1- Un ROV (Remote Operated Vehicle), mini sous marin filoguidé avec moteur de propulsion et moteur vertical.

DE L'EXPERTISE À LA CONCEPTION

Cesim connaît un développement rapide puisque son chiffre d'affaires qui était, à l'époque de la reprise de 2A2G, proche de 100 000 euros est passé en 2013, sous la nouvelle raison sociale, à plus de 300 000 euros avec des pointes, les années fastes,

à plus de 500 000 euros. Dans l'histoire de la société, un autre événement est intervenu en 2008 avec la reprise du bureau d'études Seamar Engineering, spécialisé dans la conception d'ouvrages portuaires et de protection côtière.

Les deux entreprises sont co-gérées par Patrick Vurpillot et son fils Romuald. Elles emploient une petite vingtaine de personnes dont une dizaine est basée à Izon, près de Bordeaux, au siège de l'entreprise qui abrite également, outre les bureaux et les installations informatiques, un atelier de transformation, adaptation, préparation et réparation des différents matériels. Qu'il s'agisse des caméras acoustiques, des sonars et des équipements de plongée, tous les matériels sont contrôlés systématiquement dans les installations d'Izon avant chaque nouvelle opération.

L'entreprise dispose de plusieurs bateaux en aluminium, suffisamment légers pour être tractés par un fourgon et malgré tout suffisamment vastes pour abriter en toute sécurité les équipes de plongées et leurs équipements.

« Il n'est pas inutile de rappeler qu'un plongeur professionnel - un scaphandrier - est un spécialiste dans le milieu sous-marin, précise à ce sujet Patrick Vurpillot. Il effectue des explorations, des interventions en eaux profondes, ou des inspections de conformité. Sa vie ne tient qu'à un fil. Il travaille au fond de l'eau, dirigé et surveillé depuis la surface. C'est un métier géré par des règles très strictes qui demande une excellente condition physique et une habilitation à la plongée sous-marine professionnelle délivrée par l'INPP de Marseille⁽¹⁾ ».

Les autres personnels sont expatriés dans plusieurs pays, avec des contrats dont la durée est adaptée à l'importance des travaux : 4 ans au Bénin,



CESIM EN BREF

Cabinet d'Expertise Subaquatique et d'Ingénierie Maritime, Cesim réalise :

- Expertises subaquatiques,
- Expertises de coques,
- Inspections d'ouvrages dans l'eau,
- Interventions en milieu confiné,
- Bilan d'état des ouvrages immergés,
- Assistance à maîtrise d'œuvre,
- Reconstruction de quais.

Il met en œuvre à cet effet des équipements de pointe tels que les logiciels Autocad®, Plaxis®, Rido® et Talren®, Sonarwize®.

Dans le domaine de l'expertise proprement dite, Cesim effectue des prestations en matière d'analyse de pathologie et d'auscultation d'ouvrages par procédés non destructifs.

La société est membre de l'Association des Experts Européens Agréé AEXEA, certifiée ISO 9001 et dispose de l'agrément du bureau Veritas pour la plongée professionnelle, les inspections de coques et les mesures d'épaisseurs.

2- De gauche à droite : Romuald Vurpillot et Patrick Vurpillot.
3- Très légers, les bateaux de Cesim peuvent être tractés sur route par un simple fourgon.

3 ans au Congo, 18 mois en Sierra Leone, 12 mois au Liberia. Seamar réalise 95% de son chiffre d'affaires à l'étranger. Pour Cesim, cela se répartit en 70% en France et 30% à l'étranger. Les activités de Seamar Engineering et de Cesim sont parfaitement complémentaires : d'un côté, conception de structures portuaires et maritimes, de

l'autre diagnostic, expertise et inspection d'ouvrages dans l'eau.

« Elles vont d'ailleurs connaître prochainement, l'une et l'autre, indique Patrick Vurpillot, une extension de leurs domaines d'intervention avec la mise au point en commun d'un département dédié à la déconstruction d'anciennes installations pétrolières offshore, essentiellement au large de l'Afrique dans un premier temps ».

Cesim apporte son expertise du milieu sous-marin et Seamar celle de bureau d'études de structures pour proposer des méthodes de démantèlements compatibles avec les exigences environnementales en vigueur.

DEUX AXES D'EXPERTISES

L'activité propre de Cesim s'articule autour de deux axes : les expertises de conformité et les expertises judiciaires. Dans le premier cas, cela s'applique aux demandes de l'administration ou des institutions de dresser un bilan des ouvrages dont elles assurent la gestion, ainsi qu'aux demandes des entreprises, des assureurs, voire de celles de particuliers. L'expertise de Cesim est alors complétée par des propositions de Seamar au niveau des éventuelles réhabilitations ou renforcements.

Dans le second cas, il s'agit d'expertises auprès des tribunaux civils - grande instance, commerce et administratif - plus rarement de la Cour Pénale, en cas d'accident, partout en France. C'est dans ce cadre que Patrick Vurpillot est expert près la Cour d'Appel de Bordeaux ainsi d'ailleurs que près le Ministère des Transports et de l'Équipement. Mais il précise à ce sujet : « *Quel que soit le demandeur et le problème à examiner, nous nous efforçons d'intervenir prioritairement en médiateur, pour rechercher de préférence une solution amiable afin d'éviter un recours devant la justice* ».





4



5



6

© CESIM

Tenant compte des nouvelles techniques d'imagerie sous-marine qui constitue l'un de ses axes de développement, Cesim est de plain-pied dans le domaine des technologies de nouvelle génération : géophysique par sismique réflexion, caméra acoustique 3D, sonar à haute résolution avec visualisation 3D, sous-marins filoguidés ROV (Remote Operated

Vehicle), contrôles dans l'eau par magnétoscopie.

PRÉSENCE SIGNIFICATIVE EN AFRIQUE

À l'étranger, Cesim travaille dans plusieurs états africains : le Bénin, le Congo, le Liberia, le Maroc, la Mauritanie, la Sierra Leone, pour des diagnostics maritimes et inspections sous-marines.

4- La flotte de bateaux en aluminium de Cesim à l'ancrage dans le port de Sète.

5- Cesim dispose également d'un pont flottant léger et de canots rapides gonflables.

6- Un scaphandrier en cours d'inspection avec équipement téléphonique (micro et écouteurs) dans le casque.

7- La digue en accropodes ayant fait l'objet d'une inspection dans le port de Sète.

Au Liberia et en Sierra Leone, il s'agit d'expertises sur des appontements pétroliers vieillissants ; au Congo, cela concerne un sinistre sur un nouveau quai en construction présentant des désordres importants. Au Maroc, l'expertise concernait un quai endommagé suite à la collision par un navire de commerce.

En Mauritanie, l'intervention de Cesim est relative à l'état d'un appontement pétrolier indispensable à l'alimentation en hydrocarbures du pays.

Au Bénin, dans le port de Cotonou, les travaux étaient préalables à l'installation d'une unité flottante de stockage de gaz.

INTERVENTIONS SPÉCIFIQUES EN FRANCE

En France, et toujours dans le domaine de l'expertise, Cesim est intervenu récemment sur divers ouvrages de la Marine Nationale.

Le domaine nucléaire n'est pas exclu : par exemple, l'entreprise a été rete-



7

© CESIM

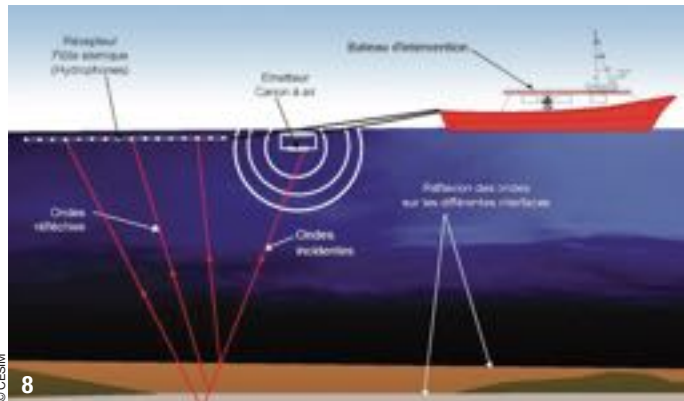
8- Principe de fonctionnement d'un équipement de sismique réflexion avec ses trois composants principaux.

9- Sur le chantier du prolongement de la ligne 12 du métro à Aubervilliers, le ROV est prêt à être descendu dans la galerie immergée.

10- Le bilan d'état des ouvrages représente une activité importante pour l'entreprise : ici, un quai de la Marine Nationale à Fort de France.

11- Inspection de la coque du bateau de France 3 (Thalassa) au pied de la Maison de la Radio, à Paris.

12- Inspection d'un terminal pétrolier à Nouadhibou.



© CESIM 8

LA SISMIQUE « RÉFLEXION »

La sismique « réflexion » consiste en une reconnaissance des sous-sols marins en profondeur par émission/réception d'ondes sismiques générées par un canon à air et qui, après avoir été réfléchies sur les différentes interfaces du fond, sont enregistrées par des capteurs spéciaux - hydrophones - contenus dans une flûte tractée à l'arrière d'un navire.

La profondeur des interfaces rencontrées est définie en fonction des vitesses de propagation calculées pour les milieux traversés.

Ce système portatif est constitué de trois composants principaux dont un catamaran qui supporte le canon et d'un émetteur/récepteur contrôlant l'énergie de la source sismique et d'une flûte modulable en longueur comprenant 24 hydrophones.

La gestion des mesures, l'enregistrement et le post-traitement sont réalisés grâce au logiciel d'acquisition et traitement des datas SonarWize®.

Les applications de la sismique réflexion sont multiples : profils sismiques marins, lacustres et fluviaux ; reconnaissance des fonds avant dragage, étude géotechnique de site, identification des lits sédimentaires et du bedrock, reconnaissance pour l'implantation des pipelines.

nue pour constater des dégâts sur les canaux d'amenée et de rejets dans le nord de la France.

Certains contrats se limitent à des missions de courte durée mais qui peuvent déboucher sur des réalisations importantes : à Fort-de-France, à la suite d'une inspection sur un quai militaire, Seamar a proposé un projet de réparation en collaboration avec Ginger, dont les travaux viennent d'être réalisés par l'entreprise Balineau.

Au Liban, à quelques kilomètres au sud de Beyrouth, Cesim et Seamar ont été consultés pour la surveillance de travaux dans le cadre de la pose d'un émissaire en mer de rejet des eaux d'une station d'épuration : le chantier concernait un ouvrage de plus de 1 000 m de longueur descendant jusqu'à une profondeur de 30 m sous l'eau.

EXPERTISES TERRESTRES SUR OUVRAGES IMMERGÉS

Les expertises peuvent également s'appliquer à des ouvrages terrestres soumis à ces accidents géologiques : il s'agit, par exemple, d'anciennes carrières de la région bordelaise, laissées à l'abandon et dans lesquelles des éboulements ont pu être constatés grâce à la mise en place d'une expédition spéléologique et l'utilisation de sous-marins filoguidés, de pompes, ▷



© CESIM 9



10



© CESIM 11



12

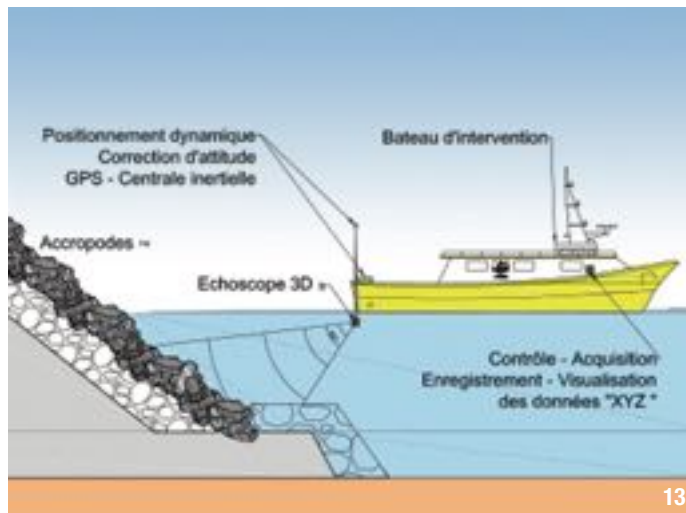
de traceurs dans des galeries inondées où il aurait été risqué d'intervenir avec des moyens humains.

Il s'est agi là d'une véritable expédition spéléologique sous marine.

Dans la région parisienne, dans le cadre du prolongement de la ligne 12 du métro, les travaux impliquaient la mise en œuvre d'un tunnelier qui devait passer entre le canal Saint-Denis et un filler d'alimentation en eau du nord et de l'est de la ville de Paris, en diamètre 1200 mm. Le maître d'ouvrage a confié à Cesim l'inspection de la galerie en béton qui abritait le filler à une quarantaine de mètres de profondeur et du filler lui-même. L'opération a été effectuée à l'aide de plongeurs alimentés en air depuis la surface et d'un mini sous-marin filoguidé pour les zones où l'accès était trop exigü.

Dans la Région Languedoc-Roussillon, Cesim a réalisé l'expertise sous-marine d'une grande digue en accropodes avec l'aide d'une caméra acoustique et d'un sous-marin filoguidé. Ce système permet d'obtenir des images 3D même dans le cas de conditions difficiles comme c'était le cas à Sète.

Il s'agissait, en l'occurrence, d'une expertise judiciaire et les avocats tenaient absolument à assister en direct à l'opération. À cet effet, Cesim a mis en place sur le site une liaison image



13

© CESIM

LE SYSTÈME ECHOSCOPE®

Sonar à haute résolution permettant une visualisation 3D en temps réel, le système Echoscope® peut être mis en œuvre sur un navire, sur un « ROV »*, sur le bras d'un engin ou encore directement par un plongeur.

Grâce à une caméra acoustique 3D, il donne une visualisation précise géoréférencée et autorise des prises de mesure grâce à des données référencées, même dans des conditions de turbidité ou de courantologie importantes.

Parmi ses applications : inspection d'ouvrages maritimes et fluviaux (quais, digues, ducs d'Albe, plateformes, piles de ponts...), contrôle de travaux (pose de blocs, implantation de pipelines, exploration et recherche, notamment, d'épaves).

* ROV : Remote Operated Vehicle.

et son avec grand écran de retransmission, entre la surface, le bateau, les plongeurs et le matériel d'inspection. Une opération montée avec des professionnels de l'événementiel, avec les mêmes moyens techniques, toutes proportions gardées, que ceux d'une arrivée d'étape du Tour de France ou d'un spectacle de variété. □

1 - INPP : Institut National de la Plongée professionnelle.

13- Schéma d'installation et de fonctionnement de la caméra acoustique 3D.

14- Tableau d'alimentation en air des plongeurs avec indicateur de profondeur.

15- Équipement de téléphonie avec un plongeur.

16- Une régie « classique » d'opération pour les équipes de Cesim : écran vidéo, poste de pilotage d'un ROV, téléphone avec le plongeur.



14



15

© CESIM



16

© CESIM

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DE TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS



890 - TRANSPORTS, ROUTES ET TERRASSEMENTS



891 - PATRIMOINE & RÉHABILITATION



892 - SPÉCIAL LGV RHIN-RHÔNE



893 - INTERNATIONAL



894 - TRAVAUX SOUTERRAINS



895 - TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX



896 - OUVRAGES D'ART



897 - SOLS & FONDATIONS



898 - SPÉCIAL BÉTONS



899 - VILLE DURABLE - ÉNERGIES NON POLLUANTES



900 - INTERNATIONAL



901 - TRANSPORTS, ROUTES ET TERRASSEMENTS



902 - SPÉCIAL STADES



903 - PATRIMOINE & RÉHABILITATION



904 - TRAVAUX SOUTERRAINS

BON DE COMMANDE

À renvoyer à : Com et Com - Service Abonnements TRAVAUX - Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot - 92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22 - Fax : +33 (0)1 40 94 22 32 - Email : revue-travaux@cometcom.fr

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

- 890 x 891 x 892 x
 893 x 894 x 895 x
 896 x 897 x 898 x
 899 x 900 x 901 x
 902 x 903 x 904 x

Soit un montant total de :

_____ numéros x 25 € = _____ €

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

JE VOUS INDIQUE MES COORDONNÉES :

Nom _____ Prénom _____

Entreprise _____ Fonction _____

Adresse _____

Code postal [] [] [] [] [] [] Ville _____

Tél. : _____ Fax : _____

Email : _____ Merci de ne pas communiquer mon adresse mail.

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

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

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

Date, signature et cachet de l'entreprise obligatoire



1

© DK LNG - HOPI PRODUCTION

ENROCHEMENTS ET GRAVE BITUME DANS LES OUVRAGES MARITIMES DU TERMINAL MÉTHANIER DE DUNKERQUE

AUTEURS : FRÉDÉRIC CARON, GPMD - VALÉRIE LEFEBVRE-MIGNON, MAÎTRISE D'ŒUVRE, ARCADIS - KOBBE PEIRS, SODRACO - FRANÇOIS QUANDALLE, BOUYGUES - ALAN CORLAY, COLAS

DANS LE CADRE DE L'AMÉNAGEMENT DES INFRASTRUCTURES MARITIMES DU TERMINAL MÉTHANIER DE DUNKERQUE SOUS MAÎTRISE D'OUVRAGE DU GRAND PORT MARITIME DE DUNKERQUE, IL A ÉTÉ CONSTRUIT 4 740 M DE DIGUES DE PROTECTION. CES DIGUES SONT DESTINÉES À PROTÉGER CONTRE LA HOULE LA PLATEFORME RECEVANT LES RÉSERVOIRS DE GAZ ET LE POSTE D'AMARRAGE AFIN DE LUI GARANTIR UN TAUX DE DISPONIBILITÉ SUPÉRIEUR À 99 %.

UN TERMINAL MÉTHANIER À DUNKERQUE

Comme déjà indiqué dans la revue *Travaux* numéro 897 « Sols & Fondations » de juin 2013, le nouveau terminal méthanier est en construction depuis 2011 dans l'avant-port Ouest de Dunkerque, les travaux des infras-

tructures portuaires ayant été achevés en août 2013.

Porté par trois maîtres d'ouvrage, Dunkerque LNG pour le Terminal en lui-même, le GPMD pour les infrastructures portuaires et GRT gaz pour le raccordement, il offrira fin 2015, lors de sa mise en service, une capacité

1- Vue générale de synthèse du terminal fini.

1- General overview of the finished terminal.

de stockage de 13 Gm³/an (20% de la consommation française et belge) et accueillera les plus gros méthaniers de 270 000 m³ de capacité. Les installations s'étendent sur une plateforme de 56 ha dont un tiers est gagné sur la mer par remblais hydrauliques. Elles comprennent trois réservoirs de 90 m

2- Vue générale du terminal au 01/07/2013.

3- Coupe en travers de la digue en enrochements DPP.

4- Coupe en travers de la digue en sable DEX-ER.

2- General view of the terminal on 01/07/2013.

3- Cross section of the DPP riprap breakwater.

4- Cross section of the DEX-ER sand breakwater.



© GRMD - HAPPY DAYS

de diamètre, les unités de regazéification, les conduites cryogéniques, les installations de sécurité (pomperies, torchères, etc.), le tunnel et le puits de pompage pour l'amenée d'eau chaude en provenance de la centrale nucléaire de Gravelines, eau chaude permettant le processus de regazéification du GNL. Une darse protégée, draguée à la cote -15 CMG, accueille l'apportement des méthaniers (figures 1 & 2).

LES PROTECTIONS CÔTIÈRES

Trois digues de protection côtière ont été construites :

- 2 260 m de protections côtières extérieures (DEX) en enrochements ou sous la forme de digues en sable revêtues de béton bitumineux ;
- 2 230 m de protections côtières intérieures (DIN) à la darse de

l'avant-port ouest, ouvrages en enrochements (dont 440 m en Xblocs) entre la cote du plafond de dragage à -15 CM jusqu'à la cote d'arase du terminal à +10 CM ;

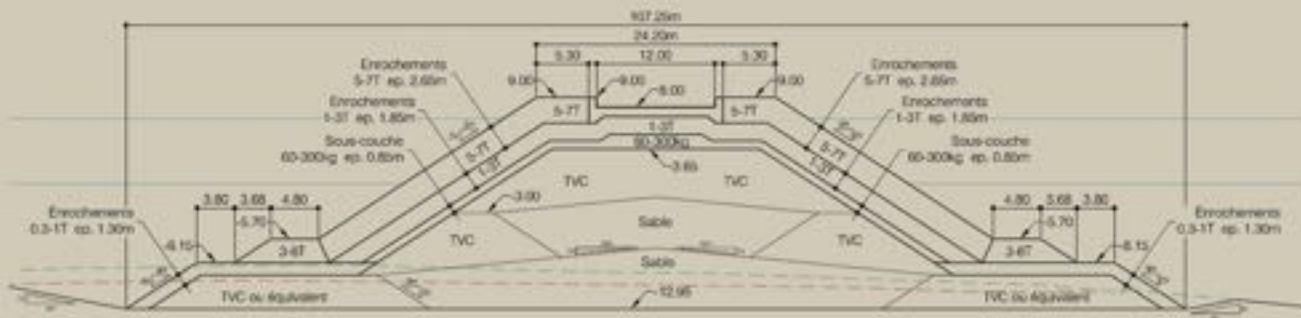
- 250 m de digue de protection du poste méthanier (DPP), tenon perpendiculaire à la jetée du Clipon dont le musoir est fondé à la cote -15 CM.

LES BESOINS ET OBJECTIFS DES PROTECTIONS CÔTIÈRES

Les fonctions principales des protections côtières sont de :

- Assurer la stabilité des talus de la plateforme en sable soumis à la houle et limiter les risques d'érosion ;
- Protéger la plateforme vis-à-vis des franchissements ;

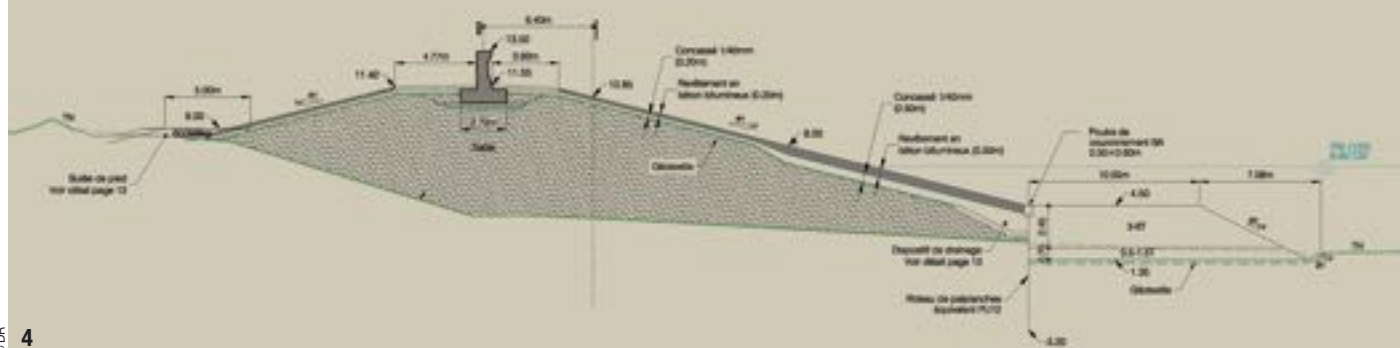
COUPE EN TRAVERS DE LA DIGUE EN ENROCHEMENTS DPP



© DR

3

COUPE EN TRAVERS DE LA DIGUE EN SABLE DEX-ER



© DR

4



- Garantir la pérennité des limites de cette plateforme ;
- Protéger le poste d'amarrage vis-à-vis de la houle pour garantir un taux de disponibilité supérieur à 99% (downtime < 1%).

PRÉDIMENSIONNER ET OPTIMISER

En plus d'un dimensionnement classique vis-à-vis des conditions mécaniques et sismiques, les protections côtières ont d'abord été dimensionnées vis-à-vis des conditions hydrauliques tout en respectant les critères

de franchissement imposés par la Maîtrise d'Ouvrage (débits nuls à très faibles sous conditions centennales avec surcotes millénales) et en prenant en compte la surélévation du niveau de la mer à hauteur de 0,40 m dûe au changement climatique.

Deux types de digue ont été retenus :

→ Des digues à talus conventionnels avec un noyau en sable ou tout-venant de carrière, protégé par une carapace en enrochements naturels ou artificiels de type Xblocs (figure 3) ;

→ Des digues en sable revêtu de grave bitume (figure 4).

5- Implantation des modèles physiques réalisés par Oceanide.

6- Quai temporaire pour (dé)chargement d'enrochements sur stocks.

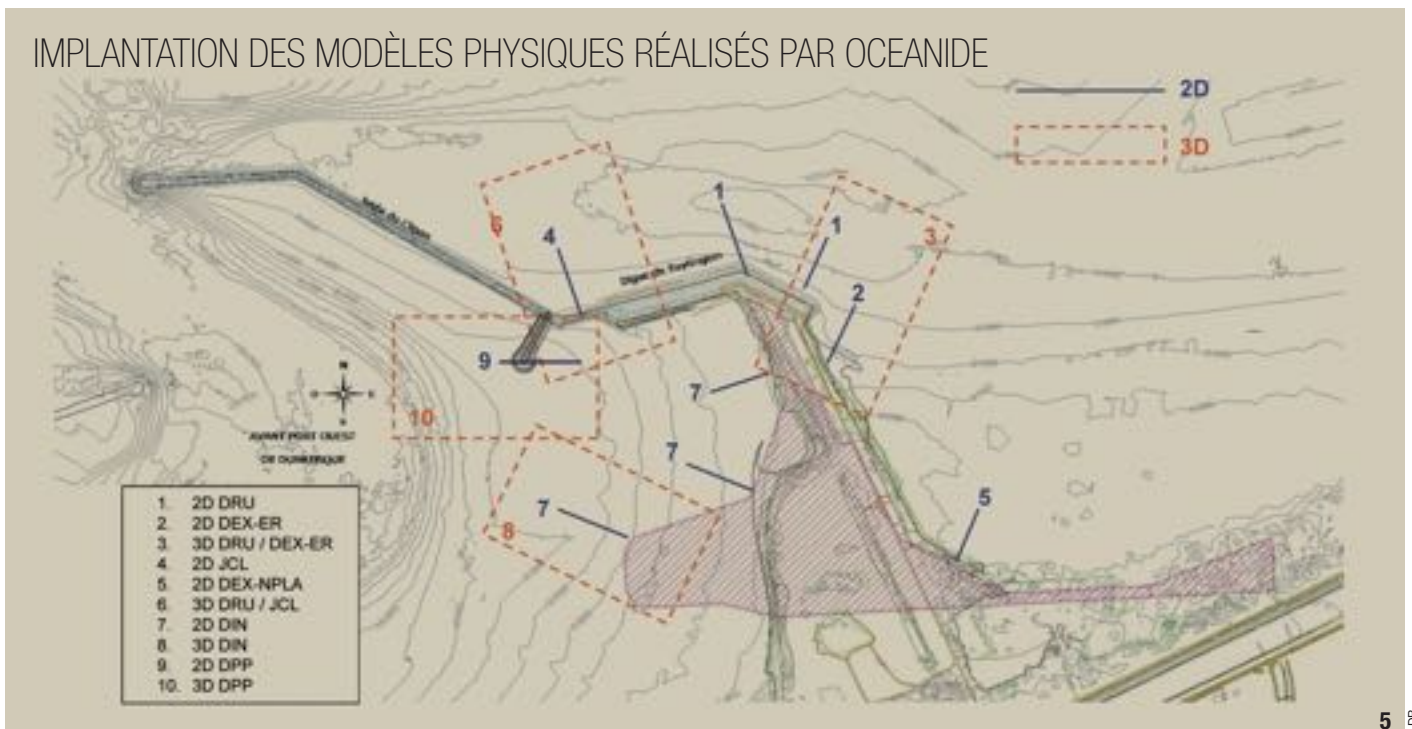
5- Location of the physical model produced by Oceanide.

6- Temporary quay for loading and unloading riprap to and from stock.

Étant donné les conditions de houle et de séisme, le choix a été préférentiellement porté sur les digues en enrochements qui représentent 90% du linéaire total de digues construites, le choix de la nature des matériaux de noyau et de la nature des enrochements ayant été fait en fonction de l'exposition à la houle.

Le choix vers une digue en sable revêtu de grave bitume a été guidé par la nécessaire optimisation des matériaux disponibles sur site (le sable de plage) et l'homogénéité du raccordement avec la digue du Ruytingen existante.

IMPLANTATION DES MODÈLES PHYSIQUES RÉALISÉS PAR OCEANIDE





En phase Avant-Projet, après prédimensionnements analytiques, 9 modèles physiques en canal à houle 2D ont permis d'optimiser les profils de digue. En phase Projet, 4 modèles physiques en cuve à houle 3D ont permis l'étude des singularités (musoirs, raccordement, ...) et de valider globalement les ouvrages et leurs murs chasse-mer (figure 5).

TRADUIRE LES ENJEUX POUR LE CONTRAT DE TRAVAUX

Concernant la réalisation de la digue extérieure en sable revêtu en grave bitume (DEX-ER), le Maître d'œuvre s'est attaché à rappeler la nécessité d'une protection provisoire pour protéger d'une part les travaux de réglage/compactage du sable/pose du revête-

ment bitumineux, mais aussi faciliter la mise en œuvre du rideau de pied et de sa butée en enrochements à l'abri de la houle, le type de protection étant laissé au libre choix de l'Entrepreneur en fonction de ses moyens et de son retour d'expérience. Concernant la mise en place et le compactage du revêtement bitumineux proprement dit, il était demandé à l'En-

trepreneur de proposer une méthode mécanique permettant :

- D'éviter un refroidissement trop rapide des enrobés pendant la mise en œuvre ;
- D'éviter la ségrégation ;
- De réduire au strict minimum le nombre des joints de reprise ;
- D'aboutir à un nivellement satisfaisant et un surfacage parfait de la couche apparente.

De façon plus générale et en raison du caractère en grande partie maritime des travaux d'enrochements, le Maître d'œuvre s'est attaché, pour la rédaction du contrat de travaux :

- À bien cadrer le phasage général en ayant au préalable bien posé l'enchaînement des diverses tâches de traitement/dragage/travaux d'enrochements, ceci pour permettre de communiquer aux autres intervenants les différentes dates de libération d'emprise ou de mises à disposition ;
- À laisser cependant une certaine latitude dans le choix des procédés de mise en œuvre afin de permettre aux entreprises spécialisées d'exprimer leur savoir-faire avec le matériel qu'elles maîtrisent ;
- À inciter à une optimisation des délais.



7a & 7b- Plateforme de fabrication et de stockage des Xbloccs.

8- Localisations possibles des dommages.

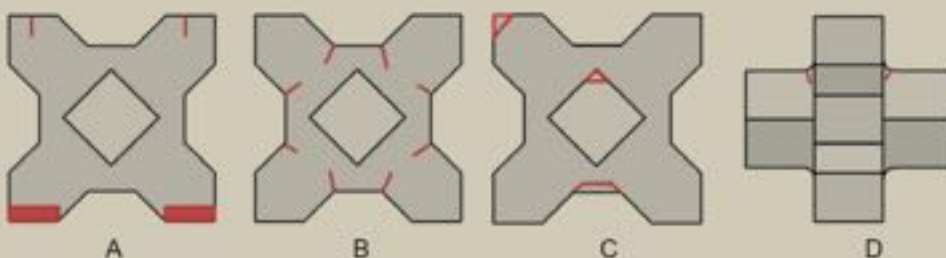
9- Planche d'essai de pose des Xbloccs.

7a & 7b- Xbloc production and storage platform.

8- Possible damage locations.

9- Xbloc laying test section.

LOCALISATIONS POSSIBLES DES DOMMAGES



LA RÉPONSE EN GROUPEMENT

Les sociétés Sodrac (membre du groupe Jan De Nul), Bouygues TP, Colas et Ménard se sont unis en groupement pour répondre aux différents enjeux du projet.

Dans ce groupement :

- Sodrac avait la responsabilité des travaux de dragage et de construction des digues en enrochements ;
- Bouygues TP, des ouvrages en béton et des Xbloccs ;

- Colas, de la digue en sable revêtue en grave bitume ;
- Menard, des traitements de sols.

LES PROTECTIONS CÔTIÈRES EN ENROCHEMENTS

FOURNITURE D'ENROCHEMENTS

Au total, 9 catégories d'enrochements naturels ont été utilisées pour le projet : du 60-300 kg au 6-10 t pour un total de 1 000 000 t d'enrochements (en plus des 540 000 t de tout-venant calibré du noyau des digues).

Ces enrochements provenaient en majorité des carrières françaises, sauf pour une partie (environ 35 %) d'origine norvégienne, de manière à pouvoir réaliser le programme strict des travaux. Ainsi, la cadence de fourniture moyenne a pu être de 5 à 6 mille tonnes d'enrochements par jour, avec quelques périodes à presque 10 000 t/j. Les enrochements étaient tous stockés sur site à proximité de deux quais temporaires (figure 6).

DÉROULEMENT DU CHANTIER

La construction des différentes protections côtières a demandé beaucoup d'ingéniosité de la part de l'entreprise et une forte exigence en matériel, ceci pour répondre aux différentes exigences suivantes :

- Une grande diversité de coupes types au sein même des différentes sections des 2,6 km de digues intérieures ;
- Des raccordements souvent compliqués entre deux sections ;
- Une amplitude des marées très importante (souvent plus de 6 m).

Pour chaque section, Sodrac a dû développer différentes procédures et phasages de construction.

Une supervision intense de ces travaux a été nécessaire pour garantir la qualité requise.

LES XBLOCS

La fabrication des Xblocs

Le chantier du Terminal Méthanier a nécessité la fabrication et mise en œuvre d'environ 3000 Xblocs.

Le Xbloc est un produit breveté par DMC (Delta Marine Consultant), déjà utilisé sur plusieurs ouvrages dans le monde. Il s'agit d'un bloc de béton non armé ayant une géométrie à 6 branches et qui existe en plusieurs tailles. Le projet a été réalisé avec des blocs de 6 m³.

Une plate-forme de fabrication constituée de deux lignes de production a été créée sur le site par Bouygues TP Régions France (figures 7a & 7b).



10

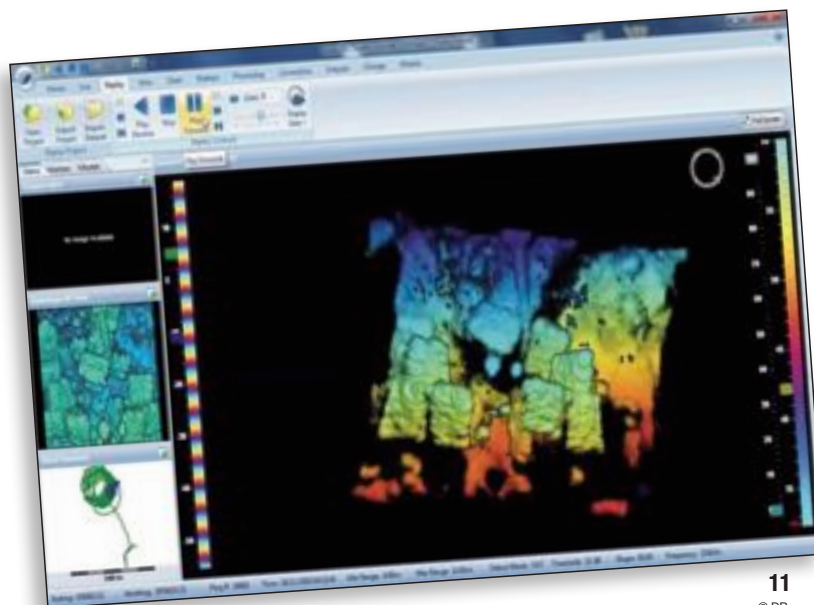
© GPM - HAPPY DAYS

10 - Camera ultrason 3D « Échoscope » monté sur un bras au-dessus du Xbloc à installer.

11 - Vue des Xblocs sous-marins avec « l'échoscope ».

10 - "Echoscope" 3D ultrasonic camera mounted on an arm above the Xbloc to be installed.

11 - View of undersea Xblocs with the "Echoscope".



11
© DR

Celle-ci a permis la fabrication de 30 blocs par jour, au moyen de 30 coffrages de fabrication spécifiques. Les travaux ont été réalisés sur 2 postes :

- Le poste du matin destiné au décoffrage des blocs coulés la veille sur la ligne 1, nettoyage des moules et mise en place des coffrages sur la ligne 2. En parallèle, les blocs coulés l'avant-veille sur la ligne 2 sont mis en stock afin de pouvoir utiliser cette ligne de production (délai de séchage de 28 h minimum avant déplacement) ;

- Le poste de l'après-midi destiné à la fin des opérations de coffrage et le bétonnage des 30 blocs sur la ligne 2. Le béton a fait l'objet d'une formulation spéciale par la direction technique de Bouygues TP, lui permettant de répondre aux critères :
- De montée en résistance très rapide (6 MPa à 18h pour ouverture des coffrages et 12,5 MPa à 28h pour le transport) ;
- De maîtrise de la montée en température selon les critères du CCTP

(T° max < 70°C, T° cœur - T° peau < 20°C).

Les contrôles

Le cahier des charges des contrôles imposé par le détenteur du brevet (DMC) a requis une organisation conséquente pour en assurer le suivi et la traçabilité :

- Marquage de chaque bloc ;
- 1 fiche de contrôle par bloc (suivi bétonnage, état des lieux au décoffrage (perte de matière, fissures, voir détail ci-après)) ;

- Éprouvettes de contrôle tous les 50 m³ (traction et compression) ;
- 1 Mesure thermique (thermocouples) tous les 600 blocs ;
- 2 carottages mécaniques et 1 pesée tous les 80 blocs.

L'entreprise DMC a séparé virtuellement un Xbloc en 4 zones (figure 8) : les surfaces courantes (A), les angles intérieurs (B), les angles extérieurs (C) et le nez (D).

Pour chaque zone, DMC a établi des critères et des niveaux pour chaque type de dommage. Ces critères ont été utilisés pour concevoir la Fiche de Contrôle qui a retenu 4 niveaux possibles d'un dommage : « Négligeable », « Acceptable », « À réparer » ou « À rejeter ». Au total, pour le projet, on retiendra que 2 872 Xblocs ont été posés, pour 2 959 fabriqués, soit 87 u de réserve. 3 blocs ont été refusés.

Planche d'essai de pose des Xblocs

Afin de familiariser les opérateurs de grue et pour s'assurer que l'équipe soit capable de placer les Xblocs selon les spécifications prescrites, une planche

d'essai a été réalisée à sec sur la plateforme en sable, en respectant les caractéristiques des sections réelles (figure 9) :

- Les enrochements de pied et de talus (1-3T) ;
- La pente du talus (1.5H/1V).

Contrôle de la pose sous l'eau

La pose des Xblocs devait suivre strictement le plan de pose préparé par DMC.

L'approbation de chaque section de pose dépendait de :

- La densité de pose relative, qui devait se rapprocher de la densité de pose théorique (entre 98 % et 105 %) ;
- La position de chaque Xbloc en section courante, qui devait être bloqué par deux autres Xblocs de la rangée supérieure et par contact avec la sous-couche ;

→ La position de chaque Xbloc en section courbe, qui devait être bloqué dans la carapace par d'autres Xblocs et par contact avec la sous-couche.

L'installation sous l'eau a été particulièrement difficile et a nécessité l'utilisation d'un système de sonar « échoscope », notamment pour la pose des Xblocs des deux premières rangées. Le système « échoscope » donne des images en temps réel de la situation sous eau et assiste le conducteur de la grue dans la pose du Xbloc pour satisfaire aux critères exigés.

Les données du système étaient transmises du sondeur vers la cabine du conducteur, le châssis du capteur étant positionné à environ 2 m au-dessus du bloc (figures 10 & 11).

LA DIGUE EN SABLE REVÊTUE EN GRAVE BITUME PRÉSENTATION GÉNÉRALE

La digue en Enrobés DEX-ER relie la digue du Ruytingen existante, elle aussi en enrobés, à la nouvelle digue DEX-NPLA réalisée en enrochement (figure 12). Avec une longueur de 470 mètres, les conditions de site et la compatibilité de raccordement avec la digue existante ont conduit à retenir la structure suivante (figure 13) :

- Remblais en sable de dune du site (70 000 m³ de remblais D1) ;
- Géotextile (25 000 m²) ;
- couche de forme en GNT 1/40 (6 000 m³) ;
- Revêtement en grave bitume (20 000 T) ;
- Protection en pied par un rideau de palplanches et une butée en enrochements.

LES PLANCHES D'ESSAIS

En laboratoire, il a été réalisé plusieurs formulations d'enrobés en variant les dosages des différents constituants (mélange granulaire adapté, sable roulé et bitume classique) de manière à obtenir une compacité supérieure à 95% de la compacité « référence Duriez » (exigence du CCTP), une bonne maniabilité pour faciliter la mise en œuvre et une bonne tenue à l'eau de l'ouvrage au vu de sa future utilisation.

Les formulations donnant les moulages d'enrobés ayant la meilleure compacité (le minimum de pourcentage de vides) mesurée par pesée hydrostatique, ont été retenues.

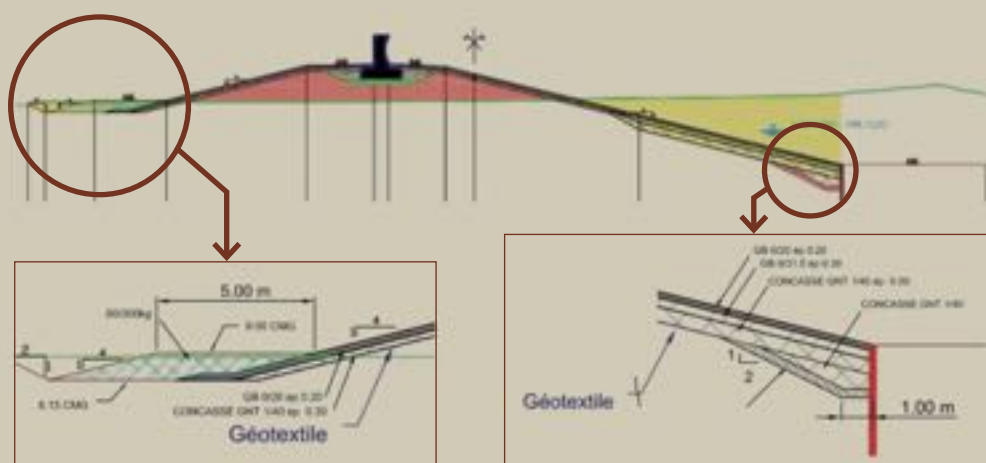
Pour la mise en œuvre, les problématiques rencontrées concernaient l'application des enrobés sur une pente de 25%, et avec des épaisseurs élevées (50 cm).

VUE EN PLAN DES DIGUES EXTÉRIEURES



© DR 12

COUPE EN TRAVERS DE LA DIGUE DEX-ER



© DR 13



15
© DR

Pour optimiser la qualité et le rendement de la mise en œuvre, Colas Nord Picardie a utilisé un finisseur spécifique (figures 14a & 14b) avec :

- Inclinaison du bac moteur via un système réglable ;
- Bac d'alimentation de grande capacité et incliné (25 t) ;
- Allègement de la table (suppression de l'hydraulique) ;
- Optimisation de la table pour améliorer l'étanchéité du revêtement via un redan compacté à la plaque vibrante tirée par le finisseur.

Pour le compactage en forte épaisseur, il a été utilisé un compacteur tandem de type VT2, et les épaisseurs des couches ont été adaptées afin de garantir un pourcentage de vide faible.

DÉROULEMENT DU CHANTIER, MATÉRIEL, CADENCES

En phase 1, l'entreprise Sodracco a mis en place un dispositif provisoire de protection par palplanches de la future digue DEX-ER.

En phase 2, Colas et l'entreprise EPV ont réalisés des remblais techniques en sable de catégorie D1, issu du dragage en mer, à l'aide de pelles à chenilles, Dumper et Bull. Le compactage du sable a été réalisé en utilisant un compacteur V5 avec une teneur en eau du sable maîtrisée.

En phase 3, après la mise en œuvre d'un géotextile de séparation, la couche de forme en GNT 1/40, spécialement formulée pour l'occasion, a été appliquée à l'aide d'un Bull D6N équipé d'un GPS.

**14a & 14b-
Finisseur.
15- Finisseur
en descente.**

**14a & 14b-
Finisher.
15- Finisher
descent.**

→ En pied de digue jusqu'à la cote +8 CMG (partie immergée de la digue), avec une sous-couche GB 0/31,5 sur 30 cm et une couche de surface GB 0/20 sur 20 cm ;

→ Au-dessus de +8 CMG (partie émergée), avec la seule couche de surface GB 0/20 sur 20 cm.

Les enrobés mis en place à l'aide d'un finisseur adapté, alimenté à l'aide d'un alimentateur continu FRANEX, ont été réalisés à une cadence journalière de 300 à 400 t (figure 15).

Un système de filtre en sable fin a également été mis en place en pied, devant le rideau de palplanches pour éviter que le noyau en sable ne se vide sous l'effet des gradients hydrauliques liés à la marée.

En phase 4, deux structures différentes d'enrobés ont été mises en place :

LES CONTRÔLES

Pour le sable à mettre en remblai, des contrôles d'identification usuels hebdomadaires ont été réalisés (granulométries, densités Proctor, teneur en eau et argilosité) pour permettre sa classi-



14a



14b

fication suivant la norme NF P 11 300 du guide Setra GTR.

Le contrôle de mise en œuvre s'est effectué par mesure des densités au gammadensimètre, le CCTP exigeant une compacité supérieure à 95% de l'OPN. Toutes les zones non conformes en compactage ont été purgées. Il a été ainsi effectué 36 interventions, avec près de 380 points de densité réalisés. Pour la GNT 1/40 mise en œuvre sur un géotextile (en 2 fois 30 cm), seuls des contrôles granulométriques d'identification ont été réalisés, à raison d'un contrôle pour 1 000 t.

Les contrôles de l'application des enrobés se sont déroulés d'une façon classique, identiques aux suivis de chantiers d'enrobés routiers, avec des contrôles de fabrication de l'enrobé (contrôles granulométriques et teneurs en liant pour vérifier la conformité par rapport au marquage CE) par réalisation d'extraction grâce à une infratest et des contrôles de densité en place.

Au total, ont été réalisés :

- 50 extractions d'enrobés (soit une extraction par journée d'application, soit environ une toutes les 400 tonnes appliquées) ;
- Plus de 300 points de densité au gammadensimètre.

Des reprises de structure ont été nécessaires afin de répondre à l'ensemble des spécifications (figures 16a & 16b).

LE RETOUR D'EXPÉRIENCE

- Une telle digue en sable revêtue en grave bitume, avec des pentes à 25% (4H/1V), n'a pas été réalisée en France depuis plusieurs décennies. Elle a nécessité :
 - Une étude de formulations d'enrobés permettant de garantir les exigences du CCTP ;
 - Une adaptation du matériel de pose ;



16a
© DR

**16a & 16b-
Compactage
et revêtement
fini.**

**16a & 16b-
Compacting
and finished
surfacing.**



16b

- La validation des procédures de mise en œuvre de l'enrobé par l'intermédiaire de planches d'essais (nombre de couches, épaisseur, nombre de passe du compacteur, type de compacteur...) ;
- La principale contrainte a résidé dans l'application d'enrobés en plein hiver (conditions hivernales difficiles) dans le nord de la France sur le littoral où le vent amplifie l'effet des basses températures. □

PRINCIPAUX INTERVENANTS POUR LES TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE PORTUAIRE

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Grand Port Maritime de Dunkerque

MAÎTRISE D'ŒUVRE : Arcadis

GROUPEMENT D'ENTREPRISES : Sodrac/Colas/Ménard/Bouygues TPRF

COORDONNATEUR SPS : Apave

ABSTRACT

RIPRAP AND BITUMEN TREATED BASE MATERIAL IN THE MARITIME STRUCTURES OF THE DUNKIRK LNG TANKER TERMINAL

FRÉDÉRIC CARON, GPMD - VALÉRIE LEFEBVRE-MIGNON, ARCADIS - KOBBE PEIRS, SODRACO - FRANÇOIS QUANDALLE, BOUYGUES - ALAN CORLAY, COLAS

As part of maritime infrastructure development for the LNG Tanker Terminal for the contracting authority Grand Port Méthanier de Dunkerque, 4,740 metres of breakwaters were constructed, 3,880 m in natural riprap, 440 m in artificial riprap (Xbloqs) and 420 m in bitumen treated base material. These breakwaters are designed to provide protection against the swell for the platform receiving the gas tanks and the berth to ensure it of an availability rate exceeding 99%. □

LAS ESCOLLERAS Y LA GRAVA-BETÚN EN LAS OBRAS MARÍTIMAS DE LA TERMINAL METANERA DE DUNKERQUE

FRÉDÉRIC CARON, GPMD - VALÉRIE LEFEBVRE-MIGNON, ARCADIS - KOBBE PEIRS, SODRACO - FRANÇOIS QUANDALLE, BOUYGUES - ALAN CORLAY, COLAS

En el marco del acondicionamiento de las infraestructuras marítimas de la Terminal Metanera bajo la Dirección de Obra del Gran Puerto Metanero de Dunkerque, se han construido 4.740 m de diques de protección, 3.880 m de escolleras naturales, 440 m de escolleras artificiales (Xbloques) y 420 m de grava-betún. Estos diques de protección están destinados a proteger contra el oleaje la plataforma que recibe los depósitos de gas y el atracadero para garantizarle una tasa de disponibilidad superior al 99%. □



1
© PHOTOTHÈQUE EMCC

QUAI FLUVIAL POUR LA PLATEFORME MULTIMODALE DU HAVRE

AUTEURS : LUC BARBOT, MANAGER DE PROJET, ARCADIS - JEAN PIERRE DROUAUD, ADJOINT AU DIRECTEUR TRAVAUX, ARCADIS - MICKAËL AUZAS, DIRECTEUR TRAVAUX, EMCC

AFIN DE PERMETTRE L'ACHEMINEMENT ET LE TRANSPORT DES CONTENEURS SUR LA FUTURE PLATEFORME MULTIMODALE DU HAVRE, UN QUAI DE 400 M DE LONG A ÉTÉ CONSTRUIT. CET OUVRAGE, CONSTITUÉ D'UN RIDEAU DE PALPLANCHES TIRANTÉ, SOUTIEN LA PLATEFORME ARRIÈRE SUR 8 M DE HAUTEUR. CETTE PLATEFORME, QUI ACCUEILLERA DES VOIES FÉRRÉES ET DES CONTENEURS, REPOSE SUR UN RÉSEAU D'INCLUSIONS RIGIDES.

LA PLATEFORME MULTIMODALE

La plateforme multimodale du Havre est située au pied du pont de Normandie le long du Grand Canal.

Cette plateforme, qui est réalisée par Projenor dans le cadre d'un contrat de promotion immobilière pour compte de LH2T, a pour objectif d'accompagner la montée en puissance de Port 2000, et surtout d'optimiser la gestion des flux de marchandises en prévoyant un lieu de regroupement tout en offrant

une alternative aux transports routiers. Située sur un terrain de 95 hectares, la plateforme comprend principalement :

- Une cour fluviale de 400 m de long, desservie par navette ferroviaire, avec deux portiques à bec et un quai fluvial en palplanches métalliques ;
- Une cour ferroviaire de 750 m, comportant huit voies ferrées et une zone de stockage de conteneurs ;
- Un faisceau de réception ferroviaire électrifié de douze voies de 750 m de long ;

→ Une zone de stockage trimodale de 2 600 conteneurs manutentionnés par des reach stackers ;

→ Puis une zone de bâtiments pour l'accueil, le local social et un hangar pour l'entretien des reach stackers et des locomotives.

Le projet prévoit donc, pour la création de la cour fluviale et l'accueil des barges, la construction d'un quai en palplanches métalliques et l'aménagement des berges en enrochements (figures 2 et 3).

CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Le site de la plateforme multimodale longe la rive nord du Grand Canal du Havre est inscrit dans la paléo-vallée de la Seine qui a été comblée par un complexe alluvionnaire fluvio-marin au cours du Quaternaire en suivant une sédimentation d'estuaire. Grâce à ce système de sédimentation, on rencontre une alternance de matériaux limoneux, argileux et de sédiments sableux. À partir des résultats des différentes



campagnes géotechniques réalisées sur le site, la succession stratigraphique du site serait la suivante, à partir du terrain naturel et vers le bas :

- Une couche de terre végétale sur une épaisseur moyenne de 10 cm à 15 cm ;
- Une première couche (S0) de sable assez propre de faible épaisseur (épaisseur moyenne 0,7 m au droit du quai) correspondant probablement à des remblais provenant du dragage du canal ;
- Les dépôts récents (L1) correspondant à une alternance de sable très fin à moyen, de silts plus ou moins argileux et d'argile silteuse avec des passées

2- Pose des défenses et finalisation du dragage.

3- Le quai avec ses défenses d'accostage.

4- Coupe type du quai.

2- Placing protection systems and finalisation of dredging.

3- The quay with its mooring protection systems.

4- Typical cross section of the quay.

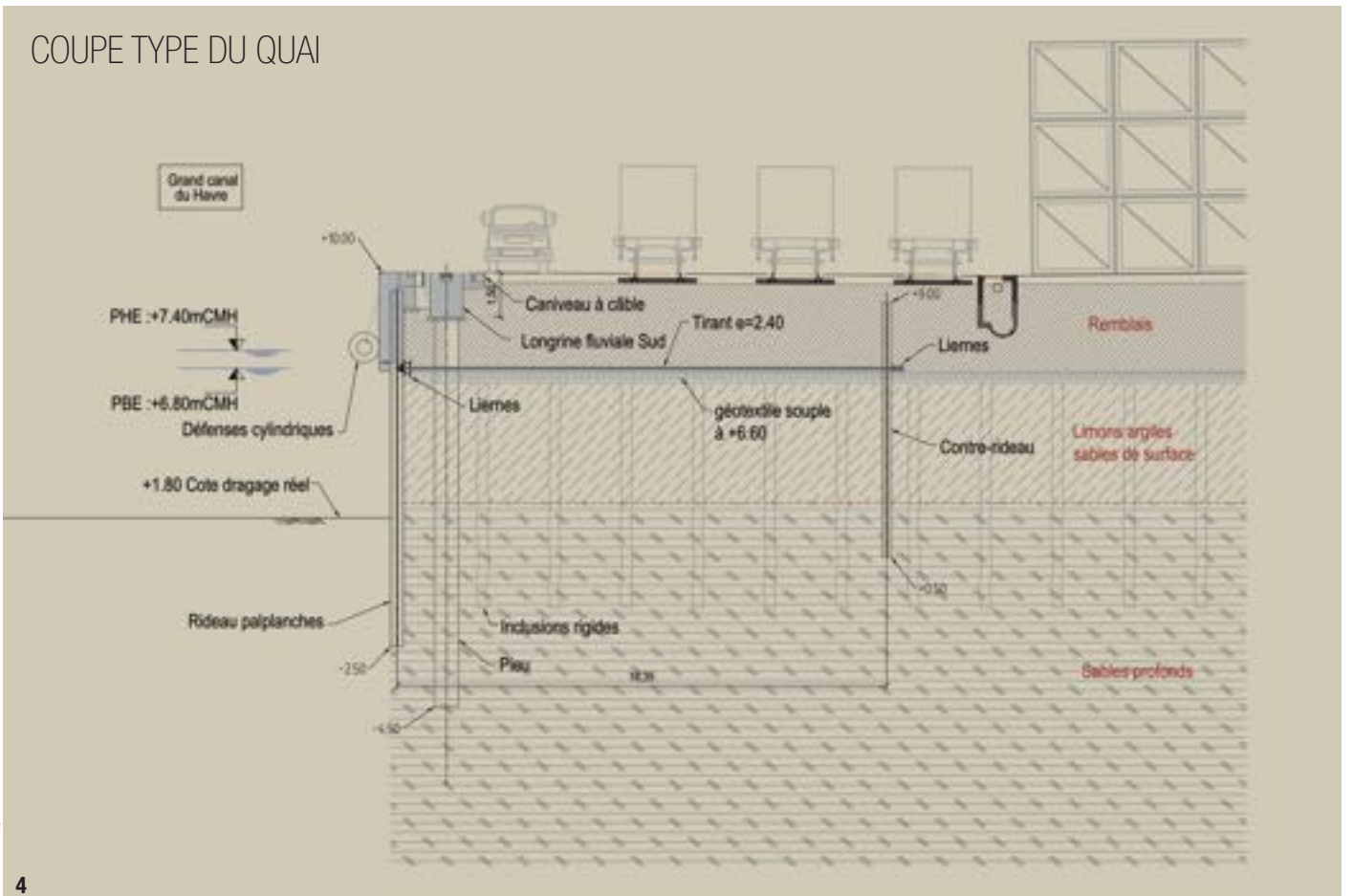
organiques (épaisseur moyenne 5,5 m à 6 m au droit du quai) ;

- Les dépôts d'estuaire et marins définis comme les Sables gris-vert (S2) qui sont moyennement compacts à compacts et dont l'épaisseur moyenne est comprise entre 12,5 m et 13 m dans la zone du quai ;
- Les sédiments fins continentaux correspondant à des silts et sables fins plus ou moins argileux (L3), dont l'épaisseur moyenne est de l'ordre de 7,5 m au droit du quai ;
- Les sédiments grossiers continentaux appelés les Graves de fond (G4), de 7 m d'épaisseur en moyenne au droit du quai ;

→ Puis le substratum constitué de marnes argileuses ou de sables de l'Albien.

Les terrains sont baignés par une nappe phréatique, dont le toit est situé dans le niveau limoneux récent de surface. Cette nappe est limitée géographiquement par le Grand Canal au sud et par le canal du Havre au nord. En relation directe avec ces canaux, elle constitue une nappe alluviale dont le niveau piézométrique est influencé par celui du Grand Canal. Cette nappe est également influencée par les eaux météoriques qui, par transmissivité verticale au sein des terrains de surface, apporte une alimentation complémentaire en eau. ▷

COUPE TYPE DU QUAI



SOLUTION RETENUE

La solution choisie pour concevoir le quai est un rideau de palplanches retenu par une rangée de tirants ancrés sur un contre-rideau arrière (figure 4). Les palplanches du rideau principal sont constituées de profilé type AZ17-700 de 11,9 m de longueur. Le contre-rideau, distant de 16,35 m en arrière du rideau principal, est constitué de profilés type AZ12-770 de 8,5 m de longueur. La liaison entre le rideau principal et le contre-rideau est assurée au moyen de tirants passifs de 60 mm de diamètre, de nuance Fe500, articulés aux deux extrémités. Une lierne métallique est disposée sur le rideau principal et sur le contre-rideau pour permettre l'accroche des tirants et la répartition des efforts (figure 7). L'espacement des tirants est adapté de manière à permettre la réalisation, dans un deuxième temps, de pieux en béton qui servent de fondation à la longrine du chemin de roulement des portiques. Pour limiter les phénomènes de corrosion, les tirants ont été disposés à la cote de +6,8 CMH afin d'être constamment sous le niveau de la nappe et du marnage du canal.

La poutre de couronnement sera également poursuivie, côté canal, sous le niveau des plus basses eaux du canal (+6,8 CMH) afin de limiter la corrosion du rideau de palplanches.

Pour s'affranchir de la durée de pré-chargement des terrains, qui n'était pas



5

5- Battage des palplanches.

6- Réalisation des inclusions rigides.

7- Mise en place des tirants et des liernes.

8- Mise en place des liernes.

9- Tirants et liernes sur le contre-rideau.

5- Driving sheet piling.

6- Execution of rigid inclusions.

7- Installing tie anchors and connecting ribs.

8- Placing connecting ribs.

9- Tie anchors and connecting ribs on the counter-curtain.



6



7



8



9

FIGURES 5, 6, 7 & 9 © PHOTOTHÈQUE ARCADIS - FIGURE 8 © PHOTOTHÈQUE EMCC



10

© PHOTOTHÈQUE ARCADIS

compatible avec le planning des travaux dans le secteur du quai, un réseau d'inclusions rigides a été disposé, sous le niveau des tirants, entre les cotes +6,4 CMH et -1,1 CMH. Les inclusions rigides de 0,34 m de diamètre sont constituées de béton et disposées suivant un maillage de 2,4 m x 2,4 m entre le rideau principal et le contre-rideau (figure 6). Un matelas de répartition, constitué de grave recyclée 0/80 et d'un géotextile Rock PEC 50/55, est mis en place entre les cotes +6,4 CMH et +6,8 CMH. Au final, les terrains, devant le rideau principal et dans le canal, seront dragués afin de réaliser une aire d'accostage et d'amarrage des porte-conteneurs à une cote de +1,8 CMH. Les talus des deux berges seront protégés par des enrochements de 0,5 à 1 tonne.

DÉROULEMENT DU CHANTIER

TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Les travaux sont réalisés dans un site sensible et des mesures spécifiques sont prises pour la protection de l'environnement. La préparation de la zone de travail, comprenant le décapage et le stockage de la terre végétale, est faite hors période de nidification. Après le réglage des plateformes, les palplanches sont disposées sur les zones décapées avant leur mise en œuvre.

10- Terrassement entre rideaux de palplanches.

11- Dispositif de pointes filtrantes.

10- Earthworks between sheet piling curtains.

11- Well points system.

© PHOTOTHÈQUE ARCADIS



11

MUR DE QUAÏ ET RIDEAU D'ANCRAGE

Compte tenu de la topographie du site, les travaux de mise en œuvre des palplanches sont réalisés par battage depuis le terre-plein.

Le battage est effectué au vibrofonneur à l'aide d'un mât de battage. Cette technique permet de se passer d'un guide rigide (figure 5).

Une fois les rideaux de palplanches mis en œuvre, les tirants d'ancrage

sont fixés sur les liernes métalliques à la cote de +6,8 CMH (figures 7, 8 et 9).

Ces travaux, se déroulant sous le niveau de la nappe, ont été réalisés à l'abri d'un rabattement de nappe par pointes filtrantes disposées suivant deux lignes parallèles (figure 11).

Pour la protection des éléments métalliques de la structure du quai, en complément de la perte d'épaisseur prise en compte dans les calculs, il est prévu un dispositif de protection cathodique par anodes sacrificielles.

Ainsi, pour la structure principale du quai, la protection vis-à-vis de la corrosion est assurée comme suit :

- Pas d'exposition d'éléments métalliques en contact direct avec l'eau du canal et de la nappe dans les zones de marnage ;
- Protection cathodique dans les zones immergées (épaisseur sacrificielle en complément) ;
- Épaisseur sacrificielle pour les autres zones.

TERRASSEMENT ET REMBLAIEMENT

Les terrassements entre les deux rideaux de palplanches ont été réalisés avec l'aide de pelles de 36 tonnes, à l'abri d'un rabattement de nappe constitué de pointes filtrantes (figure 10).



12



13

© PHOTOTHÈQUE ARCADIS

Une plateforme de travail a été confectionnée en fond de fouille afin de permettre la réalisation des travaux d'amélioration de sol par inclusions rigides (figure 12).

Une fois les travaux d'inclusions rigides et de pose des tirants réalisés, le remblaiement de la fouille est effectué avec les matériaux fournis par le GPMH (Grand Port Maritime du Havre) et provenant des travaux de dragage de Port 2000. Le matériau est constitué d'un sable plus ou moins silteux de classe B1 à B5 suivant la classification du guide des terrassements routiers (GTR).

Afin d'assurer leur parfaite mise en œuvre et leur compactage, les remblais ont été mis en place par couches de 25 cm d'épaisseur compactées à l'aide d'un cylindre mixte (bille/pneus) type cc501 sans vibration du cylindre pour les premières couches au-dessus des tirants, et par couches de 35 cm à 45 cm ensuite.

INCLUSIONS RIGIDES

Pour améliorer les sols et minimiser les tassements de la plateforme en arrière du quai sous les surcharges d'exploitation des conteneurs, un réseau d'inclusions rigides a été réalisé suivant un maillage de 2,4 m x 2,4 m.

Les inclusions rigides, réalisées en béton C20/25, ont un diamètre de 34 cm et une longueur variant de 5 m à 8,7 m suivant le niveau de la plateforme et la nature des terrains

Les inclusions sont mises en œuvre par vibrofonçage d'un tube muni d'un clapet en pointe. Le béton est injecté à la remontée du tube et recépé à frais (figure 6).

Un matelas de répartition de 40 cm d'épaisseur, en grave recyclée 0/80 mm, s'intercale entre les inclusions et les remblais de remplissage de

l'inter-rideau. Pour améliorer la répartition des charges sur les inclusions rigides, un géotextile, de type Rock PEC 50/55, est disposé au milieu du matelas de répartition.

POUTRE DE COURONNEMENT

Le quai est équipé, en partie supérieure, d'une poutre de couronnement en béton armé qui assure les fonctions principales suivantes :

- Rigidité d'ensemble du quai ;
- Protection du rideau principal, sur la zone de marnage, pour limiter la corrosion ;
- Transmission des efforts d'amarage aux structures d'ancrage du quai ;
- Accueil des appareils de quai et des équipements tels que les bollards, les bornes d'alimentation en eau douce et électricité, les échelles

12- Plateforme de travail pour inclusions rigides.

13- Ferrailage de la poutre de couronnement.

14- Bétonnage de la poutre de couronnement.

12- Work platform for rigid inclusions.

13- Capping beam reinforcing bars.

14- Capping beam concreting.

d'accès au plan d'eau et le système de défense d'accostage constitué par trente-neuf défenses cylindriques de 1 000 mm de diamètre (figure 3).

La poutre de couronnement a été réalisée à terre à l'aide d'un outil de coffrage mobile, guidé depuis la plateforme de l'inter-rideau. Les banches en pied de poutre, côté canal, sont maintenues par des entretoises fixées aux palplanches, l'outil permet d'effectuer des coulées de 20 m (figures 13 et 14). La retombée de la poutre de couronnement, côté canal, a été arasée à la cote de +6,7 CMH afin d'englober la tête des tirants et de réduire la corrosion de cet élément.

Préalablement à la mise en œuvre du béton, l'écrou rotulé de la tête de tirant est noyé dans un tube PVC rempli de mousse expansive pour donner au



14

© PHOTOTHÈQUE EMCO



© PHOTO THÉRIÈRE ARCADIS

tirant la faculté de s'ajuster au sein de la poutre de couronnement, notamment lors de la libération de la butée pendant les opérations de dragage.

DRAGAGE

L'objectif des opérations de dragage consiste à garantir un plafond de dragage minimal à la cote de +1,8 CMH,

15- Mise en œuvre des enrochements.

15- Placing riprap.

sur les emprises nécessaire à la manœuvre des navires.

Le raccordement du plafond de dragage aux berges existantes est réalisé avec une pelle grand bras par le biais de talus dressés à une pente de 5 H/1V (figure 15).

Le volume total du dragage est de 128 000 m³.

Le dragage a été réalisé d'une part de manière nautique au moyen d'une drague suceuse refouleuse de 12 pouces, et d'autre part de manière terrestre au droit de l'ancienne berge jusqu'au niveau d'eau du canal avec un échelon de pelle mécanique 954. L'ensemble des matériaux excavés est stocké, par refoulement, dans un bassin confectonné à l'ouest du site. Le transport

des matériaux se fait au moyen de conduites flottantes depuis la drague jusqu'à la berge, puis au moyen de conduites fixes à terre jusqu'à la zone de stockage.

Le refoulement des eaux d'exhaure après assèchement des matériaux est effectué gravitairement, après réalisation de mesures de vérification du taux de pollution.

Les talus constituant les berges de part et d'autre du quai sont protégés par un lit d'enrochement de 500/1 000 kg après mise en place d'un géotextile Tencate P60.

FINITIONS

Prochainement, les travaux de pose des anodes sacrificielles par plongeurs termineront les travaux du quai.

Les travaux d'ensemble de la plateforme continueront dans le secteur de la cour fluviale, avec d'autres marchés, par l'aménagement du terre-plein. Les travaux restant à réaliser sont :

- Les pieux de fondation des longrines du chemin de roulement, ainsi que les longrines ;
- La voirie pour les poids lourds et les reach stackers, y compris son assise traitée au liant pour atteindre une portance de classe PF3 ;
- Les voies ferrées entre les longrines du chemin de roulement ;
- Les travaux de réseaux de récupération des eaux pluviales, d'électricité, d'alimentation des portiques et d'éclairage ;
- Et, pour finir, la mise en place des deux portiques à bec sur les chemins de roulement. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

STRUCTURE DU QUAI

PALPLANCHES AZ 17-700 : 344 u de 11,9 m (299 t)

PALPLANCHES AZ 12-770 : 308 u de 8,5 m (190 t)

TIRANTS : 196 u (65 t)

LIERNES : 1 139 m (162 t)

BÉTON : 1 300 m³

ACIER BÉTON ARMÉ : 153 415 kg

TERRASSEMENT - DRAGAGE - INCLUSIONS RIGIDES

DÉBLAI : 20 000 m³

REMBLAI : 27 000 m³

DRAGAGE : 187 000 m³

INCLUSIONS RIGIDES DIAMÈTRE 34 CM : 3 800 u de 5 m à 8,7 m de longueur

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRES D'OUVRAGES : LH2T et Projenor

MAÎTRE D'ŒUVRE : Arcadis

ENTREPRISES : Emcc (Quai - Marché n°7), Visdragage (Dragage - Marché n°8), Valerian (Inclusions Rigides - Marché n°1- sous-traitant Keller)

ABSTRACT

RIVER QUAY FOR THE MULTIMODAL PLATFORM OF LE HAVRE

LUC BARBOT, ARCADIS - JEAN PIERRE DROUJAUD, ARCADIS - MICKAËL AUZAS, EMCC

For container routing and transport on the future multimodal platform of Le Havre, a quay 400 metres long was built. This structure, consisting of a sheet piling curtain restrained by tie anchors, supports the rear platform over a height of 8 metres. The platform, which will receive railway tracks and containers, rests on a system of rigid inclusions. □

MUELLE FLUVIAL PARA LA PLATAFORMA MULTIMODAL DE LE HAVRE

LUC BARBOT, ARCADIS - JEAN PIERRE DROUJAUD, ARCADIS - MICKAËL AUZAS, EMCC

Con objeto de permitir el envío y el transporte de los contenedores en la futura plataforma multimodal de Le Havre, se ha construido un muelle de 400 m de longitud. Esta obra, constituida por una pantalla de tablestacas sujeta por tirantes, sostiene la plataforma trasera a 8 m de altura. Esta plataforma, que acogerá vías férreas y contenedores, se apoya en una red de inclusiones rígidas. □



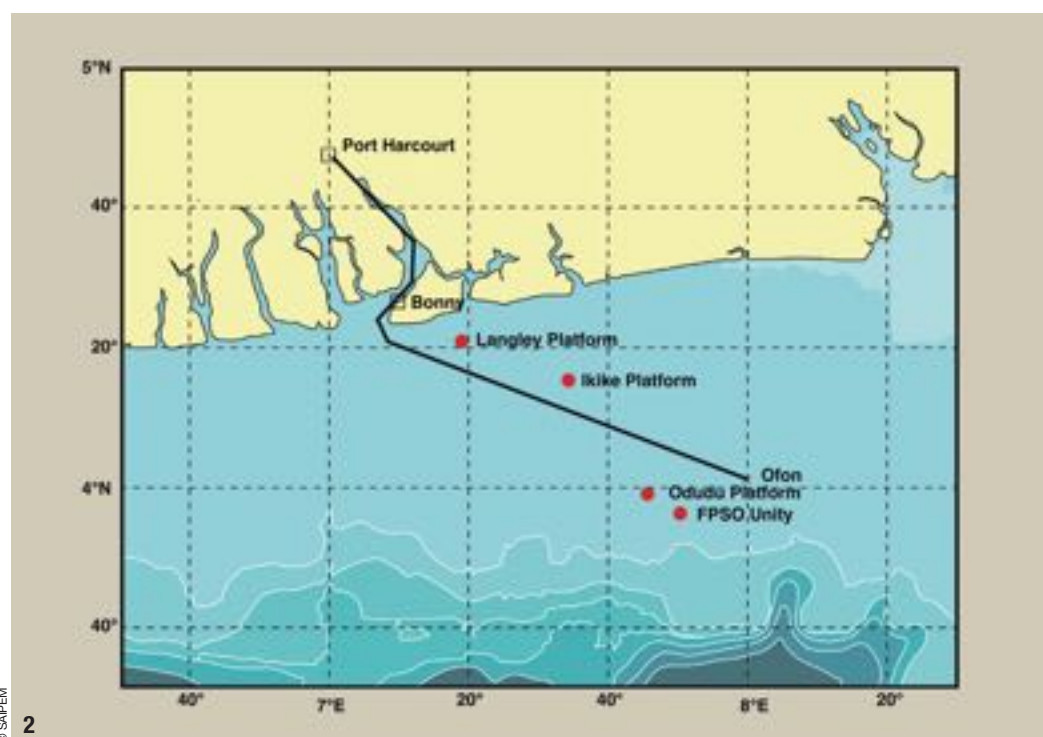
1- Installation
de l'Upper Mo-
dule du Quartier
Vie OFQ.

1- Installation
of the Upper
Module of
the OFQ living
quarters.

L'INSTALLATION DE PLATEFORMES OFFSHORE AU NIGÉRIA SUR LE PROJET OFON 2

AUTEURS : LUDOVIC LAMBERDIÈRE, CHEF DE PROJET, SAIPEM SA - VINCENT BISCHOFF, INSTALLATION MANAGER, SAIPEM SA

FIN 2013, UNE FLOTTE DE BATEAUX TRAVAILLANT POUR SAIPEM A ÉTÉ MOBILISÉE VERS LE CHAMP PÉTROLIER OFFSHORE DE OFON AU NIGÉRIA POUR Y INSTALLER DEUX PLATEFORMES PERMETTANT D'ACCROÎTRE LA PRODUCTION DE PÉTROLE DU CHAMP EXISTANT ET D'EXPLOITER SON GAZ. LES PLATEFORMES ONT ÉTÉ PRÉFABRIQUÉES AU NIGÉRIA, AU CONGO ET EN EUROPE. UNE FOIS INSTALLÉES, ELLES ONT ÉTÉ REMISES À TOTAL QUI EST L'EXPLOITANT DU CHAMP.



LE CONTEXTE

Le champ pétrolier de Ofon est exploité en partenariat avec la Nigerian National Petroleum Corporation (NNPC) par Total depuis 1997. Il se situe à environ 50 km des côtes nigérianes, par une quarantaine de mètres de fond (figure 2). Dans ces faibles profondeurs et avec le type de sols que

2- Situation du champ OFON dans le Golfe de Guinée.

2- Location of the Ofon field in the Gulf of Guinea.

l'on rencontre dans le Golfe de Guinée, une plateforme est traditionnellement constituée comme suit :

→ Un jacket, structure métallique qui repose sur le sol marin et émerge de l'océan pour servir de support à la plateforme, appelée deck (figure 1) ;
→ Des pieux battus (piles), qui traversent les jambes du jacket, et s'en-

foncent profondément dans le sol jusqu'aux couches portantes, servant ainsi de fondations à la plateforme ;

→ Une ou plusieurs plateformes (decks ou encore modules), préfabriquées à terre, puis installées au-dessus du jacket, en appui sur les piles, qui regroupent sur plusieurs niveaux les équipements et installations nécessaires au procédé de traitement du pétrole brut, les modules de contrôle et de commande et, sur une plateforme dédiée, le quartier d'habitation.

En 2005 Saipem signe un contrat avec Total pour le transport et l'installation de deux plateformes du nouveau complexe (figure 4) :

- a- Le jacket nommé OFP2 sera fabriqué par Saipem, sur sa base de Port-Harcourt au Nigéria.
- b- Les piles d'OFP2 seront fabriquées par un sous-traitant de Saipem en Allemagne.
- c- Les éléments de la plateforme OFQ seront fabriqués par des sous-traitants de Total : à Fos-sur-Mer en France pour deux decks, à Lagos au Nigéria pour un troisième deck, et à Port-Harcourt pour les deux derniers decks ainsi que pour le jacket et ses piles.
- d- Les nouvelles plateformes de tête de puits, le système sous-marin ainsi que le deck d'OFP2 seront fabriqués et installés par d'autres sous-traitants de Total.

DES SPÉCIFICITÉS

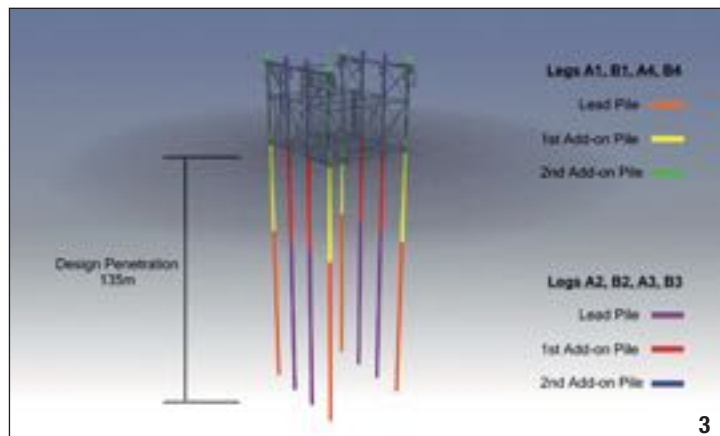
Un tel projet est gouverné par les contraintes suivantes :

a- De nombreuses autorisations administratives doivent être accordées, et l'obtention du feu vert pour la réalisation peut prendre plusieurs années, même après la signature du contrat. Ainsi ce contrat signé en 2005, n'a-t-il été effectif qu'en 2011.

b- La détermination du navire d'installation conditionne un grand nombre de paramètres clés du projet. Le choix du navire de levage amiral de Saipem, la S7000, pour effectuer les travaux a ainsi permis d'éliminer les problèmes de capacité de levage et de réduire le planning d'installation. La S7000 est l'un des plus puissants navires d'installation au monde, avec ses deux grues de 7000 t de capacité chacune (figure 5) (le navire pourrait soulever la tour Eiffel). Elle est également équipée de 3 robots sous-marins pouvant travailler en grande profondeur, pilotés par des techniciens spécialisés depuis le bord de la S7000, d'un système perfectionné de positionnement dynamique lui permettant de maintenir sa position sans ancrés. Elle offre 9000 m² de pont et 725 lits. Son équipage est expérimenté. Sa coque semi-submersible garantit une bonne stabilité à la houle. Lors des opérations d'installation, elle est ballastée pour atteindre un tirant d'eau de 27,5 m. La S7000 peut être équipée d'une tour de pose de pipeline en grande profondeur.

c- Le coût important des moyens d'installation mis en jeu - plusieurs centaines de milliers d'euros par jour - pousse à réduire au maximum la durée des opérations offshore. Plusieurs jours de travail à terre sont souvent nécessaires pour limiter certaines tâches en mer à quelques heures.

d- La santé et la sécurité étant les valeurs primordiales dans l'industrie pétrolière, toutes les mesures sont mises en place pour limiter les risques : certificat médical, stage de formation sécurité offshore obligatoire, alcool interdit, incitations à un mode de vie sain. Pour intervenir plus rapidement en cas de problème, un médecin est mobilisé à bord et un hélicoptère est disponible, les systèmes de communication sont clarifiés et testés, des exercices d'évacuation sont régulièrement effectués.



e- Une bonne organisation logistique est un autre facteur clé de la réussite d'un tel projet :

- Prise en compte des délais de dédouanement qui peuvent être de plusieurs semaines pour les équipements venant en dehors du Nigéria.

- Les navires d'opération requièrent une base logistique à terre pour recevoir les éléments à installer, mais également pour la nourriture fraîche, le gaz, le fuel, les ordures, les imprévus. Des navires de sou-

3- Le jacket OFP2 et ses piles.

4- Carte du complexe pétrolier de Ofon.

3- OFP2 jacket and its piers.

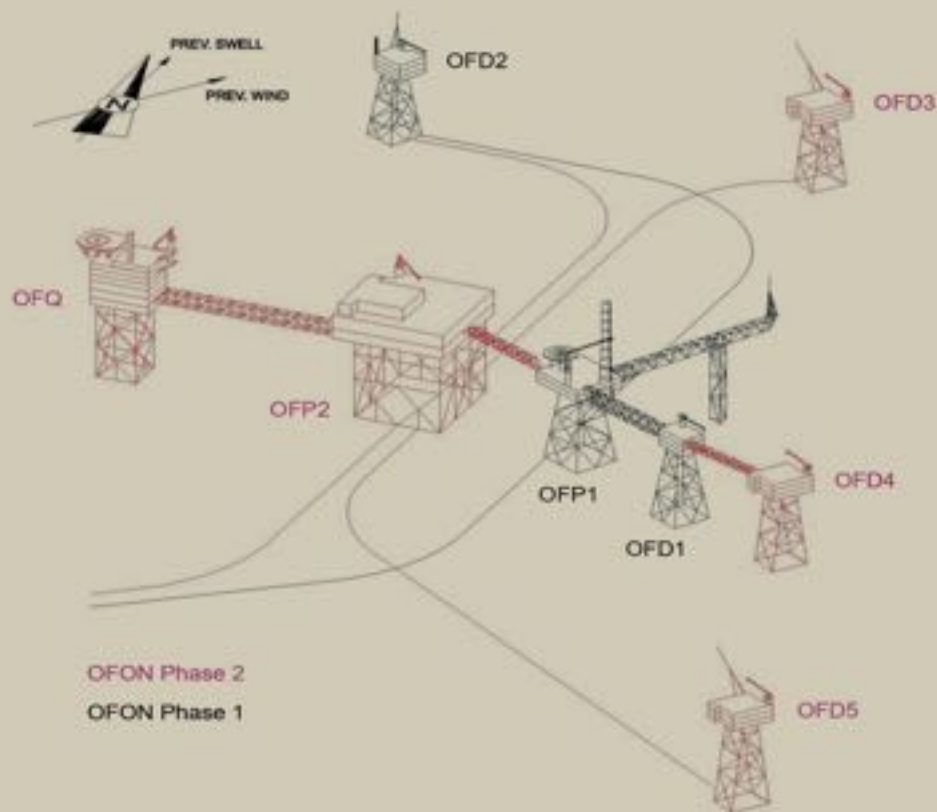
4- Map of the Ofon oil complex.

tiennent donc en permanence la navette entre le champ offshore et ces bases logistiques.

- L'embarquement/débarquement de l'équipage de la S7000 sont des opérations soigneusement préparées à l'avance. Lors de la mobilisation qui s'est faite à Abidjan en Côte d'Ivoire, 250 personnes venant des quatre coins du monde ont été transférées à bord avec deux hélicoptères, la S7000 étant trop grosse pour entrer dans un port d'Afrique de l'Ouest. Cette opération a duré un jour et demi. Durant les opérations d'installation, un bateau rapide de transfert du personnel commençant ou terminant sa rotation a effectué plusieurs voyages entre Douala au Cameroun et le champ Ofon (environ 200 km). Ces transferts permanents de personnel requièrent une gestion précise des visas et une excellente organisation.

f- Les bateaux travaillent 7 jours sur 7 et 24 h sur 24, une grande flexibilité et une grande réactivité sont nécessaires pour éviter toute interruption du travail. Malgré la préparation minutieuse, des problèmes survien-

CARTE DU COMPLEXE PÉTROLIER DE OFON





5

© SAIPEM

ment inévitablement tels que les avaries des navires de ravitaillement (câble bloqué dans l'hélice, collisions, etc.). Il faut alors trouver rapidement des solutions. De même les imprévus techniques lors de l'installation des structures demandent des réponses rapides, avec un soutien H24 de Paris, notamment pour réaliser ou valider des calculs de structures.

- g-** En accord avec la loi nigériane, Saipem augmente à chaque nouveau projet la participation de la main d'œuvre et des fournisseurs locaux.
- h-** Les nouvelles structures devant être installées à proximité du complexe actuel de Ofon, qui est en exploitation, des arrêts de sa production sont programmés pour assurer la sécurité. Afin de réduire au maximum la perte d'exploitation, une

5- S7000, le navire amiral de Saipem avec en premier plan sa tour de pose de pipeline.

6- Les piles du jacket.

7- Le jacket OFP2 prêt à recevoir sa plateforme de production.

5- S7000, Saipem's flagship, with, in the foreground, its pipeline laying tower.

6- The jacket piers.
7- The OFP2 jacket ready to receive its production platform.

coordination étroite avec les équipes de Total est menée, elle s'appuie sur des analyses de risques réalisées en commun.

- i-** Le projet a nécessité la synergie de plusieurs centres de compétences de Saipem : Paris pour la coordination et l'ingénierie d'installation et de transport, Londres pour la partie technique spécifique à la S7000, et bien sûr Lagos et Port-Harcourt pour l'ingénierie de fabrication et le soutien aux opérations au Nigéria.
- j-** Le jacket OFQ et ses 4 piles, ainsi que les 5 modules d'OFQ, sont fabriqués et chargés sur les barges de transport par un autre sous-traitant de Total. Ce type de montage de projet avec de multiples acteurs, crée de nombreuses interfaces physiques et techniques qui nécessitent également une excellente coordi-

nation entre co-contracteurs et une gestion documentaire très rigoureuse.

LA FABRICATION

LES PILES

Les calculs géotechniques et le design de la plateforme ont montré que chacune des 8 piles du jacket OFP2 devait avoir une longueur de 191 m. Pour permettre sa mise en œuvre avec les grues de la S7000, chaque pile est constituée de 3 sections, les plus grandes ayant 93 m de long, 1,8 m de diamètre et 6,3 cm d'épaisseur, pour un poids de 260 t (figure 6). Les tôles constituant les piles ont été coupées et roulées à Rostock (Allemagne), l'élingage nécessaire pour lever les piles offshore a été mis en place avant le départ de la barge vers le champ. ▶



6



7

© SAIPEM

LE JACKET

Le jacket d'OFF2 a été fabriqué par la base vie et base de fabrication de Saipem à Port-Harcourt.

La base de Port Harcourt est la plus grande usine de fabrication d'Afrique, dédiée aux structures pétrolières. 3 000 Personnes et 150 expatriés y travaillent en pointe.

Le jacket a été fabriqué avec environ un million d'heures et 2 années de travail. Ce cube de 50 m de côté (56 x 49 x 48 m) pèse près de 2 000 t (figure 7). Lors de sa conception initiale il avait été optimisé pour être installé par un navire plus limité en capacité de levage que la S7000, ce qui a deux conséquences importantes :

→ La diminution de la surface de sa base, permettant un gain de poids dans l'air, augmente son enfoncement dans le sol marin. Des obturateurs sont donc insérés dans les jambes du jacket afin de lui apporter de la flottabilité, le temps de l'installation des piles. Son poids sera ensuite transmis aux piles par soudage.

→ La rigidité de la structure principale rendue trop faible pour que toutes ses structures soient installées avant qu'il ne soit dans l'eau. Des caissons et une protection devront être installés en mer, une fois le jacket en place.

LE TRANSPORT

LE TRANSPORT PAR CARGO-BARGE

Une cargo-barge est un bateau de transport sans système de propulsion et sans personnel à bord. Elle comporte des réservoirs de ballastage qui permettent de l'équilibrer avant son départ. Elle doit être tirée par un remorqueur. Les différentes étapes de transport d'un colis par cargo-barge sont les suivantes :

→ La barge est préparée pour recevoir le colis : elle est nettoyée de tous obstacles, elle est ballastée pour le chargement, les poutres servant à transférer les charges du colis à la structure de la barge sont mises en place.

→ Le chargement est effectué, soit en soulevant le colis avec une grue, soit en déplaçant le colis par multi-roues (figure 7) (des remorques qui se positionnent sous le colis et le soulèvent légèrement à l'aide de vérins).

→ Le colis est sécurisé sur la barge (un gros colis sera soudé à la barge).

→ La barge est ballastée pour le transport.

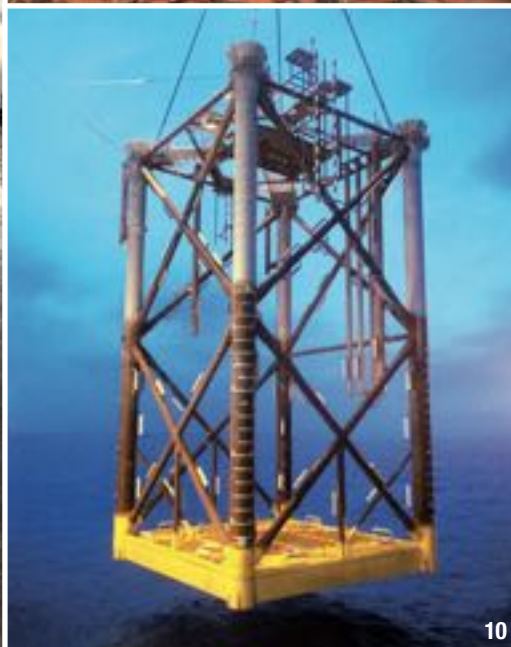
→ La barge quitte le quai, parfois assistée de plusieurs remorqueurs et pousseurs.



8



9



10

LES TRANSPORTS DU PROJET

Le choix a été fait de transporter toutes les structures à installer par cargo-barge.

→ Cinq cargos-barges ont donc été mobilisées :

- deux de 120 m de long en Europe,
- une de 90 m au Congo,
- et deux de 90 m au Nigéria.

→ Dix remorqueurs ont été utilisés pour manipuler les barges et assurer les autres transports entre le champ offshore et les bases logistiques nigérianes d'Onne et de Port-Harcourt.

→ Des bateaux de sécurité ont assuré les escortes des barges et des remorqueurs.

→ Un bateau de transport de personnel capable d'accueillir 90 passagers et d'atteindre la vitesse de 35 nœuds a fait la navette entre la S7000 dans le champ d'Ofon et le port de Douala au Cameroun.

L'INSTALLATION

L'arrivée de la S7000 dans le champ d'Ofon, marque le début d'un ballet

de bateaux qui durera 40 jours avec principalement :

a- Des opérations de levage

La cargo barge est maintenue en place par un remorqueur à l'avant et un autre à l'arrière, à plus de 500 m de la zone d'installation et de la plateforme existante. La S7000 s'approche et se connecte à la barge.

8- Chargement du jacket OFF2 (Port-Harcourt).

9- Crochet d'une des grues de la S7000.

10- Levage du jacket OFQ.

8- Loading the OFF2 jacket (Port Harcourt).

9- Hook of one of the cranes of the S7000.

10- Lifting the OFQ jacket.

L'arrimage du colis à lever est alors coupé, et la grue de la S7000 est connectée au colis (figure 9). Après le levage (figure 10) la S7000 se déplace jusqu'au lieu d'installation et pose le colis.

Les piles et les modules s'appuient sur les guides des structures sur lesquelles elles sont déposées, ce qui garantit leur positionnement.

Le positionnement des jackets est plus délicat et toute l'expérience de l'équipage est nécessaire pour les positionner dans une tolérance de 1,5 m autour de la position cible, déterminée par rapport aux plate-formes du complexe existant.

b- Le battage

Le marteau hydraulique utilisé pour battre les piles a un poids de 171 t et une longueur de 16 m. Il peut délivrer une énergie à l'impact de 1 000 KJ (figure 11).

Chacune des 8 piles d'OFF2 a été battue à une profondeur de 135 m (figure 3). Les 4 piles d'OFQ ont été battues à une profondeur de 119 m.



11

© SAIPEM

Au total environ 100 000 coups de marteau ont été donnés.

c- Le soudage et le coupage

Les sections de piles doivent être soudées les unes aux autres après coupage de leur extrémité.

Les jackets sont finalement soudés aux piles et les modules sont soudés entre eux suivant les exigences de qualité contraignantes propres à l'offshore. L'équipe de soudage à bord de la S7000 était ainsi composée de plus de 100 personnes.

d- Quartier vie OFQ

L'installation du quartier de vie illustre les défis propres à ce type de projet, comme le management des interfaces techniques. Ainsi qu'il a été précisé plus haut, le deck du quartier vie OFQ a été découpé en 5 modules et fabriqué sur 3 sites différents en France et au Nigéria ; ceci pour diverses raisons :

- La volonté de Total et de Saipem de répondre à la demande de renforcer la part des travaux effec-

tuée dans le pays d'installation ;
- La recherche d'amélioration du délai, en profitant de plusieurs chantiers effectués en parallèle.

Pour exemple, l'Upper Module (élément le plus important du quartier vie) a été réalisé par un autre contractant sur un yard nigérian à Lagos. L'implication de Saipem consiste alors à s'assurer que l'empilage du module sur le précédent

11- Installation des piles du jacket OFQ.

12- Le complexe de Ofon.

11- OFP2 Jacket piling.

12- OFON Field Complex.

s'effectue sans problème, car les priorités et contraintes d'une fabrication et d'une installation sont divergentes. Saipem a donc vérifié et approuvé le design de la connexion entre les modules ainsi que les tolérances d'installation. La présence sur les différents chantiers des ingénieurs méthodes et ingénieurs opérations en discussion permanente avec le co-contracteur était primordiale pour éviter les obstructions dans l'environnement des connexions.



12

© SAIPEM

FINALEMENT

La S7000 et les derniers remorqueurs et barges ont quitté le champ le 12 décembre (figure 12), après une campagne d'installation très satisfaisante : pas d'accident, un jour d'avance sur le planning, pas de problème de qualité. L'un des principaux facteurs de ce succès est l'expérience de Saipem, qui a fait de ces gros projets dans des environnements difficiles l'une de ses spécialités. □

ABSTRACT

INSTALLATION OF OFFSHORE PLATFORMS IN NIGERIA ON THE OFON 2 PROJECT

LUDOVIC LAMBERDIÈRE, SAIPEM SA - VINCENT BISCHOFF, SAIPEM SA

In November and December 2013, a fleet of vessels working for Saipem was mobilised on the Ofon oil field in Nigeria to install a new offshore living-quarters platform and the foundation structures of a new platform for process units in order to increase oil production at the complex and exploit the gas that was previously burned. This forty-day installation campaign was the culmination of several years of preparation, with subcontractors and the production yards, of structures located in Nigeria, France, the Netherlands, Germany and the Congo. The installed platforms were delivered to Total, operator of the field, who will complete, connect and commission them. □

LA INSTALACIÓN DE PLATAFORMAS OFFSHORE EN NIGERIA EN EL PROYECTO OFON 2

LUDOVIC LAMBERDIÈRE, SAIPEM SA - VINCENT BISCHOFF, SAIPEM SA

En noviembre y diciembre de 2013, una flota de barcos que trabajaba para SAIPEM fue movilizada en el campo petrolero de OFON, en Nigeria, para instalar una nueva plataforma offshore de área de vivienda, así como las estructuras de cimentación de una nueva plataforma para las unidades de proceso, con objeto de aumentar la producción de petróleo del complejo y explotar el gas que anteriormente se quemaba. Esta campaña de instalación de cuarenta días marca la culminación de varios años de preparación con los subcontratistas y los astilleros de fabricación de las estructuras situados en Nigeria, Francia, Holanda, Alemania y el Congo. Las plataformas instaladas se entregaron a Total, operador del campo, que las completará, conectará y pondrá en servicio. □

UN QUAI DE FORTE CAPACITÉ À CHERBOURG

AUTEUR : QUENTIN DESJARS, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE

LE PORT DE CHERBOURG S'INSCRIT DANS LE DÉVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE DES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES AVEC LA CONSTRUCTION D'UN QUAI DE FORTE CAPACITÉ POUR CHARGER LES FUTURES ÉOLIENNES. LA SOLUTION TECHNIQUE RETENUE COMPREND DEUX RIDEAUX DE PAROIS MOULÉES. CES TRAVAUX SONT RÉALISÉS AVEC D'IMPORTANTES MOYENS, SELON UN PHASAGE COMPLEXE. BARGES, DRAGUE, GRUES ÉQUIPÉES DE BENNES MÉCANIQUES ET ENGINS DE TERRASSEMENT SONT À L'ŒUVRE POUR OFFRIR AU PORT DE COMMERCE UN QUAI DIGNE DES ÉOLIENNES GÉANTES À VENIR.



INTRODUCTION

LE CONTEXTE

PNA, Ports Normands Associés, est le propriétaire et gestionnaire des ports de Cherbourg et Caen-Ouistreham.

La région Basse-Normandie, le Conseil Général de la Manche, la Communauté Urbaine de Cherbourg ainsi que PNA, l'autorité portuaire, ont unanimement décidé de faire bénéficier Cherbourg du développement de l'industrie des énergies marines renouvelables (EMR). Les EMR sont les énergies renouvelables issues du milieu marin, qui comprennent notamment l'éolien offshore et l'hydrolien.

Ces modes de production d'électricité, sont appelés à se développer dans les années à venir, encouragés par les politiques publiques.

1- Quai des Flamands existant et digue temporaire émergente.

2- Plate-forme de forage pour le déroçtage du rocher.

3- Drague à pelle chargeant un chaland à clapet.

1- Existing Quai des Flamands and emerging temporary breakwater.

2- Drilling platform for rock excavation.

3- Shovel dredger loading a hopper dredge.

Déjà, quelques localisations de futurs champs d'éoliennes offshore ont été retenues par les autorités : Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Nazaire et Saint-Brieuc. Par ailleurs, le raz Blanchard et le raz de Barfleur, tous deux à la pointe du Cotentin, sont des zones à très forts courants, sites potentiels pour les hydroliennes. Ainsi, que ce soit pour l'éolien ou l'hydrolien, la position de Cherbourg est stratégique. Le port de commerce de Cherbourg est actuellement doté du quai des Flamands (figure 1), un quai danois de 360 m construit dans les années 1980. Ce dernier offre une portance de 5 t/m². L'industrie de l'éolien offshore réclame un quai de portance 15 t/m².

Ce chiffre est requis pour aligner les

le quai avant de les embarquer à bord d'une barge. Cette dernière installe ensuite, en mer, les mâts et les pales des éoliennes.

Le projet d'allongement du quai des Flamands répond au besoin d'avoir un quai capable de supporter 15 t/m². À proximité de ce quai, les fonds marins doivent atteindre une certaine cote.

Pour ce qui concerne la souille, la fosse creusée et draguée devant le quai doit permettre l'accostage de navires à fort tirant d'eau. Pour ce qui concerne le cercle d'évitage, une zone circulaire approfondie est nécessaire aux manœuvres des bateaux.

Par ailleurs, un terre-plein de deux hectares doit être gagné sur la mer, cette surface étant localisée entre le terre-plein existant et le tracé du quai à venir. ▷



1

© PHOTOTHÈQUE SBF



2

© PHOTOTHÈQUE SBF



3

© PHOTOTHÈQUE SBF



4

© PHOTOTHÈQUE SBF

LE PROJET

L'appel d'offres initial proposait un ouvrage de type quai danois. Au terme de différents tours de consultation, le groupement constitué de Soletanche Bachy France et Atlantique Dragage (groupe Boskalis) a remporté le projet avec une variante. Dans la solution retenue, le quai est constitué d'un double rideau de parois moulées, liaisonnées par des tirants.

Les travaux sont à réaliser selon 3 phases alternant travaux maritimes et travaux à terre. Ceci est détaillé dans le paragraphe suivant.

PHASAGE DES TRAVAUX PREMIÈRE PHASE DE DRAGAGES

Le chantier démarre avec l'intervention d'Atlantique Dragage et de moyens nautiques conséquents : deux foreuses sur plates-formes autoélévatrices (figure 2), une drague à pelle et des chalands à clapets (figure 3).

Atteindre les profondeurs demandées pour le cercle d'évitage et la souille nécessite d'éliminer une épaisseur de rocher variant de 0 à 6 m. À l'aide d'une foreuse sur plateforme, ce schiste sain est miné suivant un maillage défini par ses caractéristiques mécaniques. Après explosion, le schiste dérocté, maniable avec un godet, est chargé à bord de chalands (figure 4). Ceux-ci viennent se positionner au droit de la digue à ériger et libèrent le matériau au fond de l'eau. La succession de ces clapages conduit à l'élévation de la digue.

La digue est en forme de « L ». La grande partie mesurant 220 m est orientée nord/sud comme le quai des Flamands existant et son allongement à réaliser. La petite partie en retour de 130 m, est orientée ouest/est et appelée « retour sud ». Ainsi, la digue se raccorde sur l'existant en ses deux extrémités : d'une part sur le quai des Flamands (en son extrémité nord), d'autre part à l'extrémité est du « retour sud » au terre-plein existant qui est un talus couvert d'enrochements (figure 5).

Lorsque la digue atteint un certain niveau, les travaux sont poursuivis à la marée avec des moyens de terrassement terrestres : tombereaux et pelle. Cette phase est achevée quand une digue de 25 m de large est montée à la hauteur du quai existant. Ces travaux ont eu lieu entre février 2013 et août 2013.

PAROI MOULÉE ET TERRASSEMENTS

La digue temporaire est ensuite occupée par l'atelier de paroi moulée. Soletanche Bachy France mobilise pour l'occasion deux outillages (figure 6) : une grue équipée d'une benne mécanique et une autre grue équipée d'une benne hydraulique.

4- Chalands et plateformes de forage en rade de Cherbourg.

5- Quai existant au premier plan, digue temporaire émergente.

4- Barges and drilling platforms in the Cherbourg roadstead.

5- Existing quay in the foreground, emerging temporary breakwater.



5

© PHOTOTHÈQUE SBF

Les deux machines sont utilisées en parallèle pour l'excavation des panneaux de paroi moulée. Entre le quai principal et le « retour sud », la paroi moulée varie d'une épaisseur 1 200 mm à 22 m, à une épaisseur 1 000 mm à 18 m. Ceci représente au total 14 000 m³ de béton armé et 1 700 t d'acier. La paroi moulée constitue une enceinte étanche. Cette caractéristique est importante pour le terrassement qui suit.

Les cages d'armatures sont assemblées sur place. Elles contiennent des réservations pour l'ancrage des tirants (figure 7).

La réalisation de la paroi moulée a eu lieu d'octobre 2013 à février 2014. La butée de la paroi moulée dans le substratum rocheux est assurée par des pieux-racines. Ceci signifie que la paroi moulée est fichée dans le rocher et ancrée ultérieurement à l'aide de pieux métalliques inclus pour moitié dans la paroi et pour moitié dans le rocher.

Ainsi, un atelier de petite perforation succède à l'atelier de paroi moulée. On réalise les pieux dans des réservations laissées dans les cages.

GÉNIE CIVIL

La partie béton s'achève avec le coulage d'une poutre de couronnement au droit de la paroi moulée recépée (figure 8). Cet ouvrage linéaire de hauteur 1,20 m et de largeur 2,40 m constitue la poutre de quai définitive. Cette poutre supporte les appareils de quais (nez de quai, ancrages pour bollards ou défenses d'accostage).

À l'avant du quai, en parallèle de la réalisation de la poutre, des massifs en béton armé sont réalisés, fixés à la paroi moulée tous les 16 m.

Ils contiennent les ancrages des défenses d'accostage et transmettent les efforts d'accostage à la paroi moulée. À l'heure où cet article est écrit, le chantier est dans la phase de réalisation du génie civil.



TERRASSEMENTS, BUTONS ET TIRANTS

Une fois le génie civil achevé, une première phase de terrassement entre les parois moulées avant et arrière amène la plateforme à un niveau de 5 mètres sous le quai. On met alors en œuvre les butons métalliques entre les parois moulées.

Préalablement au terrassement, un système de pompage et de rabattement de nappe est mis en œuvre pour garantir le travail à sec entre les parois moulées. Quelques palplanches métalliques définitives sont battues constituant les rideaux arrière des parois moulées dans les angles.

Un second terrassement entre les butons amène la plateforme à un niveau de 10 m sous le quai. Les réservations dans les parois sont découvertes.

On installe alors des tirants à extrémités refoulées entre les parois. Ces barres de diamètre 100 mm ou 90 mm sont en deux ou trois parties et réglables par l'intermédiaire d'un manchon central. Les tirants sont posés tous les 1,60 m. Après serrage de ces pièces démarre le remblaiement avec compacteur.

Par niveaux successifs, on remet en place les matériaux enlevés en phase de terrassement. À la cote des butons, les butons provisoires sont remplacés par des tirants définitifs.

Cette phase s'achève lorsque la plateforme est remblayée 1 m sous le niveau du terre-plein final ; la seconde phase de dragage peut démarrer.

DRAGAGE DE SECONDE PHASE

L'entreprise de dragage fait son retour pour terrasser l'avant du quai et combler le bassin entre la digue en « L » et le terre-plein existant. Une combinaison de moyens nautiques et de moyens terrestres est utilisée.

Lors de la livraison du projet, la plateforme (hors génie civil) est 50 cm plus bas que le niveau d'exploitation pour la mise en place des réseaux par PNA avant pose de la couche de forme.

PROPOS RECUEILLIS PAR STÉPHANE MONLEAU AUPRÈS DE JEAN-MICHEL SEVIN, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE PORTS NORMANDS ASSOCIÉS



Les énergies marines renouvelables (EMR) constituent un enjeu majeur pour le développement industriel français, mais également une excellente illustration de l'engagement du pays dans la voie du développement durable.

Grâce à sa position au cœur du marché des futures fermes éoliennes et hydroliennes françaises et britanniques, le port de Cherbourg présente tous les avantages pour accueillir les activités industrielles et logistiques de la filière. Ainsi, PNA

s'est très tôt investi pour comprendre les besoins des industriels et énergéticiens et pour garantir à temps les infrastructures indispensables à l'accueil des projets industriels.

« Positionner le port de Cherbourg comme 1^{er} espace portuaire français pour les EMR constitue le projet stratégique de Ports Normands Associés. » souligne Jean-Michel Sévin, Directeur Général de PNA, propriétaire du port. Doté d'atouts portuaires indéniables comme son accessibilité sans contrainte, ses disponibilités foncières et ses terrains très peu compressibles pouvant supporter des charges lourdes propres à la filière EMR, Cherbourg a su convaincre les industriels et énergéticiens de l'éolien et de l'hydrolien de venir s'implanter sur le port. « C'est un projet passionnant que nous menons en collaboration avec les industriels, mais également une opportunité rare pour le territoire bas-normand » précise Jean-Michel Sévin.

Un travail qui se concrétise aujourd'hui au travers de 2 projets majeurs s'inscrivant sur une durée de 4 années, et pour lesquels 100 M€ sont investis :

- Les travaux d'allongement du quai des Flamands, désormais bien engagés,
- Puis, l'extension des terre-pleins de 39 hectares en grande rade.

En respectant le calendrier de son programme d'aménagement, en dotant le port de Cherbourg d'un quai sur mesure et en portant le foncier dédié aux EMR à près de 100 hectares, PNA se positionne aujourd'hui comme candidat aux nouvelles implantations industrielles et logistiques des secteurs de l'éolien et de l'hydrolien. « Notre objectif est de proposer une offre adaptée aux industriels et énergéticiens de la filière, en augmentant nos capacités face à un marché en développement. », conclut Jean-Michel Sévin.



ÉQUIPEMENT DU QUAÏ

Après cette dernière phase de dragage, les appareils de quai sont installés : échelles, bollards, défenses d'accostage.

PROBLÈMES RENCONTRÉS

Dans cette partie, quelques problèmes spécifiques de ce chantier vont être présentés.

MOUVEMENTS DE TERRES

En première phase de travaux, l'entreprise de dragage est en charge d'ériger une digue temporaire.

Les matériaux composant la digue sont issus des dragages et des déroctages. La paroi moulée devra ensuite être réalisable au sein de cette digue.

Le groupement s'adapte de manière très pratique à la géologie rencontrée. Par exemple, les sédiments vaseux ne peuvent être utilisés en l'état.

Les caractéristiques mécaniques de ce matériau le rendent impropre à une utilisation en remblai.

La paroi moulée ne peut pas non plus être réalisée dans le schiste dérocté pur. En effet, ce dernier est un matériau ouvert dans lequel la boue de forage ne tient pas, comme l'atteste un essai réalisé en avril 2013.

Un matériau plus fermé, sableux, est utilisé.

Ainsi, de manière linéaire le long de la paroi moulée, une tranchée dans le matériau rocheux est constituée et comblée de sable (figure 9).

Ce procédé permet d'assurer que, sur la plus grande partie de sa hauteur, la paroi moulée est perforée dans un matériau sableux sans fuite de boue. L'une des contraintes du projet est qu'il faut être conservatif vis-à-vis des mouvements de terres.

Le volume total de terres déplacées V correspond au volume de terrain à mettre en œuvre pour remplir le terre-plein de 2 ha gagné sur la mer jusqu'au nouveau quai en paroi moulée. ▷



6



8



9



7

© PHOTOHEQUE SBF

Ce volume est déterminé par la bathymétrie avant les travaux et les propriétés des matériaux de remblais avec, en paramètre d'ajustement, la cote du cercle d'évitage.

Avec le critère conservatif des mouvements de terre, ce même volume V correspond également au volume maximal de la digue temporaire érigée. Ainsi la digue a une taille maximale définie, non par les besoins de la paroi moulée, mais par le volume V calculé.

De manière concrète, ceci signifie que la digue temporaire mise à disposition pour les travaux de paroi moulée a une largeur de 25 m sur l'axe de l'allongement du quai des Flamands et une largeur de 10 m sur l'axe du « retour

sud ». Cette emprise de 25 m permet la réalisation de la paroi avant et de la paroi arrière sur le quai principal. En revanche, sur le « retour sud », la digue doit être élargie. Ainsi des phases de terrassements et remblaiements intermédiaires sont-elles rendues nécessaires.

Sur le quai principal on démarre par la paroi avant, qui fait face à la mer. Dès que la paroi moulée est achevée sur un linéaire suffisant ce mur constitue un rideau d'étanchéité. Derrière, la plateforme de travail est abaissée et les matériaux déplacés pour élargir la digue sud (figure 10). Le phasage des opérations est serré ; la plateforme du « retour sud » doit être prête à temps

6- Outillages de paroi moulée : benne mécanique et benne hydraulique.

7- Équipement d'une cage de paroi moulée.

8- Ferrailage de la poutre de quai.

9- Tranchée de sable pour la paroi moulée.

6- Diaphragm wall tools: mechanical grab and hydraulic grab.

7- Equipment for a diaphragm wall reinforcing cage.

8- Reinforcement of the quay beam.

9- Sand trench for the diaphragm wall.

pour que l'atelier de paroi moulée qui avance sur le quai principal ne soit pas immobilisé.

INTERFACES ENTRE LES INTERVENANTS

Les successions d'intervenants différents créent autant d'interfaces qui sont des points sensibles du projet.

Au paragraphe précédent, il a été expliqué pourquoi la digue réalisée par Atlantique Dragage devait être composée de sable au droit de la paroi moulée réalisée par Soletanche Bachy.

Un autre point concerne l'ancrage de la paroi moulée qui doit être réalisé dans le rocher sain. Par ailleurs, juste devant la paroi moulée du quai se trouve la souille, zone en eau la plus profonde du projet en phase exploitation. Le minage du rocher a nécessairement lieu avant la réalisation de la paroi moulée pour permettre le dragage après l'achèvement de la paroi moulée. La cote du rocher sain étant dépendante du minage, les profondeurs et maillages des tirs se doivent d'être affinés le long



© PHOTOTHÈQUE SBF
10



© PHOTOTHÈQUE SBF
11

de la paroi moulée. Une autre interface importante concerne les entreprises en charge des terrassements terrestres, du génie civil, de la pose des butons et de la pose des tirants. Les interventions sont liées : terrassement avant et après les poses de butons, terras-

sement avant les poses de tirants, et remblaiement après la pose des tirants. Tout retard d'un intervenant impacte directement l'autre.

CONCLUSION

Le projet de l'Allongement du Quai des Flamands est un projet d'avenir pour le Port de Cherbourg et le territoire bas-normand. Fort d'une localisation géographique stratégique, le port a choisi de se donner un second avantage pour profiter du développement des énergies marines renouvelables : un quai de portance 15 t/m². Ce projet ambitieux voit se succéder différentes phases de travaux avec d'importants moyens techniques déployés (figure 11).

Les travaux sont en cours. Bientôt les mâts des éoliennes viendront s'aligner sur le nouveau quai du Port de Cherbourg. □

10- Mouvements de terres, digue terrassée à l'arrière.

11- Benne mécanique.

10- Earth movements, terraced embankment at the rear.

11- Mechanical grab.

PRINCIPALES QUANTITÉS

QUAI :

- **Allongement du Quai des Flamands** : 220 m de quai avec une souille de 22 m de profondeur.
- **Retour sud** : 100 m de quai avec une souille de 18 m de profondeur.

DRAGAGE : 200 000 m³ pour réaliser un terre-plein de 2 ha.

PAROI MOULÉE : 14 000 m³ de béton.

24 MOIS DE TRAVAUX

INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Ports Normands Associés

MAÎTRE D'ŒUVRE : Ports Normands Associés

ASSISTANT MAÎTRE D'OUVRAGE : Artelia

COORDINATEUR SÉCURITÉ ET PROTECTION DE LA SANTÉ : Bureau Veritas

ENTREPRISE : groupement de Soletanche Bachy France (mandataire) et Atlantique Dragage (groupe Boskalis)

ABSTRACT

A LARGE-CAPACITY QUAY IN CHERBOURG

QUENTIN DESJARS, SOLETANCHE BACHY

Ports Normands Associés, the port authority owning the ports of Caen-Ouistreham and Cherbourg, has decided to equip the commercial port of Cherbourg with a quay of bearing capacity 15 tonnes/sq.m. This structure will be used for loading offshore wind turbines. The contract was won by the consortium consisting of Soletanche Bachy and Atlantique Dragage (Boskalis Group). The works require substantial facilities provided by various contractors. Through rock excavation by dredging, a temporary breakwater was erected in which two diaphragm wall curtains were executed. After connecting these curtains with tie anchors and backfilling, a final dredging phase uncovered the diaphragm wall quay. This project is intended for handling wind turbine masts. □

UN MUELLE DE GRAN CAPACIDAD EN CHERBURGO

QUENTIN DESJARS, SOLETANCHE BACHY

Ports Normands Associés, autoridad portuaria propietaria de los puertos de Caen-Ouistreham y Cherburgo, ha decidido equipar el puerto comercial de Cherburgo con un muelle de una capacidad de carga de 15 t/m². Esta obra se utilizará para las cargas de aerogeneradores offshore. El consorcio formado por Soletanche Bachy y Atlantique Dragage ha obtenido el contrato. Las obras requieren medios importantes que proceden de diferentes participantes. La excavación en roca, cuyos productos son dragados, permite levantar un dique temporal en el que se realizan dos pantallas de pared moldeada. Después de la unión de estas pantallas con tirantes y relleno, una última fase de dragado descubre el muelle de pared moldeada. Este proyecto está destinado a la manutención de mástiles de aerogeneradores. □

GORGON AUSTRALIE : UNE JETÉE GNL DANS UN PARC NATUREL AUSTRALIEN

AUTEURS : OLIVIER GUINET, DIRECTEUR DE PROJET, SAIPEM SA - DAVID FRONTINI, CONSTRUCTION MANAGER, SAIPEM SA

LE TERMINAL GNL (GAZ NATUREL LIQUÉFIÉ) ET SA JETÉE, SITUÉS SUR BARROW ISLAND À 70 KM AU LARGE DE LA CÔTE OUEST DE L'AUSTRALIE, CONSTITUE LE PLUS IMPORTANT PROJET D'EXPLOITATION DE RESSOURCES NATURELLES EN AUSTRALIE ET AUSSI L'UN DES PLUS COMPLEXES EN RAISON, NOTAMMENT, DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES. LE PROJET GORGON, OPÉRÉ PAR LA FILIALE AUSTRALIENNE DU GROUPE CHEVRON, EST MENÉ EN PARTENARIAT PAR CHEVRON AUSTRALIE (47,3%), EXXONMOBIL (25%) SHELL (25%), OSAKA GAS (1,25%), TOKYO GAS (1%) ET CHUBU ELECTRIC POWER (0,417%). SAIPEM, ASSOCIÉE EN CONSORTIUM AVEC LEIGHTON (AUSTRALIE), A SIGNÉ AVEC CHEVRON AUSTRALIA ET KELLOGG JV LE 11 NOVEMBRE 2009 LE CONTRAT CLÉ EN MAIN DE RÉALISATION DE LA JETÉE DE CHARGEMENT DE GNL DE GORGON.

© SAIPEM

1



LE CONTEXTE

CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Barrow Island, deuxième île d'Australie par sa superficie (23 600 ha) est éloignée du continent et des principaux centres urbains et d'approvisionnements (2h de la ville de Perth par avion et 4h de Dampier par bateau).

Autre spécificité, l'île se situe dans une région impactée par les cyclones pendant une période de 6 mois allant de novembre à avril, ayant enregistré notamment en 1996 le record terrestre de vents établi à 408 km/h.

Lors de l'année 2013, le projet a enregistré le passage de 5 événements cycloniques de moyenne intensité.

CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Cette île est enregistrée, par les autorités australiennes, comme Réserve naturelle « Classe A » dans laquelle évoluent 24 espèces endémiques. Elle est reconnue comme zone protégée



© SAIPEM

- 1- Barge d'installation des structures.
- 2- La jetée de Barrow Island.

- 1- Structure installation barge.
- 2- The Barrow Island jetty.

pour la reproduction des tortues marines.

Afin de préserver la biodiversité, le gouvernement d'Australie Occidentale a développé des mesures très conservatoires de quarantaine, de protection et de gestion de l'environnement, en particulier lors des activités de travaux maritimes. Pour satisfaire à ces règles strictes, les équipements, matériaux,

navires, pontons sont soumis à des inspections et traitement sanitaires systématiques avant leur importation ou arrivée sur l'île.

Une réglementation similaire est appliquée aux personnes et à leurs biens.

CONTEXTE LOGISTIQUE

Une autre contrainte est la limitation de l'espace disponible « réservé » au terminal et à sa jetée (1,3% de la surface de l'île) ainsi que le nombre limité de personnes pouvant travailler sur l'île.

LE CONCEPT TECHNIQUE

Pour satisfaire ces différentes conditions et spécifications, Saipem a proposé un choix technique mixte associant une base béton, des supports métalliques et des structures modulaires, préfabriqués en dehors de Barrow Island sur des sites de production délocalisés en Asie ou aux environs de Perth. ▷



La conception du projet tient compte en particulier, des conditions cycloniques exceptionnelles avec des vents de plus de 300 km/h, des conditions de houle jusqu'à 10 m et des contraintes environnementales limitant, entre autres, l'utilisation de techniques de forage et de battage.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

La jetée du projet Gorgon mesure 2100 m de long (figure 2). Elle est positionnée dans la continuité d'une digue de 2000 m. À son extrémité, une plateforme de contrôle des opérations et deux plateformes de chargement de GNL et condensats permettent l'accostage de 2 navires de 125000 à 215000 m³, assurant ainsi l'exportation de 15 millions de tonnes de GNL et 300 térajoules équivalents de gaz domestique par an.

Ces plateformes sont équipées de bras de chargement et sont reliées par 18 passerelles à 17 dauphins d'amarrage munis de crocs largables. Un système de positionnement des navires et d'aide à la navigation ainsi que 2 tours d'accès y sont également installés.



3- Carte des unités de fabrication.

4a- Chargement des structures support de travées en Indonésie.

4b- Structures supports de travées.

4c- Travées routières chargées sur cargo barge.

5- Travées routières sur le yard PTH en Indonésie.

3- Map of manufacturing units.

4a- Loading the span support structures in Indonesia.

4b- Span support structures.

4c- Road spans loaded on cargo barge.

5- Road spans in the PTH Yard in Indonesia.



4a



4b



4c



5



© SAIPEM 6



7



© SAIPEM 8a



8b

Associé à la jetée, le projet comprend également :

- La construction d'un quai de déchargement de 170 m, constitué de caissons circulaires de 12,5 m de diamètre permettant l'approvisionnement du terminal pendant et après les travaux de construction ;
- La fabrication et l'installation des pieux délimitant le chenal d'accès pour les navires ;
- Les pontons flottants pour l'amarage des remorqueurs lors de la phase d'exploitation.

PRINCIPE DE CONSTRUCTION

La jetée est constituée de 54 caissons en béton circulaires, dont le diamètre varie entre 20,5 m et 26 m pour une hauteur comprise entre 6 et 8 m, et 2 caissons rectangulaires de 23 m par 28 m. Ces caissons sont complètement immergés une fois installés.

Des structures métalliques sur pieux sont scellées dans les caissons, dans les réservations prévues à cet effet. Sur ces structures métalliques formant

6- Chargement d'une lyre de tuyauteries sur le yard KHL en Malaisie.

7- Jacket des plateformes de chargement sur le yard Saipem en Indonésie.

8a & 8b- Structure des plateformes de chargement sur le yard Saipem en Indonésie.

6- Loading a piping loop in the KHL Yard in Malaysia.

7- Jacket of loading platforms in the Saipem Yard in Indonesia.

8a & 8b- Structure of loading platforms in the Saipem Yard in Indonesia.

support reposent à la fois des travées pour les réseaux de tuyauteries de GNL, condensats, système incendie, diesel, etc. et des travées pour les circulations routière et piétonne.

Cette jetée a requis environ 350 000 heures de travail toutes disciplines confondues allant de l'ingénierie aux achats en passant par les méthodes, les études navales, le suivi des sous-traitants, etc., réalisées principalement chez Saipem à Paris, le reste dans ses bureaux en province (Lorient, Brest, Pau, Lyon) et aussi à Lima au Pérou.

PRÉFABRICATION

La préfabrication s'est répartie géographiquement entre l'Indonésie, la Malaisie et la région de Perth en Australie, sur 4 unités principales de production (figure 3).

PT Hanjung à Sumatra (Indonésie)

- a produit un total de 19 000 t de structures métalliques et 5 400 m³ de béton :
- Les structures métalliques supportant les travées, assemblées à l'envers pour des raisons de sécurité

et de productivité, qui ont ensuite été transportées par barges jusqu'à Perth (Australie) ;

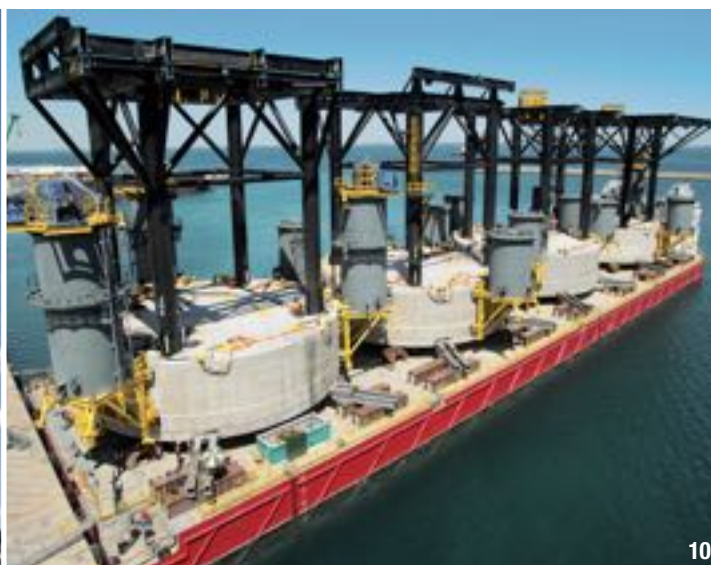
- Les travées routières et piétonnes (figure 9) ;
- Les 1 310 dalles béton, intégrées dans les travées routières.

Kencana (Malaisie) a produit 14 000 t de structures métalliques :

- L'assemblage des travées et l'installation des conduites ainsi que la fabrication de ces modules ont fait appel à un nombre d'activités très variées telles que soudure acier, soudure inox, galvanisation, peinture, isolation des lignes cryogéniques GNL, etc., respectant les critères de qualité en accord avec les standards requis par l'industrie GNL et les spécifications des normes australiennes (figure 10).

Saipem Karimun (Indonésie) a produit 4 600 t de structures métalliques :

- Les plateformes de chargement, les pieux délimitant les chenaux d'accès et les pontons flottants pour les remorqueurs (figures 6 & 7). ▷



AMC à Perth (Australie) :

- Fabrication des caissons béton (56 unités, 50 700 m³) ;
- Opérations de retournement des structures supportant les travées à l'aide d'un portique (500 t) et leur scellement dans les caissons ;
- Mise en place des accès temporaires et colonnes de ballastage des caissons pour opérations d'immersion.

Au total, 33 voyages transocéaniques depuis l'Asie ont été nécessaires pour acheminer les modules ou structures prêtes à installer et 17 voyages depuis Perth par barge semi-submersible pour les caissons béton (figure 11).

L'adaptation des méthodes de travail sur les unités de fabrication, en respectant les exigences de la quarantaine, a donc permis d'éviter la propagation de végétaux et d'organismes terrestres et marins allochtones, considérés comme nocifs pour l'environnement particulier de Barrow Island.

Ainsi, par exemple, des procédures particulières de ballastage des pontons ont été développées afin d'éviter toute contamination des eaux environnantes de Barrow Island avec des eaux provenant d'autres écosystèmes.

MISE EN PLACE DES CAISSONS

La mise en place des caissons respecte 5 étapes successives :

Le nettoyage : Préalablement à l'installation des caissons, le fond marin est nettoyé de ses sédiments pour assurer un appui homogène.

L'assise : Pour chaque caisson, une assise en ballast est préparée à l'aide d'un niveleur hydraulique sous-marin. Cet équipement est contrôlé depuis une barge en surface et inspecté par des plongeurs. Le nivellement a été atteint avec une précision inférieure à +/- 50 mm.

L'immersion : À leur arrivée à Barrow Island les barges semi-submersibles sont ballastées suivant une séquence

9- Retournement des structures supportées sur le yard AMC à Perth.

10- Chargement des caissons sur navire semi-submersible sur le yard AMC à Perth.

11- Caissons sur barge semi-submersible à Barrow Island.

9- Overturning span support structures in the AMC Yard in Perth.

10- Loading caissons on semi-submersible vessel in the AMC Yard in Perth.

11- Caissons on semi-submersible vessel at Barrow Island.

prédéfinie pour la mise en flottaison des caissons (figure 11). La structure compartimentée des caissons en béton et un ballastage préliminaire à l'eau de mer permettent d'assurer leur stabilité et leur flottabilité durant leur remorquage jusqu'à leur emplacement final. Des treuils permettent à l'opérateur de contrôler la position du caisson pendant la phase d'immersion en s'aidant des informations données par les GPS et ainsi d'installer le caisson avec une précision de +/- 20 cm. En parallèle, l'immersion est contrôlée depuis une barge avec une table de commande indiquant pour chaque cellule du caisson les volumes d'eau pompés en temps réel. Les colonnes de stabilité assurent l'équilibre et le contrôle des transferts d'eau jusqu'à l'immersion complète du caisson à des profondeurs variant entre -5,00 et -16,00 m (figures 12 & 13). Au plus fort de l'activité de mise en place, ce sont jusqu'à 9 caissons qui ont été installés sur une période de 30 jours.



12



13



14



15

La protection : pour éviter les phénomènes d'affouillement, des enrochements jusqu'à 6 t sont mis en place au pied des caissons à l'aide d'une pelle hydraulique à grappin (figure 15).

Le ballastage : Le caisson est ensuite rempli de minerai de fer (magnétite), d'une densité intrinsèque de 4 t/m^3 , à l'aide d'un convoyeur positionné sur une barge. Ce matériau a été sélectionné pour réduire les volumes à mettre en place dans les cellules du caisson et permettre d'atteindre des cadences maximales de 1700 t par poste (figure 14). Tous les matériaux tels que ballast, minerai de fer ou enrochements sont chargés depuis le port de Dampier et transportés par barges jusqu'à Barrow Island après des contrôles de quarantaine rigoureux.

INSTALLATION DES SUPERSTRUCTURES

La jetée, située à 15 m au dessus du niveau de la mer, est configurée

12- Installation des caissons.

13- Immersion des caissons.

14- Installation des enrochements.

15- Ballastage des caissons.

12- Installing the caissons.

13- Immersion of caissons.

14- Installing riprap.

15- Caisson ballasting.

en 2 lignes parallèles comprenant, pour l'une, 35 travées routières et, pour l'autre, 50 modules contenant les conduites pour liquides et gaz (figure 19).

Des lyres de dilatation pour absorber les différentiels thermiques des conduites GNL et des zones de croisement sont disposées le long de la jetée tous les 230 m (figure 17).

Une fois les caissons mis en place et ballastés, le niveau final des structures supports est ajusté afin d'assurer un niveau horizontal fini à $\pm 5 \text{ mm}$.

Ces structures sont alors prêtes à recevoir les travées. Ces dernières d'une longueur de 70 m en moyenne sont mises en place à l'aide d'une barge équipée d'une grue de 1100 t (figure 16).

À ce jour 78 des 137 levages lourds incluant plateformes opérationnelles, de chargement, dauphins d'amarrage et passerelles d'accès ont été effectués. Le plus imposant a été celui de la pre-

mière travée reliant la jetée à la digue : 90 m de long pour un poids de 542 t. Les opérations de levage et leur préparation sont assurées par 150 personnes vivant à bord du navire assurant la continuité 24h/24, 7j/7.

Une fois les travées installées, les opérations de soudure et de boulonnage des conduites (15 par travée) peuvent être effectuées. Plus de 1100 joints sont nécessaires pour raccorder l'ensemble du réseau de tuyauterie de la jetée.

De la même façon, la continuité de l'accès routier est assurée par des dalles de transition et la mise en place de 2000 m^3 de béton sur les plateformes de chargement.

Toutes les activités, marines et terrestres, sont réalisées en continuité 7j/7, de jour comme de nuit. De ce fait, en raison d'une forte concentration de tortues marines sur Barrow Island, des règles très strictes sur les éclairages ont été imposées par le client Chevron et par le gouvernement australien. ▽



En effet les bébés tortues utilisent la lumière des étoiles et de la lune pour rejoindre la mer. Pour éviter de les désorienter, tous les éclairages sur les lieux d'opérations ont dû répondre à des critères spécifiques de longueur d'onde et d'intensité.

LES MOYENS MARITIMES ET LES HOMMES

Lors de la phase d'activité maximale, le projet a mobilisé jusqu'à 83 navires et pontons incluant 17 remorqueurs assurant la logistique locale et inter-

nationale, mais également la démobilitation des barges en cas d'alerte cyclonique. Pendant la même période près de 4000 personnes ont travaillé sur les différents sites de fabrication et de construction en Europe, en Asie et en Australie, dont 800 personnes sur Barrow Island.

Les équipes opérant sur Barrow Island travaillent en mode FIFO (Fly In/Fly Out) comme la grande majorité des personnes employées sur des projets miniers, pétroliers ou gaziers en Australie.

16a & 16b- Jetée.
17- Lyre de dilatation de tuyauteries.
18- Installation d'une travée routière.

16a & 16b- Jetty.
17- Piping expansion loop.
18- Installing a road span.

Tous les collaborateurs sont transférés en avion depuis Perth (logistique assurée par Chevron) et logés sur des barges-hôtels ou sur la barge principale de levage.

Le partenariat avec une entreprise australienne a permis de mieux appréhender les problématiques spécifiques à ce pays comme la gestion des syndicats, le recrutement de personnel spécialisé et la mobilisation d'équipements maritimes conformes aux conditions et règlements propres à l'Australie.



19

© SAIPEM

QUALITÉ, SÉCURITÉ ET L'ENGAGEMENT POUR UN PROJET ZÉRO ACCIDENT

Afin de répondre aux exigences et objectifs du Projet Gorgon, Saipem et Leighton ont mis en place des programmes d'encadrement, formation, prévention et contrôle dans le domaine de la Qualité et plus particulièrement de la Sécurité.

CONCLUSION

Par sa complexité et le choix technique proposé respectant un environnement protégé, par le nombre et la diversité des moyens maritimes utilisés, par la multiplicité des activités de construction

19- La flotte
de navires en
tête de jetée.

19- The fleet
of vessels
at the head
of the jetty.

et des sites de production, la jetée du projet Gorgon est unique. Elle a nécessité l'expertise de nombreuses équipes chez Saipem en études, méthodes, fabrication et construction. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

37 600 t de structures métalliques
57 100 m³ de béton
35 000 m de conduites et tuyauteries
261 000 t de matériaux

PRINCIPAUX INTERVENANTS

CLIENT : Chevron Australia

ENTREPRISES : Consortium Saipem sa / Saipem Portugal Comercio Maritimo and Leighton Contractors Pty Ltd (Australie)

ABSTRACT

GORGON AUSTRALIA: AN LNG JETTY IN AN AUSTRALIAN NATURAL PARK

SAIPEM SA : OLIVIER GUINET - DAVID FRONTINI

The Gorgon Project Jetty, located on Barrow Island 70 km from the coast of Western Australia and forming part of the Gorgon LNG Terminal, has been entrusted by Chevron to the Saipem SA/SPCM/Leighton consortium. The 2,100-metre jetty employs a unique and complex design based on 56 concrete caissons supporting 37,600 tonnes of pipe racks and roadways manufactured in yards located in Indonesia, Malaysia and Australia. □

PROYECTO GORGON AUSTRALIA MUELLE DE CARGA DE GAS NATURAL LICUADO

SAIPEM SA : OLIVIER GUINET - DAVID FRONTINI

El proyecto Gorgon Jetty, ubicado en la isla Barrow a 70 km de la costa de Australia Occidental y parte de la terminal GNL de Gorgon, fue confiado por Chevron al consorcio de empresas Saipem SA/SPCM/Leighton. El muelle con una longitud de 2.100 m es único y cuenta con un diseño complejo basado en 56 cajones de hormigón que soportan 37.600 toneladas de tubería y pavimento fabricados en astilleros ubicados en Indonesia, Malasia y Australia. □



1
© BALINEAU

OPTIMISATION DES TECHNIQUES DE FORAGE EN TRAVAUX MARITIMES

AUTEUR : HERVÉ DUPLAINE, PRÉSIDENT, BALINEAU

CERTAINES TECHNIQUES DE FORAGE EN ROCHE DURE, ROTATION EN CIRCULATION INVERSE ET CLUSTER DRILL, ONT GRANDEMENT PROGRESSÉ AU COURS DES DERNIÈRES ANNÉES. UN TOUR D'HORIZON DE CES AMÉLIORATIONS EST DRESSÉ AU TRAVERS DE DEUX CHANTIERS RÉCENTS : LE QUAI MULTI-USAGERS DU PORT DE SEPT ÎLES AU QUÉBEC POUR LA PREMIÈRE TECHNIQUE ET LE QUAI PÉTROLIER DU PORT DE DEGRAD DES CANNES EN GUYANE POUR LA SECONDE.

La maîtrise du forage de petit diamètre destiné aux travaux de micropieux, d'injection, de tirants d'ancrage ou de reconnaissance de sol permet, depuis longtemps, de traverser aisément tout type de formation y compris un substratum rocheux très résistant. Pour les pieux et ducs d'Albe, les

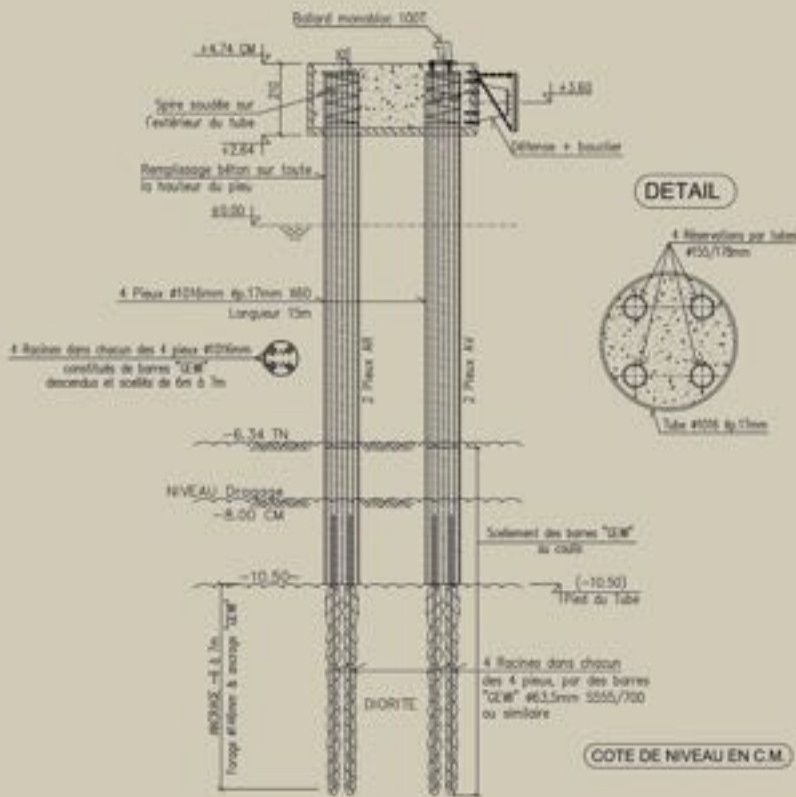
diamètres sont généralement compris entre 1 et 3 mètres. Jusqu'à un passé récent les techniques étaient relativement limitées en nombre et en puissance : forage en rotation, carottage, trépan, pré-minage. Cela a souvent contraint les concepteurs d'ouvrages maritimes à utiliser des ouvrages poids en béton posés sur

1- Quai multi-usagers de Port de Sept-îles, structure en attente de pose de la dalle supérieure.

1- Multi-users quay at Port de Sept-îles, Structure pending placing of the top slab.

le rocher et ancrés au moyen de micropieux ou encore d'utiliser des pieux forés à l'aide d'une technique traditionnelle jusqu'au rocher et de les prolonger par des micropieux formant des racines comme on peut le voir sur la figure 2. Cette solution présente l'inconvénient de faire intervenir plusieurs types de machines

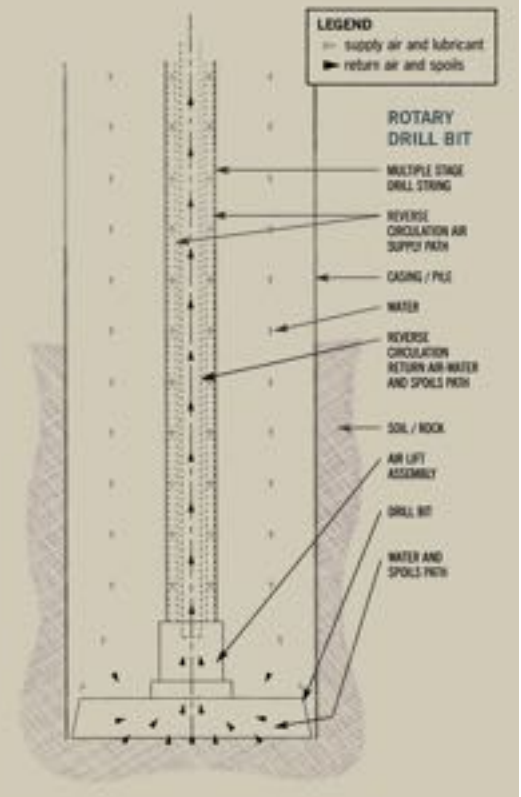
EXEMPLE DE SOLUTION pour ancrer un pieu dans un rocher résistant



2

© BALINEAU

PRINCIPE de la circulation inverse



3

© BIRMINGHAM

de forage différentes et de multiplier le nombre de phases, allongeant ainsi les délais d'exécution, tout en présentant des modes de transfert de charges parfois discutables.

Au cours des cinq dernières années les techniques de forage de roche en gros diamètre ont évolué très rapidement en termes de puissance de forage, permettant ainsi aux concepteurs de ne plus être limités par les difficultés de forage.

Ces techniques de forage se divisent en deux grandes familles : le forage en rotation en circulation inverse et les techniques dérivées du marteau fond de trou.

Le forage en rotation en circulation inverse existe depuis longtemps, au travers d'ateliers très lourds qui sont fixés au sommet d'un tubage provisoire. Les inconvénients majeurs étaient la lenteur de la méthode due aux manipulations du train de tiges (éléments courts et lourds) et à la nécessité de mettre en œuvre une longueur suffisante de tubage de tête pour reprendre un couple et un appui sur l'outil élevés.

Cette technique permet de forer des roches dont la résistance à la com-

2- Exemple de solution pour ancrer un pieu dans un rocher résistant.

3- Principe de la circulation inverse.

2- Example of a solution for anchoring a pile in a hard rock.

3- Counter-flush drilling principle.

pression simple se situe idéalement en dessous de 135 MPa. Au-delà, la productivité diminue rapidement avec la résistance et la limite économique est de l'ordre de 200 MPa. Exceptionnellement, on trouve des exemples jusqu'à 300 MPa. La méthode consiste à forer à l'aide d'un outil composé de molettes en appliquant un couple de rotation et

une force d'appui sur l'outil de forage adéquats.

Le fluide de forage est envoyé par l'espace annulaire du forage et les sédiments sont renvoyés à la surface par l'intérieur du train de tiges comme indiqué sur la figure 3.

Les techniques de forage basées sur l'utilisation d'un ou plusieurs marteaux fond-de-trou permettent de reculer les limites de résistance à des valeurs allant jusqu'à plus de 500 MPa, tout en permettant, pour certaines techniques, de forer avec un diamètre légèrement supérieur au diamètre extérieur du tube métallique, permettant ainsi un chemisage simultané du forage.

Il est intéressant de noter que la résistance a peu d'influence sur la vitesse d'avancement de ces outils : l'augmentation de résistance va surtout entraîner une usure plus importante de ceux-ci.

Jusqu'à un diamètre de 1 200 mm on peut envisager de travailler avec un taillant unique pleine face. Au-delà, l'utilisation d'un cluster comprenant plusieurs marteaux de petite taille (6 à 8 pouces) est indispensable. Les marteaux sont implan-

tés dans le cluster de manière à ce qu'ils couvrent l'intégralité de la surface de forage lors de la rotation de ce dernier (figure 8). Les marteaux n'ont pas besoin d'être entraînés en rotation de manière individuelle. À titre d'exemple un cluster drill de 1 220 mm comporte 9 marteaux.

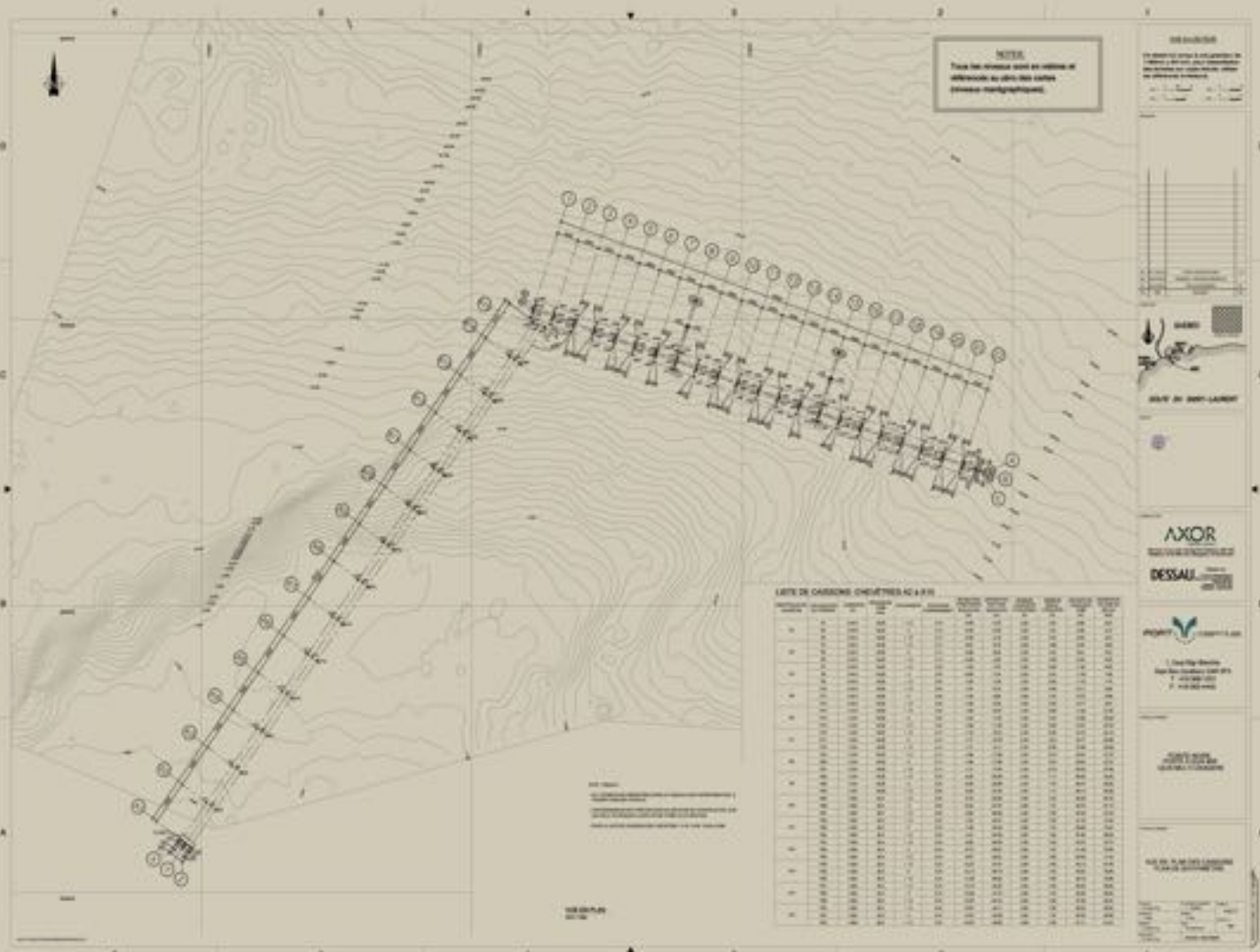
Au-delà de 1 600 mm de diamètre, un trou pilote suivi d'un alésage au diamètre souhaité (3 mètres maximum) est généralement nécessaire pour rester dans des débits raisonnables d'air comprimé.

Ces techniques sont en effet très consommatrices en énergie du fait de l'importante demande en air comprimé (100 m³/min en 1 200 mm de diamètre par exemple) mais permettent de forer des terrains que l'on ne pouvait pas forer à des cadences économiques avec des techniques plus traditionnelles.

Au final, la consommation totale reste constante : ce que l'on consommait en quelques jours est consommé en quelques heures.

Nous allons maintenant exposer les détails d'un chantier caractéristique récent pour chacune de ces techniques.

PLAN MASSE DU QUAI MULTI-USAGERS



4

© BALINEAU

EXEMPLE DE CHANTIER DE FORAGE EN CIRCULATION INVERSE : PORT DE SEPT-ÎLES AU QUÉBEC

Le port de Sept-îles est situé à Pointe Noire sur la rive gauche de l'estuaire du Saint-Laurent dans la province de Québec. Début 2012 l'autorité portuaire a lancé un appel d'offres pour la construction d'un nouveau quai multi-usagers, ouvrage sur pieux constitué d'une approche de 420 m de long et d'un quai de 450 m de long offrant deux postes à quai pour un budget total de 220 millions de dollars canadiens. La vocation première de cet ouvrage est la manutention de minerai de fer avec une capacité de 50 000 tonnes par an. Le marché a été attribué début septembre 2012 à l'entreprise canadienne Pomerleau qui a sous-traité la mise en place des pieux métalliques

à un groupement Pomerleau-Birmingham. Balineau a apporté une assistance technique à Birmingham sur cette opération.

L'ouvrage est un appontement et doit supporter les efforts d'accostage et d'amarrage des navires aboutissant à une conception basée sur des pieux de grand diamètre dont certains doivent être inclinés. L'approche permet d'atteindre une zone dont la bathymétrie garantit le tirant d'eau des navires prévus pour le quai. Un total de 130 pieux métalliques forme l'ouvrage avec la décomposition suivante :

→ Approche

24 pieux en tubes métalliques de diamètre extérieur 1219 mm épaisseur 19,5 mm d'une longueur de 13 à 33 m
18 pieux en tubes métalliques de diamètre extérieur 1524 mm épaisseur 25,4 mm d'une longueur de 36 à 54 m

4- Plan masse du quai multi-usagers.

4- Layout plan of the multi-user quay.

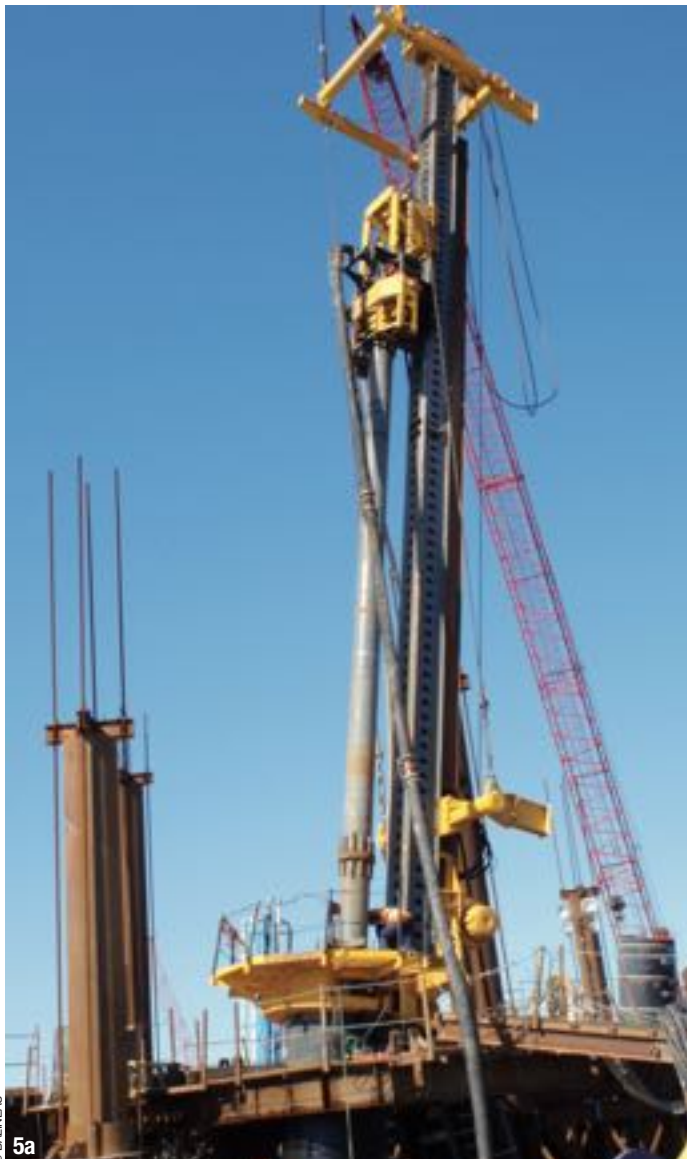
→ Quai

88 pieux en tubes métalliques de diamètre extérieur 1829 mm épaisseur 25,4 mm d'une longueur de 48 à 60 mètres dont certains inclinés à 1:6. On trouvera sur la figure 4 un plan masse du chantier où sont dessinés l'approche et le quai principal. L'installation des pieux de diamètre 1829 mm a débuté la dernière semaine de février 2013 pour se terminer début novembre 2013.

Dans un premier temps, les tubes métalliques ont été mis en place par vibration au moyen d'un vibreur HPSI 1600 (moment d'excentricité 184 mkg) jusqu'au toit rocheux à l'aide de guides métalliques sur pieux provisoires. Ces guides permettant de positionner l'intégralité des pieux d'une même file.

Les tubes ont ensuite été forés jusqu'au rocher au moyen de bennes bi-câbles Leffer LKG1-180, pour des questions de rapidité d'exécution et pour concentrer le temps de forage des appareils lourds sur les terrains qui les nécessitent.

La principale amélioration apportée par rapport aux méthodes classiques consiste à avoir la tête de forage qui n'est plus fixe par rapport à la tête de pieu mais mobile sur une glissière. Cette pratique, dénommée « single pass » permet de réaliser l'intégralité



5a

de la longueur du forage sans aucune manœuvre de train de tige. La suppression de ces manœuvres liées au montage et démontage du train de tige génère un gain de temps considérable. La méthode single pass peut être mise en œuvre au moyen d'un mât adapté sur une grue mobile ou d'un mât pendulaire qui vient se fixer en tête de pieu. Un autre avantage réside dans la réduction des risques d'accidents, non négligeable.

Sur le chantier de Sept-Îles, une foreuse composée d'un mât Birmingham L27 et d'une tête de rotation Birmingham BHD 80 (couple 11 tm, poussée 50 t) et un train de tige de 500 mm de diamètre est fixée sur le pieu. L'ancrage de 3 m dans le rocher est réalisé par forage en circulation inverse. Un plan du système de solidarisation du mât au tube est montré en figures 5a et 5b. Ce type de mât facilite le positionnement de l'appareil de forage sur le pieu à forer dans un environnement

mobile aurait imposé l'utilisation d'une plate-forme autoélevatrice. Il permet par ailleurs de libérer la grue du ponton pour réaliser d'autres tâches pendant le temps de forage.

Les sédiments de forage et l'eau de circulation étaient pompés dans une barge. Cette méthode présente l'inconvénient de stocker de grands volumes de mélange eau/sédiments. La granulométrie des sédiments, constitués de sable grossier, permet une séparation facile de l'eau et des sédiments à l'aide d'unités classiques de traitement par criblage et cyclonage, réduisant ainsi les capacités de stockage nécessaires. C'est certainement une des prochaines évolutions attendues dans ce domaine. L'étude de sol fournie au marché indiquait que la roche à forer devait avoir une résistance à la compression simple de 100 MPa au maximum. Les outils de forage ont donc été conçus pour travailler jusqu'à une résistance de 135 MPa. Les premiers forages se sont révélés catastrophiques en terme de vitesse de pénétration : de l'ordre de 15 cm par heure au lieu des 50 cm par heure prévus et l'usure des molettes a été telle qu'un outil ne finissait pas un pieu.

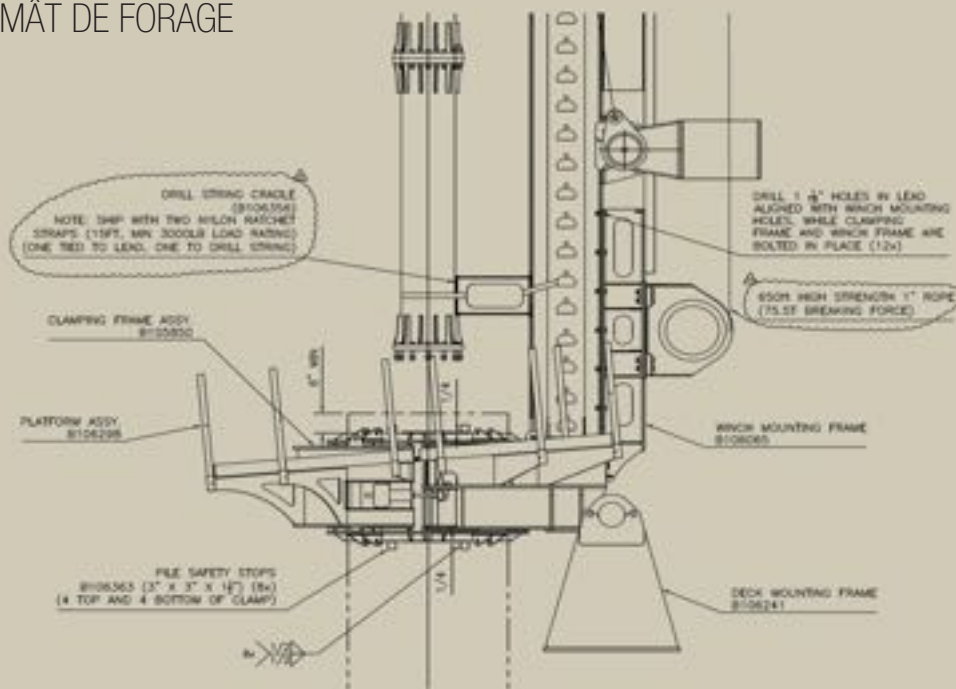
Une campagne de reconnaissance complémentaire a été réalisée en urgence. Les échantillons prélevés dans les nouveaux sondages ont montré que la résistance de la roche était en fait plus proche, comme l'indique la figure 6, de 150 MPa en moyenne que des 90 annoncés.

De nouveaux outils, que l'on peut voir sur la figure 7, ont ainsi été fabriqués pour s'adapter à cette augmentation imprévue de résistance. La pratique de cette technique implique la parfaite maîtrise de la conception des outils de forage. En effet, ces outils ne sont pas disponibles en rayon mais sont conçus et réalisés par les entreprises spécialisées dans cette technique de forage. Ces nouveaux outils ont permis d'atteindre les cadences prévues à l'origine et de terminer l'ouvrage tel que l'on peut le voir sur la figure 1. Ce sont par contre trois ateliers de forage qui auront finalement été mis en œuvre pour rattraper le retard au démarrage.

5a & 5b- Mât de forage.

5a & 5b- Drilling mast.

MÂT DE FORAGE



5b

EXEMPLE DE CHANTIER DE FORAGE AU CLUSTER DRILL : LE QUAI PÉTROLIER DU PORT DE DÉGRAD DES CANNES

Trois des quais de ce port ont été réhabilités au cours des quatre dernières années avec des pieux forés à l'aide de cluster-drills : les quais N°1 et 2 ainsi que le quai pétrolier.

Avant ces trois derniers chantiers les pieux étaient battus au refus et prolongés par des micropieux racines du fait de la résistance élevée du substratum rocheux.

L'expérience acquise sur le chantier du quai N°1 a permis d'éviter toute phase de mise au point de la méthode qui a ainsi été reproduite intégralement. Les incertitudes sur ce genre d'opération portent généralement sur le débit et la pression d'air nécessaires au bon fonctionnement du cluster drill. Il vaut mieux viser toujours au-dessus des recommandations du constructeur pour pallier des pertes de charge qu'il est difficile d'estimer a priori. La géologie de la zone est caractérisée par un substratum de roches éruptives et cristallines de type diorite à gros grains noirs et blancs avec des filons (dykes) de dolérite, roche éruptive micro-cristalline de couleur noire. De façon générale, le substratum rocheux du site est très fracturé en sa partie et altéré sous différentes formes allant de la roche faiblement altérée à l'arène granitique constituée de sables argileux hétérogènes. Dès que l'on atteint la roche saine, les valeurs de résistance à la compression simple montent à environ 180 MPa. Les sédiments marins, qui recouvrent le substratum sur quelques dizaines de centimètres sont constitués d'argile bleue et de sables plus ou moins argileux.



→ Une gaine perdue métallique en diamètre 1 400 mm est vibrofoncée au refus, puis curée au trépan émulseur jusqu'à la roche saine.

→ Le forage dans la roche (diorite et dolérite) est ensuite réalisé à l'aide d'un cluster drill de diamètre 1 220 mm regroupant 9 marteaux fond de trou 6" équipés de taillants 8" (figures 8 et 9). Une cloche à sédiments est positionnée au-dessus du cluster pour permettre la récupération des cuttings (figure 10). La roche est réduite à l'état de sable grossier.

L'outil est monté sur une foreuse de type Casagrande B125 qui entraîne

la rotation du cluster par l'intermédiaire d'un train de tige alimenté en air comprimé. Le nombre de marteaux et la charge d'eau nécessitent un volume d'air important de l'ordre de 120 000 l/mn. L'ancrage de 3 à 4 m est réalisé en moyenne dans la journée, le temps de forage pur étant de 3 à 4 heures. Là encore la technique du « single pass » est utilisée pour supprimer les manœuvres de tige et réduire ainsi le temps de forage.

→ Le tube définitif est alors positionné dans le forage, puis scellé avec du béton sur la hauteur de l'ancrage augmentée d'un mètre. Dans une deuxième phase, l'espace annulaire entre la gaine perdue et le tube du duc-d'Albe est rempli au coulis jusqu'au niveau du terrain naturel. La gaine perdue est ensuite recépée.

6- Résistance à la compression simple de la roche.

7- Outil de forage circulation inverse.

6- Simple compressive strength of the rock.

7- Reverse circulation drilling tool.

CONCLUSION

Les techniques de forage en terrain dur font l'objet d'une évolution permanente : forage en single pass aussi bien pour la rotation en circulation inverse que pour le cluster-drill, utilisation du principe de la circulation inverse sur les cluster-drills (permettant de ne plus avoir à remonter l'outil pour vider la cloche à sédiments et de limiter les chocs sur les taillants à chaque manœuvre), utilisation de marteaux dont l'alimentation se coupe, notamment en cas de frappe à vide.





© ROCODRILL
8



10

© BALINEAU



© BALINEAU
9

8- Face du cluster drill.

9- Cluster-drill en diamètre 1 220 mm.

10- Ouverture de la cloche à sédiments.

8- Front surface of the cluster drill.

9- Cluster drill of diameter 1 220 mm.

10- Opening the sediment bell.

Les techniques de forage au marteau fond de trou avec tubage simultané progressent également avec une augmentation des diamètres proposés.

La limite de 1 000 mm de diamètre a été maintenant repoussée à 1 600 mm et, sous la pression du monde des énergies marines renouvelables, nous pouvons nous attendre à de nouveaux progrès en termes de diamètre maximum.

Ces avancées techniques permettent aux concepteurs d'agrandir la palette des choix possibles pour leurs ouvrages. □

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

QUAI MULTI-USAGERS DE SEPT-ÎLES

MAÎTRE D'OUVRAGE : Port de Sept-Îles

ENTREPRISE GÉNÉRALE : Pomerleau

PIEUX : groupement Pomerleau-Birmingham

PORT DE DÉGRAD DES CANNES

MAÎTRE D'OUVRAGE : Grand Port Maritime de Guyane

MAÎTRE D'ŒUVRE : Egis

ENTREPRISE GÉNÉRALE : groupement Balineau-Etpo

ABSTRACT

OPTIMISATION OF DRILLING TECHNIQUES IN MARITIME WORKS

HERVÉ DUPLAINE, BALINEAU

In the past five years, large-diameter drilling techniques (1 to 3 m) in hard ground have made great progress. Reverse circulation rotary drilling and techniques based on the use of one or more down-the-hole drills with or without simultaneous tubing make it possible to drill hard rocks of simple compressive strength ranging from 100 to 500 MPa. Two recent port projects carried out with these techniques are described, together with recent and ongoing developments. This progress means that the designers of maritime structures are no longer limited in their choice of foundations. □

OPTIMIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PERFORACIÓN EN TRABAJOS MARÍTIMOS

HERVÉ DUPLAINE, BALINEAU

Durante los cinco últimos años, las técnicas de perforación de gran diámetro (de 1 a 3 m) en terreno duro han progresado considerablemente. Las perforaciones en rotación con circulación inversa y las técnicas basadas en la utilización de una o varias perforadoras neumáticas de percusión con entubado simultáneo o no, permiten perforar rocas duras cuya resistencia a la compresión simple está comprendida entre 100 y 500 MPa. Se presentan dos obras portuarias realizadas recientemente con estas técnicas, así como las evoluciones más novedosas y las que se están poniendo a punto. Gracias a estos progresos, los proyectistas de obras marítimas ya no estarán limitados en la elección de cimentaciones. □



PORT CAMARGUE : PROJET ECODREDGE-MED. UN CONCEPT INÉDIT DE DRAGAGE ET DE VALORISATION DES SÉDIMENTS

AUTEURS : CAROLINE JUANOLE, INGÉNIEUR ETUDES, EMCC - MICHEL CAVAILLÈS, DIRECTEUR DE PORT CAMARGUE -
NADÈGE ARTIGUE, CHARGÉE DE COMMUNICATION, EMCC

LE PORT DE PLAISANCE DE PORT CAMARGUE, CRÉÉ EN 1969, S'EST ENGAGÉ DEPUIS LES ANNÉES 2000, DANS UNE DÉMARCHE ENVIRONNEMENTALE QUI A ABOUTI, EN 2010, AU LANCEMENT DU PROJET DE R&D ECODREDGE-MED PORTANT SUR LE DRAGAGE. SÉLECTIONNÉ DANS LE CADRE D'UN APPEL À PROJET NATIONAL DE R&D, LE PROJET ECODREDGE-MED A PERMIS DE LANCER, EN JANVIER 2014, UN PREMIER CHANTIER EXPÉRIMENTAL DE DRAGAGE DE PORT CAMARGUE. LA MÉTHODE DE DRAGAGE EST INNOVANTE MAIS SURTOUT LES MATÉRIAUX EXTRAITS SONT POTENTIELLEMENT RÉEMPLOYÉS LOCALEMENT. CE PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE EST TRANSPOSABLE À D'AUTRES PORTS DE MÉDITERRANÉE.

GENÈSE DU PROJET ECODREDGE-MED

Le projet ECODREDGE-MED s'articule autour de trois grandes étapes. Dans un premier temps, la mise au point des différents process, avec la caractérisation des matériaux et le montage administratif. Aux termes de cette phase, le chantier expérimental peut démarrer afin de valider les choix techniques pour le dragage et la valorisation des matériaux extraits. La dernière étape

consiste à suivre le comportement des ouvrages dans lesquels les matériaux seront réutilisés et à évaluer les impacts environnementaux, économiques et sociaux de ce projet.

PRINCIPES ET INNOVATIONS DU PROJET

Dès le lancement du projet ECODREDGE-MED, le consortium devait répondre à trois impératifs, interdisant notamment tout rejet en mer des

matériaux dragués et limitant le stockage provisoire à terre de matériaux pollués par des éléments toxiques. Le troisième point à respecter consistait à valoriser les matériaux extraits non pollués sur un site basé à proximité du port. Pour ce faire, l'étroite collaboration des partenaires du consortium ainsi que la complémentarité de leurs compétences ont permis de lancer un chantier expérimental reposant notamment sur deux principes novateurs :

→ Le projet rassemble sur un même train de barges une drague aspiratrice, des unités de calibrage des sédiments, des unités de stockage des matériaux calibrés et un ponton diffuseur. Cette organisation exclusivement nautique permet non seulement de ne pas fractionner l'opération sur plusieurs sites (dragage/stockage/traitement), mais également de ne pas consommer d'espace littoral urbanisé ou protégé pour stocker les sédiments extraits. L'avan-



1

© BRICE RÉMY

tage de cette solution exclusivement nautique permet également, en fonction du site de valorisation, d'effectuer une partie du transport des matériaux par barge, et ainsi d'éviter les nuisances habituelles des transports routiers (bruit, dégradations des chaussées, émission de gaz à effet de serre...) (figure 2).

→ La valorisation des matériaux suit les règles suivantes : enlèvement et réutilisation des matériaux valorisables à l'échelle locale, dépôt sur les fonds du port des matériaux les moins contaminés et évacuation vers un centre de traitement agréé des matériaux les plus pollués.

1- Vue aérienne de Port Camargue.

2- Méthodologie de dragage et de traitement des sédiments issus des chenaux.

1- Aerial view of Port Camargue.

2- Dredging and treatment methodology for sediments from the channels.

DÉROULEMENT DU CHANTIER PILOTE

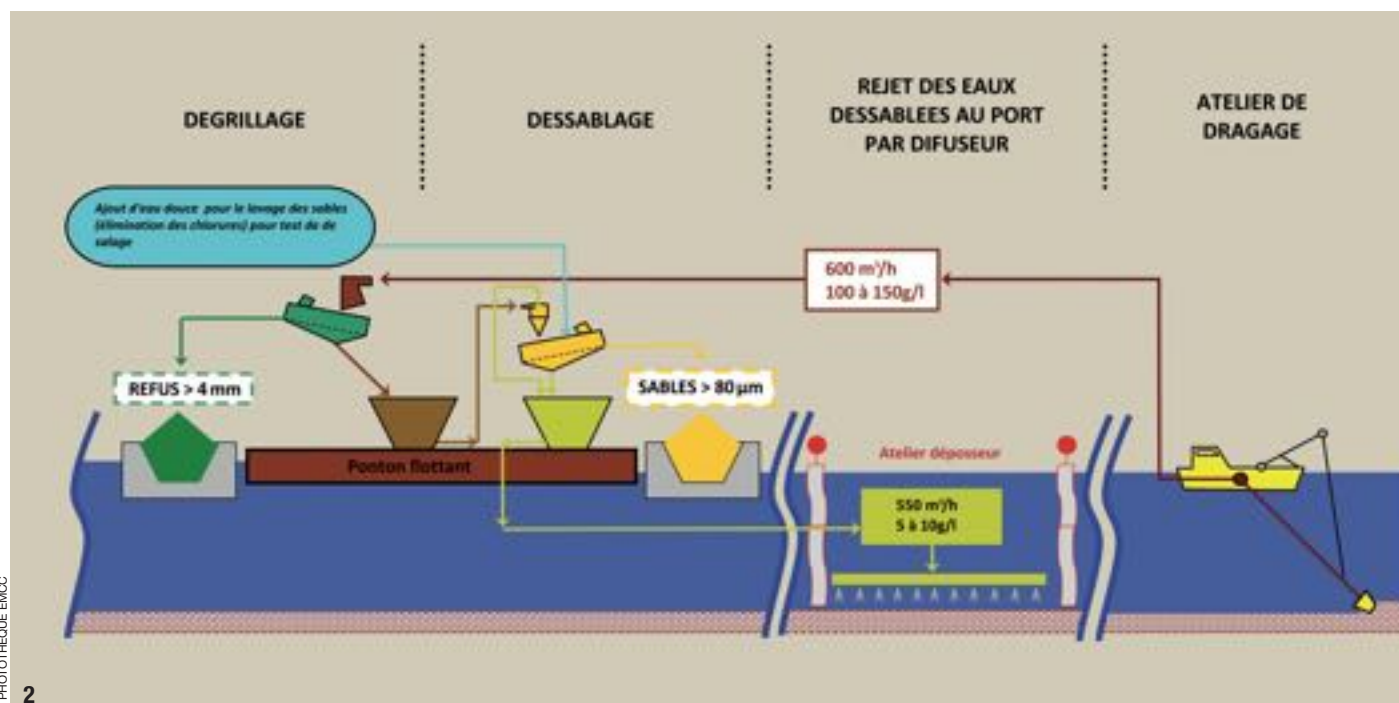
L'objectif de Port Camargue est de retrouver, après plus de quarante années d'exploitation, une profondeur moyenne de 3,5 m dans les quatre principaux chenaux de navigation qui desservent le port et les zones techniques, soit une surface de dragage de 10,4 ha.

LES TRAVAUX PRÉLIMINAIRES

Préalablement au démarrage du projet, et conformément aux arrêtés en vigueur, des séries de carottages ont

été réalisées sur les zones à draguer, afin d'apprécier les qualités physico-chimiques des sédiments à extraire. En fonction des résultats d'analyses sur les différents échantillons prélevés, différentes conclusions quant à la nature et la classification des matériaux ont été dressées.

→ Les éléments fins ou vasards, inférieurs à 80 microns, se situant au droit des zones techniques, sont fortement contaminés par des polluants métalliques (cuivre, TBT, plomb, zinc), dont la présence est directement liée aux travaux d'entretien des bateaux.



© PHOTO THÉQUE EMOC

2

La contamination est ici supérieure au niveau N2, suivant les niveaux de référence définis dans les arrêtés du 09/08/2006 et du 23/12/2009.

→ Les éléments fins ou vasards, inférieurs à 80 microns, présents dans les chenaux du port contiennent du cuivre et, sur deux points spécifiques, du TBT (trybutylétain). La contamination est ici comprise entre les niveaux N1 et N2.

→ Les éléments plus grossiers ou sableux supérieurs à 80 microns sont exempts de toute contamination supérieure au seuil N1. La présence non significative de polluants est directement liée à la taille des particules de sédiments qui ne permet pas la fixation des contaminants tels que les métaux lourds et les micropolluants organiques. Les conclusions émises ci-dessus, ainsi que l'exploitation des bathymétries du port, permettent de valoriser les quantités à draguer suivant leur degré de contamination :

- Volume de matériaux à draguer : 40 000 m³ ;
- Volume de matériaux supérieurs à 80 microns valorisables : 28 000 m³ ;
- Volume de matériaux inférieurs à 80 microns redéposés sur le fond du port : 10 000 m³ ;
- Volume de matériaux inférieurs à 80 microns contaminés et évacués vers un centre de traitement : 2 000 m³.

CHANTIER PILOTE DE DRAGAGE ET DE TRAITEMENT DES SÉDIMENTS ISSUS DES CHENAUX

La méthode d'extraction retenue concernant le dragage des sédiments non pollués ou faiblement contaminés est le dragage hydraulique. Ce principe est basé sur la dilution des sédiments avec l'eau permettant au mélange ainsi créé d'être pompé et refoulé via des conduites. Ces travaux s'effectuent à l'aide d'une drague aspiratrice stationnaire (figure 3). L'extraction hydraulique utilise un dispositif de cutter qui crée une agitation des particules et leur mise en suspension. En cas de présence de produits bruts, le cutter, placé au bout d'un bras articulé nommé « élinde », permettra la désagrégation de ces matériaux (figure 4).

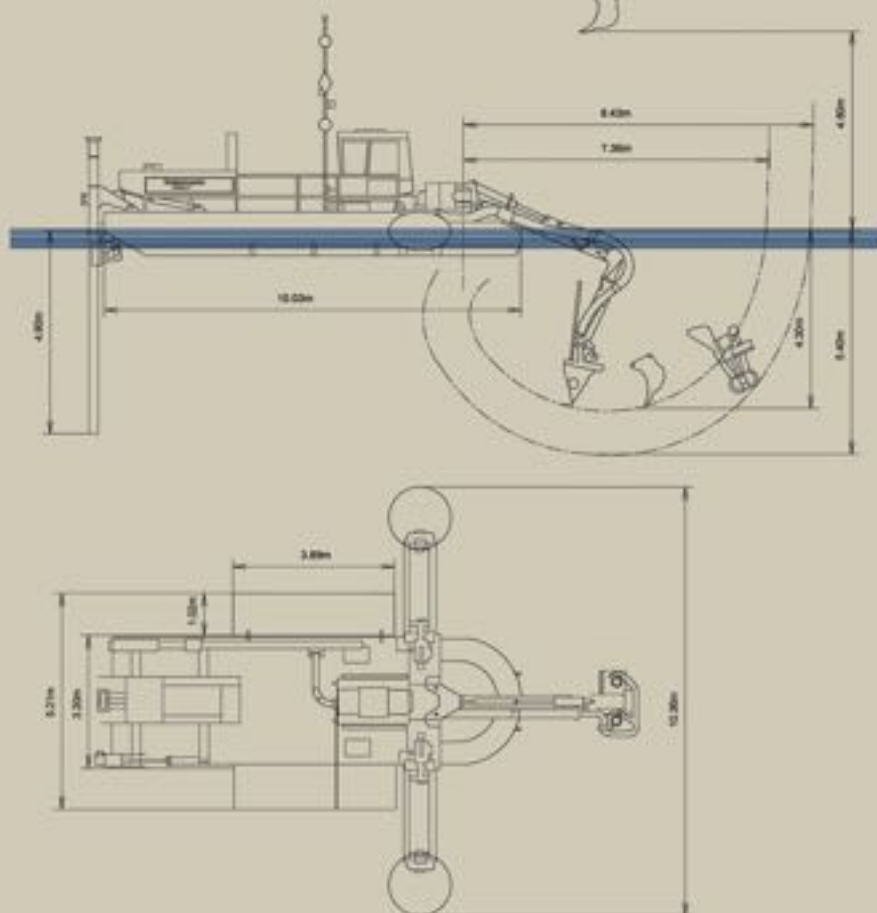
Le matériel de prétraitement/dégrillage/dessablage (figure 5) nécessaire à la récupération de matériaux valorisables est installé à bord d'un ponton flottant (figure 6). Cette configuration de chantier, avec un prétraitement sur ponton des matériaux dragués, permet de suivre en permanence le poste de dra-



3

© PHOTO THÉQUE EMCC

DRAGUE ASPIRATRICE STATIONNAIRE



4

© PHOTO THÉQUE EMCC

gage dans son avancement. Elle permet également de s'affranchir d'une installation à terre des équipements dans le but de limiter les éventuelles nuisances.

La méthodologie de dragage des 38 000 m³ est la suivante :

- Mise en place de la drague sur la zone à traiter ;
- Mise en place du ponton de traitement et d'un chaland à couple (figure 7) dans le chenal principal ;
- Connexion des conduites de refou-

3 & 4- Drague aspiratrice stationnaire utilisée pour le dragage des sédiments pas ou peu contaminés.

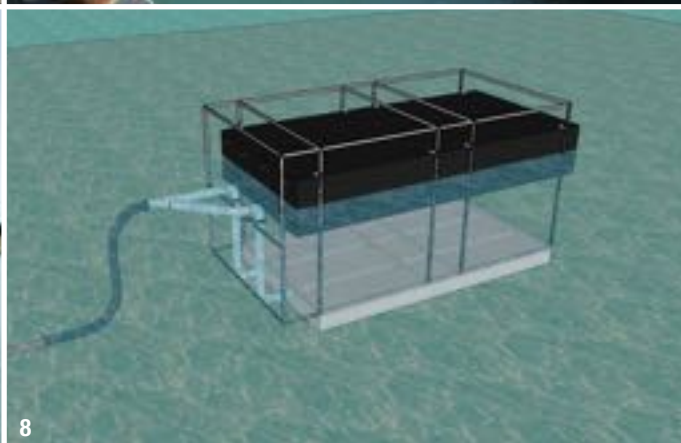
3 & 4- Stationary suction dredger used for dredging sediments that are not or not greatly contaminated.

lement drague/ponton de traitement ;

- Mise en place du ponton déposeur (figure 8) sur zone de dépôt ;
- Connexion des conduites de refoulement entre les 2 pontons.

Dès que cet atelier est opérationnel pour le démarrage des opérations de dragage, les interventions simultanées des différents postes sont les suivantes :

- Extraction des matériaux à l'aide du cutter de la drague, pompage



© PHOTOTHÈQUE EMCC

© PHOTOTHÈQUE EMCC

- et refoulement vers le ponton de traitement ;
- Dégrillage et dessablage des matériaux provenant de la drague par l'unité de traitement installée sur le ponton ;
- Gerbage des sables dans le chaland à couple à l'aide de la sauterelle embarquée ;
- Refoulement des eaux chargées en parties fines (inférieures à 80 microns) vers le ponton déposeur.

La première opération de traitement consiste à cribler les matériaux dragués afin d'éliminer la part de macro déchets ou refus (bois, plastiques, pierres...) qui devront être gérés comme des déchets industriels banals (DIB). Cette opération de dégrillage est opérée par le groupe de prétraitement (GP) assimilable à un crible vibrant. Le diamètre de passage des grilles du GP sera réglé sur 4 mm. La seconde opération permet de récupérer la fraction valorisable des matériaux dragués à savoir le sable. Le dessablage est également réalisé sur le groupe de prétraitement au moyen du module composé de deux hydrocyclones. Basée sur la force centrifuge, cette séparation aura pour effet de plaquer les éléments denses (sables) sur les

- 5- Unité de traitement mobile installée sur le ponton lors de la seconde phase de travaux.**
- 6- Ponton sur lequel sera installé le matériel de prétraitement, dégrillage et dessablage.**
- 7- Chaland à couple permettant de stocker les matériaux extraits.**

8- Schéma de principe du ponton déposeur.

- 5- Mobile treatment unit installed on the pontoon during the second work phase.**
- 6- Pontoon on which the preliminary treatment, screening and desanding equipment will be installed.**
- 7- Coupled barge capable of storing extracted materials.**
- 8- Block diagram of the treatment pontoon.**

parois coniques des hydrocyclones. Les sables tombent en continu dans des chalands au moyen de bandes transporteuses. Ces bandes transporteuses à déversement permettent de s'affranchir d'une pelle mécanique de chargement, dans un souci d'optimisation des coûts. En fin de parcours, les sables présentent une granulométrie comprise entre 4 mm et 80 µm et sont ensuite évacués du site de traitement par chaland.

CHANTIER PILOTE DE DRAGAGE ET DE TRAITEMENT DES SÉDIMENTS ISSUS DES ZONES TECHNIQUES 1 ET 2

Ce chantier pilote utilise une technique plus classique, mais tout aussi technique, de traitement des sédiments. Avec seulement 2 000 m³ dragués, la part de matériaux fortement pollués reste en effet très limitée et permet donc l'installation de matériel et de zones de stockage à terre, sur une faible surface, sans incidence sur la préservation du littoral. Le dragage de deux surfaces fortement polluées, situées en zones techniques 1 et 2, s'effectue à l'aide d'une drague aspiratrice de plus faible rendement (figure 9). Le choix de cette machine se justifie par la faible quan-

tité de matériaux à extraire (2 000 m³), de la distance réduite entre les points de dragage et de rejet et du type de traitement et de stockage de ces matériaux, considérés comme très pollués. Pour cette zone, la technique de déshydratation des sédiments par sacs géotextiles, couplée à un dégrillage et dessablage des sédiments dragués, est retenue (figure 10). La première étape consiste à créer un bassin de ressuyage équipé d'une membrane étanche, dans lequel les sacs géotextiles sont placés. Ces derniers présentent une longueur de 55 m pour 9 m de largeur et pour une capacité de rétention de 700 m³ par sac. Afin d'assurer une bonne circulation des eaux de ressuyage à l'intérieur du bassin, un vide de 50 cm est maintenu de part et d'autre de chaque sac géotextile. Deux pompes sont réparties sur le linéaire du bassin afin de renvoyer les eaux de ressuyage vers les décanteurs techniques avant rejet au port. En amont de ce dispositif de stockage des matériaux, une unité de dégrillage et dessablage est implantée. Elle permet l'optimisation des quantités de matériaux fortement contaminés à évacuer en centre de traitement et une valorisation des sables supérieurs à 80 microns non pollués. ▷

La déshydratation des sédiments et leur conditionnement en sacs géotextiles sont obligatoirement couplés à la technique de floculation en ligne des matériaux.

Le floculant ainsi obtenu, mis en contact avec le mélange "eau + boues", va engendrer une agglomération des particules de boues entre elles. Cet agglomérat de particules, appelé floc, possède une masse suffisante pour pouvoir décanter. La séparation entre la phase liquide représentée par l'eau et la phase solide représentée par les boues se fait alors quasi instantanément. Les floculants concentrent des polluants éventuellement présents dans les particules draguées et permettent une épuration de l'eau contenant des particules en suspension, sur lesquelles des polluants sont fixés. Le floculant se désagrège dans l'eau au bout d'une courte période et reste sans effet pour l'écosystème aquatique.

Chaque sac possède plusieurs cheminées de remplissage. Ces points de remplissage permettent de remplir les sacs de façon homogène. Les sédiments, après floculation, sont retenus dans les sacs géotextiles de par leur diamètre. Les eaux clarifiées, épurées de matières en suspension, s'écoulent librement des sacs et sont renvoyées vers les décanteurs techniques du port. La concentration en matières en suspension des autres sorties dans le bassin de ressuyage est contrôlée en permanence par l'intermédiaire d'une sonde de turbidité.

Une phase de ressuyage des sédiments s'opère ensuite. La porosité des sacs permet un drainage des eaux et donc une déshydratation importante.

Une pompe de vidange du fond de bassin est laissée en place au cours de la déshydratation afin d'optimiser le ressuyage. Une fois le ressuyage des sédiments effectué, les sacs peuvent être éventrés à la pelle mécanique.

Les matériaux sont repris puis chargés dans des camions d'évacuation afin d'être orientés vers les filières d'élimination.

DEVENIR DES MATÉRIAUX MATÉRIAUX NON POLLUÉS

La valorisation des 28 000 m³ de matériaux sableux, supérieurs à 80 microns, est réalisée suivant deux scénarios : → 1 000 m³ de sable seront réutilisés pour :

- effectuer un test qui consistera à créer une plateforme de 70 m² sur la digue Nord de Port Camargue, réalisée à partir de béton de sable



9
© PHOTOTHÈQUE EMCC

composé en partie de sable issu du traitement,

- réaliser la réfection de 600 m de voies piétonnes et cyclables, grâce au moyen d'un matériau stabilisé composé à 70 % de sable issu du traitement.

→ 27 000 m³ de sable sont également prévus pour la renaturalisation de l'ancien hôpital du Grau du Roi, zone située à environ 8 km du point d'extraction.

9- Dredge aspiratrice de plus faible rendement.

9- Smaller-capacity suction dredger.

Ce projet vise à rétablir l'altimétrie naturelle du terrain et à créer un cordon dunaire en bordure de plage.

Les matériaux calibrés et stockés dans des chalands sont transférés vers un poste d'accostage où ils sont repris au moyen d'une pelle et transportés par camions.

MATÉRIAUX FAIBLEMENT CONTAMINÉS

Cette part de matériaux représente un volume de l'ordre de 10 000 m³. La fraction vaseuse (fines inférieures à 80 microns) issue du dragage est déposée sur le fond du port, dans des zones préalablement draguées et définies en amont. Cette opération est réalisée au moyen d'un ponton déposeur, auquel est suspendu un tube doté d'ouvertures spécifiques (dimensionnées en fonction du débit de refoulement et de la concentration en matières solides de l'eau de rejet). Ce dispositif, équipé d'une enveloppe géotextile avec jupes latérales, favorise le nivellement des fines sur le fond et évite leur remise en suspension. L'atelier flottant est déplacé au fur et à mesure de l'avancement des travaux de dragage.

MATÉRIAUX POLLUÉS

Le dragage des zones techniques 1 et 2 représente un volume de matériaux de l'ordre de 2 000 m³. La part des matériaux inférieurs à 80 microns et fortement pollués est collectée par filtration, séchée, puis évacuée vers un centre de traitement agréé.

SUIVI SCIENTIFIQUE

Le suivi scientifique fait partie intégrante du projet ECODREDGE-MED. Il est assuré par les partenaires du projet et passe entre autres par l'étude :

- De la caractérisation des états avant, pendant et après dragage (redistribution de la pollution, impact sur l'eau et les organismes aquatiques) ;
- De l'origine des contaminants ;
- Des équipements, process de dragage et conditionnement des matériaux dragués ;
- De la filière d'utilisation des matériaux dragués et conditionnés en terrassement et béton ;
- De la conception des ouvrages ;
- Du suivi structurel des ouvrages, de la qualité des bétons et du suivi environnemental.

Au terme du projet, une compilation des résultats obtenus et une synthèse détaillant les différents travaux sera établie et diffusée.

LE PROJET ECODREDGE-MED EN QUELQUES MOTS

ECODREDGE-MED est un projet collaboratif initié par la Régie Autonome qui gère le port de plaisance de Port Camargue. Il bénéficie de l'appui d'entreprises qualifiées (Razel-Bec, BRL - Ingénierie, Sols Méditerranée) et de laboratoires de recherche de l'école des mines d'Alès et de l'université de Montpellier II (Hydro sciences et IRD-ECOSYM). Toutes ces entités sont implantées en Languedoc-Roussillon. L'entreprise EMCC, leader français des travaux de dragage, appartenant au Groupe Vinci, vient compléter le consortium.

Le projet porte sur le développement d'une nouvelle « éco-technologie » de l'eau, spécifiquement adaptée à la problématique du dragage in situ des sédiments de ports, avec valorisation en ligne des matériaux conditionnés. Son principal objectif est de limiter au maximum l'incidence des dragages sur l'environnement avec un coût de travaux maîtrisé.

Le projet ECODREDGE-MED a été retenu dans le cadre de l'appel à projet national de R & D des pôles de compétitivité. À ce titre, il a le soutien technique du pôle de Compétitivité Eau et le soutien financier du FUI - Fond Unique Interministériel.

Le coût global du projet s'élève à 4 112 000 €, dont 2 500 000 € (part Régie Autonome de Port Camargue) pour la réalisation d'un chantier expérimental sur le Port Camargue, portant sur le dragage de 40 000 m³ de sédiments, y compris l'élimination des déchets les plus pollués.

Les aides financières s'élèvent 1 880 000 €, elles sont accordées par le FUI, le FEDER, OSEO et la Région Languedoc-Roussillon.



CONCLUSION : UNE VÉRITABLE AVANCÉE TECHNOLOGIQUE POUR L'ENSEMBLE DES PORTS

Le projet ECODREDGE-MED visait à mettre au point une technique de dragage des sédiments des ports, avec valorisation en ligne des matériaux conditionnés. Son principal objectif étant de limiter au maximum l'incidence des dragages sur l'environnement avec un coût de travaux maîtrisé.

Ainsi, cette technique inédite intéresse tous les ports qui sont confrontés à la valorisation ou à l'élimination de sédiments de dragage par voie terrestre, c'est-à-dire la quasi-totalité des ports dont les sédiments sont contaminés par les peintures antifouling et notamment les ports de plaisance.

Le chantier expérimental de Port Camargue a d'ores et déjà montré

que le procédé choisi est socialement acceptable. L'ensemble de la phase administrative s'est déroulée sans aucun souci vis-à-vis de la population locale, des usagers du port et des associations de protection de l'environnement.

Ce premier résultat tient au fait qu'aucun matériau de dragage contaminé par un polluant n'est rejeté dans le milieu naturel terrestre ou marin.

10- Déshydratation des sédiments par sacs géotextiles.

10- Sediment dehydration by geotextile bags.

Actuellement, le chantier expérimental toujours en cours, permet de montrer que ce nouveau process embarqué de dragage, séparation et conditionnement des sédiments portuaires répond pleinement aux objectifs définis dans le projet ECODREDGE-MED. Il a notamment permis plusieurs avancées sur des points de blocage existants :

→ La possibilité de draguer des sédiments de port en limitant la

mobilisation de l'espace à terre ;
→ La réduction du coût des travaux de dragage ;
→ Le calibrage des sédiments sur le site même de dragage, permettant ainsi de séparer, dès le début du process, les éléments fins et les éléments plus grossiers non contaminés, favorisant ainsi la valorisation et la réutilisation des matériaux extraits. □



PRINCIPALES QUANTITÉS

MONTANT DU PROJET DE R&D ECODREDGE-MED : 4 112 000 €

MONTANT DU CHANTIER EXPERIMENTAL : 2 500 000 €

DURÉE DU PROJET : 4 ans

PROFONDEUR DE DRAGAGE : -3,5 m NGF

**VOLUME DES MATÉRIAUX À DRAGUER ET À TRAITER
DANS LE CADRE DU CHANTIER PILOTE : 40 000 m³**

SUPERFICIE DE LA ZONE D'INTERVENTION : 10,4 ha

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Régie Autonome du port de plaisance de Port Camargue

PARTENAIRES FINANCIERS : Fond Unique Interministériel (FUI) / OSEO / FEDER / Région Languedoc Roussillon

MAÎTRE D'ŒUVRE : Régie Autonome du port de plaisance de Port Camargue

MEMBRE DU CONSORTIUM :

- **Entreprises :** Razel-Bec, BRL-Ingénierie, Sols Méditerranée, EMCC
- **Laboratoires de recherche de l'école des mines d'Alès et de l'université de Montpellier II :** Hydro Sciences et IRD-Ecosym

ABSTRACT

PORT CAMARGUE: ECODREDGE-MED PROJECT A NOVEL CONCEPT FOR DREDGING AND RECYCLING OF SEDIMENTS

C. JUANOLE, EMCC - M. CAVAILLÈS, PORT CAMARGUE - N. ARTIGUE, EMCC

In January 2014, Ecodredge-Med, a research & development project on port dredging initiated by the Port Camargue marina, launched an experimental sediment dredging and treatment project. Via this pilot project, the objective for Port Camargue was to regain an average depth of 3.5 m in the four main navigation channels providing access to the technical areas. Apart from these channel deepening works, the feature of the project is to innovate in terms of dredging methodology, by bringing together on a single barge train all the equipment necessary for dredging and for the storage and treatment of sediments, thus limiting the onshore storage areas. Lastly, and above all, in this way the extracted materials can be incorporated as a potential sand resource for local projects. Controlled recycling of the conditioned materials thus forms part of a sustainable development process, transposable to other Mediterranean ports. □

PORT CAMARGUE: PROYECTO ECODREDGE-MED. UN CONCEPTO INÉDITO DE DRAGADO Y VALORIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS

C. JUANOLE, EMCC - M. CAVAILLÈS, PORT CAMARGUE - N. ARTIGUE, EMCC

En enero de 2014, el proyecto de investigación y desarrollo sobre el dragado de puertos Ecodredge-Med, iniciado por el puerto deportivo de Port Camargue, permitió lanzar una obra experimental de dragado y tratamiento de los sedimentos. En esta obra piloto, el objetivo para el Port Camargue era encontrar una profundidad media de 3,5 m en los cuatro canales de navegación principales que comunicaban las zonas técnicas. Más allá de estas obras de profundización, el proyecto tiene la particularidad de innovar en términos de metodología de dragado, reuniendo en un mismo tren de barcas todos los equipos necesarios para el dragado, el almacenamiento y el tratamiento de los sedimentos, limitando así las zonas de almacenamiento en tierra. Por último, y sobre todo, permite integrar los materiales extraídos como un recurso potencial de arena para obras locales. Así, la reutilización controlada de los materiales acondicionados permite inscribirse en un proceso de desarrollo sostenible, extrapolable a otros puertos del Mediterráneo. □



1- 26 juillet
2012, remor-
quage de l'ap-
pontement en
sortie de Penfeld.

1- 26 July 2012,
towing the
landing stage
leaving the river
Penfeld.

1

© ESID BREST

APPONTEMENT FLOTTANT DE NOUVELLE GÉNÉRATION POUR L'ACCUEIL DES FRÉGATES MULTI-MISSIONS FREMM À BREST

AUTEURS : YVES STASSEN, DIRECTEUR DE PROJET, INGÉROP - VIMANE THOMAS, REPRÉSENTANT DU CONDUCTEUR D'OPÉRATIONS, ESID BREST - JEAN-BAPTISTE BOUYER-CHARIER, REPRÉSENTANT DU MANDATAIRE DU GROUPEMENT - YVES ROBIN, DIRECTEUR DE PROJET, DCNS

LA BASE NAVALE DE BREST ACCUEILLE LES NOUVELLES FRÉGATES EUROPÉENNES MULTI-MISSIONS. DE NOUVEAUX APPONTEMENTS FLOTTANTS À DOUBLE PONT EN BÉTON ARMÉ ONT ÉTÉ CONÇUS ET RÉALISÉS POUR RESPECTER UN CAHIER DES CHARGES PARTICULIER D'AMARRAGE, D'AVITAILLEMENT ET DE FONCTIONNEMENT TOUT TEMPS.

LE CONTEXTE DE L'OPÉRATION

L'Établissement du Service d'Infrastructure de la Défense (ESID) de Brest a lancé en février 2009 un appel d'offre pour la conception, la réalisation, l'entretien et la maintenance de deux lignes d'accostage et de stationnement dédiées à l'accueil des futures frégates

européennes multi-missions FREMM (figure 2). Ces appontements sont destinés à remplacer les lignes existantes au quai des flottilles, au sein de la Base Navale de Brest (figure 3).

Le cahier des charges fonctionnel établi par la Marine laissait aux entreprises candidates une large initiative dans la conception d'un ouvrage prototype

destiné aux principales fonctions suivantes : accostage et amarrage des navires, embarquement et débarquement des piétons, accessibilité aux véhicules lourds et légers, raccordement aux réseaux et servitudes du navire (hydrocarbure et électricité haute tension en particulier). Le groupement d'entreprises lauréat est composé de

Charier (mandataire), Ingérop (ingénierie), Charier GC (génie civil, dragage), Demathieu & Bard (génie civil), Ducrocq Ingénierie et Process (construction métallique), DCNS (réseaux, maintenance).

Il a proposé un projet innovant sur le principe d'un ouvrage flottant en béton armé à double pont.

DES EXIGENCES FONCTIONNELLES SPÉCIFIQUES AUX FREMM

Les lignes d'accostage existantes sont constituées d'appontements métalliques ancrés sur chaînes et accessibles par une passerelle véhicules et piétons depuis le quai des flottilles. Elles ont pour fonctions principales :

1- l'accostage et l'amarrage des navires, **2-** l'embarquement et le débarquement de piétons, **3-** l'avitaillement des navires (vivres, fluides, énergies, ...), **4-** le raccordement aux réseaux de courants faibles, **5-** le stockage temporaire avant embarquement ou débarquement.

Elles permettent d'accueillir les frégates actuellement en service, d'une longueur de 139 m pour un déplacement de 4 800 t sous tirant d'eau de 6 m. Les nouvelles frégates multi-missions (FREMM) de la Marine nationale, appelées au service actif pour l'année 2012, atteignent une longueur de 142 m pour un déplacement de 6 200 t sous tirant d'eau de 8 m. Ces évolutions majeures de la flotte justifient le remplacement et l'évolution des appontements.

Outre les fonctions dévolues aux lignes existantes, le programme de l'opération exprimait une attente particulière sur : **1-** l'accessibilité de véhicules lourds et légers à tout moment quel que soit le niveau de la mer, **2-** l'accès aux réseaux et servitudes (distribution hydrocarbure, électricité basse et haute tension 6,6 kV 60 Hz, réseaux d'eau et d'air comprimé, évacuation des résidus de fond de cale et des eaux usées), **3-** l'ergonomie générale de l'ouvrage et plus particulièrement de son interface avec le navire.

La problématique principale à résoudre dans le cadre de ce nouveau programme d'appontements était l'accessibilité par tous temps dans une zone

© DCNS



2



Base Navale de Brest

3

© GOOGLE MAPS

de fort marnage (8,4 m dans la rade de Brest). L'accessibilité des appontements flottants peut se trouver fortement compromise dans les cas extrêmes de marée notamment pour les véhicules lourds. La base militaire devant être opérationnelle 24 h/24, ce critère d'accessibilité était prépondérant.

Les exigences de circulation des véhicules sur l'appontement combinées à la présence de nombreux réseaux et servitudes des navires constituaient un second point sensible de la conception fonctionnelle de l'ouvrage.

LES PRINCIPES DIRECTEURS DE LA CONCEPTION

CONCEPTION GÉNÉRALE

L'analyse du cahier des charges a conduit le groupement à proposer une conception innovante basée sur le principe d'un appontement à double niveau de pont. Cette conception est guidée par les objectifs suivants :

- Séparation, rationalisation des flux (personnel, véhicules, réseaux),
- Accessibilité permanente depuis le quai des flottilles, quel que soit le niveau de marée,

→ Ergonomie des interfaces appontement/navire.

L'ouvrage est ainsi constitué (figure 4) :

→ D'un caisson flottant monolithique en béton armé, de 160 m de long par 17 m de large, avec un tirant d'eau de 3,40 m et un franc-bord de 1,50 m,

→ D'une superstructure également en béton armé, de type dalle sur poutres et poteaux, de 14 m de large et 2,80 m de haut.

L'appontement est implanté à 30 m du quai des flottilles, perpendiculairement à celui-ci. Il est amarré sur chaînes semi-tendues : **1-** côté nord sur le quai existant, moyennant la création de massifs d'ancrage spécifiques, **2-** côté sud sur un ouvrage gravitaire circulaire, baptisé « caisson musoir ». Le pont supérieur est accessible aux piétons et véhicules par une passerelle métallique supportant également le passage des réseaux. Le pont inférieur est accessible aux piétons par escaliers depuis le pont supérieur.

PRINCIPE DE SÉPARATION DES FLUX

La séparation des flux sur deux ponts superposés indépendants offre un niveau de sécurité et d'ergonomie élevé à l'ensemble des usagers.

Le pont supérieur est accessible aux piétons et aux véhicules. Il est entièrement dégagé de toute servitude technique. Il est destiné à l'avitaillement des navires par camions et grues mobiles, à l'accès à bord des équipages et au stockage temporaire de colis avant ou après débarquement (figure 5).

Le pont inférieur est destiné au personnel d'exploitation. Il supporte l'ensemble des équipements nécessaires aux servitudes du navire (lamanage, alimentation en fluides et énergies, ▷

2- Nouvelle frégate européenne multi-mission FREMM.

3- Situation du projet : quai des flottilles.

4- Principaux éléments du projet.

2- New FREMM European multi-mission frigate.

3- Project location: Quai des Flottilles.

4- Main elements of the project.



4

© CHARBIER



5



7

local de transformation électrique). Il se décompose en une travée centrale dédiée à l'implantation de l'ensemble des réseaux, deux coursives latérales offrant un espace de travail à l'abri des intempéries et enfin deux coursives de lamanage à ciel ouvert (figure 6).

ACCESSIBILITÉ PERMANENTE

Le cahier des charges exige l'accessibilité permanente de l'ouvrage aux véhicules, avec une pente maximale de 13% sur la passerelle d'accès, quel que soit le niveau de marée (figure 7). Les contraintes altimétriques pour la conception de l'ouvrage d'accès sont les suivantes :

- Niveau du quai des flottilles +8,50 m CM,
- Niveau de plus basse mer 0.00 m CM,
- Niveau de plus haute mer +8,40 m CM.

Le pont supérieur de l'appontement s'élève à 4,30 m au dessus du niveau d'eau (1,50 m de franc-bord du pont inférieur +2,80 m de hauteur de superstructure). Il se positionne ainsi à un niveau moyen (mi-marée à +4,20 m CM) identique à celui du quai des flottilles (+8,50 m CM).

Cette disposition limite à ±4,20 m, aux plus fortes marées, la dénivellée à franchir pour l'accès à l'appontement. La pente admissible de 13% est alors respectée avec une passerelle de courte longueur (35 m) qui présente le double avantage d'une emprise limitée sur l'appontement avec libération de la zone d'accès au pont arrière des FREMM et d'une conception structurale simplifiée permettant, notamment, de s'affranchir d'un appui intermédiaire.

ERGONOMIE DE L'INTERFACE NAVIRE / APPONTEMENT

L'accès des équipages à bord des navires est facilité par le niveau élevé du pont supérieur au-dessus du plan d'eau, proche de celui du pont arrière



6

des FREMM, qui permet l'utilisation de coupées de faible dénivellée et de faible encombrement. Sur le pont inférieur, les coursives de lamanage sont conçues à ciel ouvert, en débord de 1,50 m par rapport au pont supérieur. Cette disposition offre aux lamaneurs la visibilité nécessaire sur le navire et le milieu environnant lors des opérations d'accostage et d'amarrage. Par ailleurs, les raccordements du navire aux servitudes se fait au niveau du pont inférieur laissant le pont supérieur dégagé de tout obs-

tacle et permettant une libre circulation. Les points de raccordement aux différents réseaux de servitude sont, quant à eux, éloignés du front d'accostage et disposés à l'abri des intempéries sous la dalle du pont supérieur.

VALORISATION DES MATÉRIAUX DE DRAGAGE

L'opération a nécessité la réalisation de travaux de dragage afin de garantir une hauteur d'eau suffisante pour le stationnement des FREMM à marée basse.

5- Grue mobile en service sur le pont supérieur de l'appontement.

6- Organisation du pont inférieur de l'appontement.

7- Passerelle d'accès, situation à mi-marée (passerelle horizontale).

8- Principales étapes de construction et d'installation des ouvrages.

5- Mobile crane in operation on the upper deck of the landing stage.

6- Organisation of the lower deck of the landing stage.

7- Access gangway, situation at mid-tide (horizontal gangway).

8- Main stages in construction and installation of the structures.



8



© CHARRIER

© INGÉROP

© INGÉROP

© CHARRIER

9- Radier réalisé à 100%, élévation des premiers voiles.

10- Novembre 2011 - Réalisation de la dalle supérieure du caisson.

11- Octobre 2011 - Réalisation du caisson musoir en coffrage glissant.

12 & 13- 27 avril 2012 - Mise en eau de la forme de radoub.

9- Foundation raft fully completed, raising the first shear walls.

10- November 2011 - Execution of the caisson's top slab.

11- October 2011 - Execution of the pier-head caisson in sliding formwork.

12 & 13- 27 April 2012 - First filling of the dry dock.

Les matériaux extraits sont, au titre de la réglementation, considérés comme des déchets dont la filière de destination constitue un enjeu environnemental important. Une centrale de traitement équipée pour limiter le risque pyrotechnique a permis la valorisation partielle de 2 000 m³ de ces matériaux en remblai de lestage du caisson musoir.

CONSTRUCTION DE L'OUVRAGE

Les ouvrages en béton armé (apponement et caisson musoir) ont été construits au sein de la Base Navale de Brest, dans la forme 4 mise à dispo-

sition par la maîtrise d'ouvrage. Cette forme de radoub offre des dimensions suffisantes pour la construction simultanée des deux ouvrages. Son implantation en rive droite de la rivière Penfeld, relativement éloignée du débouché dans la rade, a cependant nécessité une analyse rigoureuse des conditions de remorquage des ouvrages, l'un, le caisson musoir, présentant un tirant en flottaison important et l'autre des dimensions d'ensemble rendant le cheminement délicat. La figure 8 illustre les principales étapes de l'opération : travaux de construction au bassin 4, remorquage du caisson musoir

en Penfeld et installation à son emplacement définitif au quai des flottilles, remorquage de l'apponement vers un poste d'attente provisoire à l'épi 3 situé face au quai des flottilles, installation et amarrage de l'apponement à sa position définitive, mise en place de la passerelle. La construction des ouvrages a débuté en mars 2011 dans la forme 4. La structure du caisson flottant de l'apponement est principalement constituée d'un radier de 30 cm d'épaisseur, de voiles périphériques de 35 cm, de voiles de cloisonnement intérieurs de 25 cm et d'une dalle de couverture de 25 cm. La dalle de couverture est épaissie aux extrémités (60 cm) afin de supporter les équipements d'amarrage de l'apponement. Le caisson est cloisonné en 12 alvéoles indépendantes garantissant le maintien en flottaison de l'ouvrage en cas d'avarie. L'ensemble de l'ouvrage a été réalisé en coffrage, moyennant la mise en œuvre d'un béton auto-plaçant pour les voiles verticales présentant une hauteur relativement importante (de l'ordre de 5 m) et des densités d'armatures importantes dans certaines zones (figures 9 & 10). Pour la réalisation du caisson musoir (diamètre 14 m hauteur 21 m, voile circulaire d'épaisseur 40 cm), l'entreprise a retenu la méthode de coffrage glissant (figure 11).



© CHARRIER

13



14

© CHARIER



15



16

© CHARIER

L'élévation de l'ouvrage a été réalisée en continu sur une durée de 5 jours. La superstructure de l'appontement est constituée de 4 files de poteaux, de poutres longitudinales et transversales et d'une dalle de couverture d'épaisseur 30 cm dimensionnée pour supporter une charge de patin de grue de 40 t.

La réalisation de la superstructure, nécessitant un étaieement sur la dalle supérieure du caisson, a été effectuée au fur et à mesure de l'avancement de cette dernière.

Suite à ces travaux de construction et à la réalisation des dragages nécessaires au quai des flottilles, les ouvrages ont été mis en flottaison par mise en eau de la forme de radoub le 27 avril 2012, en vue de leur remorquage et de leur installation à leur emplacement définitif (figures 12 & 13).

Le remorquage du caisson musoir a constitué une étape délicate du projet compte-tenu de son tirant d'eau important au regard de la profondeur d'eau en Penfeld, d'une part, et de son fardage important, d'autre part.

À la date du 5 juin 2012, les remorqueurs de la Base Navale de Brest ont mené à bien cette opération, grâce à un coefficient de marée important associé à des conditions météorologiques favorables (figure 14).

Après purge des matériaux compressibles, le caisson musoir a été mis en place avec une tolérance de 3 cm grâce

14- 5 juin 2012 - Remorquage du caisson musoir.

15- Ballastage du caisson musoir.

16- Massif d'ancrage sur le quai des flottilles.

17- Amortisseur sur cardan.

14- 5 June 2012 - Towing the pier-head caisson.

15- Ballasting the pier-head caisson.

16- Anchoring block on Quay des Flottilles.

17- Shock absorber on cardan shaft.

à des pieux de guidage provisoires (figure 15) sur un lit de ballast parfaitement réglé à 15-20 m de profondeur. Principales étapes du ballastage :

1- Ballastage complet à l'eau de mer afin de garantir la réversibilité de l'opération en cas d'implantation hors tolérances de l'ouvrage, **2-** ballastage par un remblai de carrière sur une hauteur de l'ordre de 25% de la hauteur du caisson afin de permettre le pompage de l'eau de mer sans remise en flottaison du caisson, **3-** pompage de l'eau de mer du caisson, **4-** ballastage jusqu'à l'arase supérieure du caisson au moyen des matériaux de dragage déshydratés, **5-** réalisation de la dalle de couverture en béton armé.

Ce caisson musoir permet d'assurer l'amarrage de l'appontement à son extrémité sud.

Côté nord, l'appontement est amarré sur des massifs réalisés dans le quai des flottilles. Ces massifs sont fondés sur des micropieux forés au travers des caissons constituant le quai des flottilles et ancrés dans le substratum rocheux. Ces massifs sont conçus pour reprendre les efforts ELU (350 t par chaîne) du système d'amarrage de l'appontement (figure 16).

Le remorquage de l'appontement depuis le bassin 4 vers le quai des flottilles a été réalisé en deux temps : libération du bassin 4 et stationnement provisoire à l'épi 3 le 26 juillet 2012, puis transfert vers son emplacement définitif en septembre 2012 après finalisation de l'ensemble des travaux préalables nécessaires au quai des flottilles (dragages, installation du caisson musoir et réalisation des massifs d'ancrage) (figure 1).

L'amarrage de l'appontement à sa position définitive au quai des flottilles est assuré au moyen de chaînes semi-tendues montées sur appareils amortisseurs. Les longueurs de ces chaînes sont ajustées de manière à autoriser les mouvements verticaux de l'appontement sous l'effet de la marée ($\pm 4,20$ m par rapport au niveau moyen) tout en limitant les excursions dans le plan horizontal sous l'effet des actions extérieures (houle, vent, actions du navire à l'accostage et à l'amarrage). La liaison de ces chaînes sur l'appontement est assurée par des appareils amortisseurs



17

© CHARIER



18

© DCNS



19

© INGÉROP

montés sur cardans. Ces appareils, basés sur la technologie des amortisseurs viscoélastiques, sont dimensionnés pour absorber les énergies induites sous conditions extrêmes d'accostage ou d'amarrage (figure 17).

Suite à l'amarrage de l'appontement en position définitive, une dernière étape majeure de l'opération a consisté en l'installation de la passerelle d'accès. Cette passerelle, d'un poids de l'ordre de 90 t, est fixée sur un appui de type rotule côté quai des flottilles et repose sur l'appontement par l'intermédiaire de galets coulissant le long de deux rails de guidage.

La mise en place de la passerelle a été réalisée par DCNS au moyen de la barge de forte capacité « Dino II » selon la méthodologie suivante (figures 18 & 19) : **1-** chargement de la passerelle sur l'extrémité de la barge en forme de radoub, **2-** acheminement et positionnement de la barge entre le quai des flottilles et l'appontement à marée haute, **3-** abaissement de la barge avec la marée et mise en place de la passerelle dans la rotule côté quai, **4-** mise en appui de la passerelle sur l'appon-

18- 7 septembre 2012 - Chargement de la passerelle sur la barge « Dino II ».

19- Passerelle en service entre le quai des flottilles et l'appontement.

18- 7 September 2012 - Loading the gangway on the "Dino II" barge.

19- Gangway in operation between Quai des Flottilles and the landing stage.

tement, **5-** enlèvement de la barge. Suite à l'installation de la passerelle, les travaux d'installation et de raccordement des réseaux ont pu être finalisés au quai des flottilles.

L'ouvrage a été réceptionné fin 2012 et mis en service le 14 janvier 2013, à l'occasion de l'accueil de la FREMM « Aquitaine ». □

PRINCIPALES QUANTITÉS

APPONTEMENT EN BÉTON ARMÉ :

- 160 m de long x 17 m de large x 8,50 m de hauteur hors tout
- Volume béton 3 250 m³
- Armatures 900 t

CAISSON MUSOIR :

- 14 m de diamètre x 21 m de hauteur
- Volume de béton 530 m³
- Armatures 100 t

ANCRAGES : 4 chaînes principales dimensionnées pour des efforts de 350 t

PASSERELLE ROUTIÈRE : portée 30 m

INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Marine Nationale

MAÎTRE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉ : ESID Brest

CONDUITE D'OPÉRATION : ESID Brest

MOUVEMENTS PORTUAIRES : Base Navale de Brest

GROUPEMENT DE CONCEPTION, RÉALISATION, MAINTENANCE :

Charier (mandataire), Charier GC, DCNS, Demathieu & Bard, Ducrocq, Ingérop

AMO TECHNIQUE : Artelia

CONTRÔLE TECHNIQUE : Apave

COORDINATEUR SPS : Dekra

ABSTRACT

NEW-GENERATION FLOATING LANDING STAGE FOR BERTHING OF FREMM MULTI-MISSION FRIGATES IN BREST

Y. STASSEN, INGÉROP - V. THOMAS, ESID BREST - J.-B. BOUYER-CHARIER - Y. ROBIN, DCNS

The Quai des Flottilles in Brest was not equipped to receive the new FREMM European frigates, 142 m long and requiring a landing stage compatible with these ships' high service level. Accessibility to the quay must be ensured irrespective of the sea level. The structure executed is innovative, with its double reinforced concrete deck and its special pier-head mooring system. The structure consists of a monolithic floating caisson 160 m long and 17 m wide, with a draught of 3.40 m, a freeboard of 1.50 m and a superstructure formed of a slab on beams and columns, 14 m wide and 2.80 m high. □

MUELLE DE ATRAQUE FLOTANTE DE NUEVA GENERACIÓN PARA RECIBIR FRAGATAS MULTIMISSION FREMM EN BREST

Y. STASSEN, INGÉROP - V. THOMAS, ESID BREST - J.-B. BOUYER-CHARIER - Y. ROBIN, DCNS

Dado que el muelle de flotillas en Brest no estaba equipado para recibir las nuevas fragatas europeas FREMM, de una eslora de 142 m, necesitaba un muelle de atraque compatible con el elevado nivel de servicio de estos barcos. La accesibilidad debía estar garantizada independientemente del nivel del mar. La estructura realizada es innovadora con su pontón doble de hormigón armado y su sistema de amarre en cabeza de muelle específica. Así, la obra está formada por un cajón flotante monolítico de 160 m de largo y 17 m de ancho, con un calado de 3,40 m, un francobordo de 1,50 m y una superestructura de tipo losa sobre vigas y postes de 14 m de ancho y 2,80 m de altura. □

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

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

VIADUC DE MILLAU © CEVM

■ NOTRE LECTORAT

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

5 % - Enseignement.

54 % - Entreprises : Grands groupes / PME.

■ ÉDITEUR



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

■ DIFFUSION

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

Trage : 2 000 exemplaires.

Diffusion internationale : 1 800 exemplaires.

■ LIGNE ÉDITORIALE

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

NOS TARIFS 2014

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

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

■ RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

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

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

Délai d'annulation : 2 mois avant parution.

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

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

VOTRE CONTACT

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

TRÉSORS DE NOS ARCHIVES : LE PORT ET LA VILLE DE POINTE-NOIRE (AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE)

PAR M. BLOSSET, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES,
INGÉNIEUR EN CHEF DE TRAVAUX PUBLICS DES COLONIES -
SCIENCE ET INDUSTRIE NUMÉRO HORS SÉRIE « COLONIAL » - 1931

RECHERCHE D'ARCHIVES PAR PAUL-HENRI GUILLOT, DOCUMENTALISTE-ARCHIVISTE, FNTP



Pointe-Noire est aujourd'hui une ville de plus d'un million d'habitants et le grand port de la République du Congo dont la capitale est Brazzaville. Les pétroliers Total et ENI y ont pris leurs quartiers.

Pierre Savorgnan de Brazza a été en 1883 le premier commissaire du gouvernement français de l'ouest africain.

Il sera, jusqu'en 1897, commissaire général au Congo réunissant le Gabon au Moyen-Congo. Ce Moyen-Congo correspond géographiquement à la République du Congo actuelle.

En 1910 est réalisée la mission hydrographique du lieutenant de vaisseau Audouin, qui a pour but de reconnaître la côte atlantique entre le Gabon et le Cabinda pour repérer les mouillages.

Pointe-Noire doit son nom à un petit cap de grès coquilliers imprégnés de bitume. Le pétrole n'est pas loin mais, à l'époque, ce qui intéresse la puissance coloniale est de relier par chemin de fer le bassin du Congo à la côte atlantique.

Cet article de 1931 reflète bien l'esprit des grands ingénieurs des colonies, embrassant largement tous les aspects de leur mission.

En premier il fallait s'installer : un wharf pour débarquer, un télégraphe, une école, une église, un palais de justice, une poste, une ambulance et ...un « dancing ». On parle d'une factorerie ; qui sait encore ce qu'est une factorerie ? Les passagers étaient souvent transbordés en pinasse ou en panier, cauchemar des dames. Mais les techniques de construction portuaire décrites n'ont pas fondamentalement changé.

ABSTRACT

TREASURES FROM OUR ARCHIVES: THE PORT AND TOWN OF POINTE-NOIRE (FRENCH EQUATORIAL AFRICA).

SCIENCE ET INDUSTRIE SPECIAL ISSUE
« COLONIAL » - 1931

M. BLOSSET

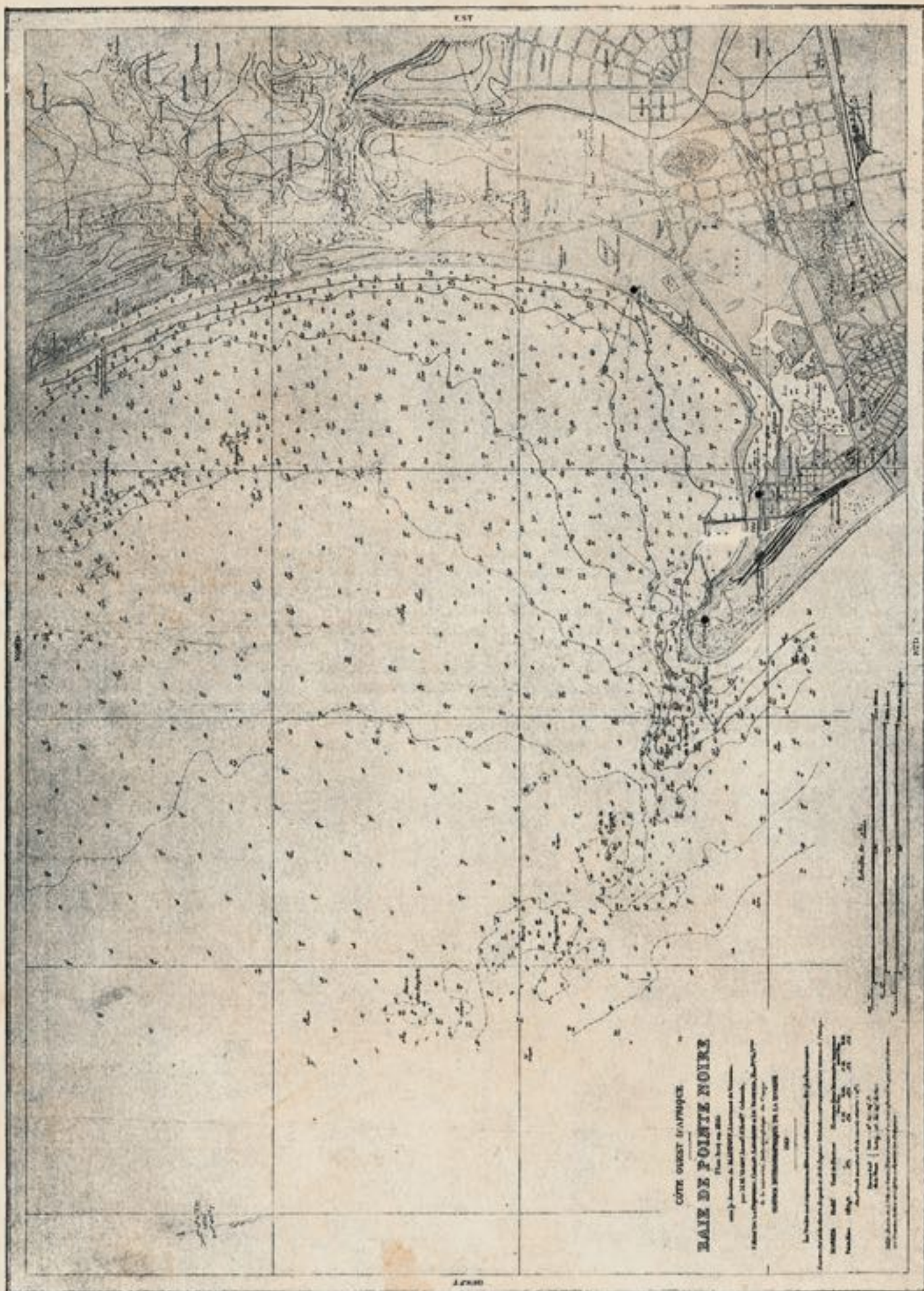
Pointe-Noire is today a city of more than one million inhabitants and the main port of the Republic of the Congo, whose capital is Brazzaville. The oil companies Total and ENI have taken up quarters there. Pierre Savorgnan de Brazza was in 1883 the French government's first commissioner for western Africa. Until 1897, he was commissioner general in the Congo, uniting Gabon and the Middle Congo. This Middle Congo corresponds geographically to the present-day Republic of the Congo. In 1910, navy lieutenant Audouin carried out a hydrographic assignment in order to reconnoitre the Atlantic Coast between Gabon and Cabinda to identify places for anchorage. Pointe-Noire owes its name to a small cape of shelly sandstone impregnated with bitumen. Oil was not far away, but, at that time, what interested the colonial power was to link the Congo Basin to the Atlantic Coast by railway. This article from 1931 is a good reflection of the way of thinking of the great engineers in the colonies, extensively covering all aspects of their mission. First they had to become set up: a wharf to disembark, a telegraph, a school, a church, a court-house, a post office, an ambulance and... a dance-hall. The trading post was called a "factorerie", a term hardly anyone knows today. Passengers were often transhipped in a pinnace or in a basket, which was a nightmare for the ladies. But the port construction techniques described have not fundamentally changed. □

TESOROS DE NUESTROS ARCHIVOS: EL PUERTO Y LA CIUDAD DE POINTE-NOIRE (ÁFRICA ECUATORIAL FRANCESA).

SCIENCE ET INDUSTRIE EDICIÓN ESPECIAL
« COLONIAL » - 1931

M. BLOSSET

Actualmente, Pointe-Noire es una ciudad que cuenta con más de un millón de habitantes y con el gran puerto de la República del Congo, cuya capital es Brazzaville. Las compañías petroleras Total y ENI se han instalado. En 1883, Pierre Savorgnan de Brazza fue el primer comisario del gobierno francés del oeste de África y, hasta 1897, fue comisario general del Congo, uniendo Gabón al Congo Medio. Este Congo Medio corresponde geográficamente a la actual República del Congo. En 1910 se realizó la misión hidrográfica del teniente de navío Audouin, que tenía como finalidad reconocer la costa atlántica entre Gabón y Cabinda para localizar los fondeaderos. Pointe-Noire debe su nombre a un pequeño cabo de lumaquelas impregnadas de asfalto. El petróleo está cerca pero, en aquella época, lo que interesaba a la potencia colonial era comunicar por ferrocarril la cuenca del Congo con la costa atlántica. Este artículo de 1931 refleja perfectamente el espíritu de los grandes ingenieros de las colonias, abarcando ampliamente todos los aspectos de su misión. En primer lugar, había que instalarse: un muelle para desembarcar, un telégrafo, una escuela, una iglesia, un palacio de justicia, un servicio de correos, una ambulancia y una "sala de baile". Hablamos de una factoría; ¿quién sabe ahora qué es una factoría? El trasbordo de pasajeros solía realizarse en pinaza o en barco cesta, una pesadilla para las damas. Pero las técnicas de construcción portuaria descritas no han cambiado sustancialmente. □





Vue générale du Wharf de Pointe-Noire.

Le Port et la Ville de Pointe-Noire (Afrique Équatoriale Française)

Par M. BLOSSET,

Ingenieur des Ponts et Chaussées, Ingenieur en chef des Travaux Publics des Colonies.

LE problème de l'Afrique équatoriale française n'est point seulement, comme dans toutes nos colonies, un problème de production ; il est encore et surtout, si je puis dire, un problème d'évacuation. » Ces paroles prononcées à la tribune de la Chambre des Députés, le 20 novembre dernier, par M. Piétri, ministre des Colonies, expliquent et justifient les efforts déjà faits et ceux, plus grands encore, restant à faire en faveur de Pointe-Noire, terminus maritime de ce chemin de fer « Congo-Océan » dont *Science et Industrie* a déjà entretenu ses lecteurs dans son numéro colonial de 1930.

Isolée de la mer, économiquement parlant, par les rapides infranchissables du Congo, l'Afrique centrale française, avec ses richesses minières du Niari, agricoles de l'Oubangui, forestières de Mayumbe, avait somnolé dans l'attente d'une voie de communication sûre et à grand débit, lui permettant d'atteindre, aux moindres frais, les marchés d'Europe et d'Amérique. L'achèvement de la voie ferrée reliant Brazzaville, limite aval de la navigation sur le Congo, à Pointe-Noire en rade abritée de l'océan Atlantique, va enfin réveiller notre « cendrillon coloniale » de sa longue léthargie et lui permettre, non seulement d'évacuer les produits de son propre sol, mais encore une partie de ceux des colonies voisines, grâce à une liaison possible

entre les deux rives du Stanley Pool, au réseau ferroviaire du Congo-Belge.

Espérer faire de Pointe-Noire un nouveau Dakar, ce n'est plus une utopie, mais au contraire une très proche réalité, maintenant qu'a été votée, par le Parlement, il y a quelques semaines, la loi autorisant le Gouvernement général à emprunter les 300 millions nécessaires à la construction et à l'équipement du port.

Pourquoi a-t-on choisi Pointe-Noire de préférence à d'autres mouillages de la côte pour en faire le grand port français de l'Atlantique Sud-Est ? Quels travaux ont déjà été exécutés ? Quels sont les projets de l'Administration ? Telles sont les questions auxquelles répondront les trois chapitres de notre étude :

Le passé, le présent, l'avenir de Pointe-Noire.

I. — Le passé.

Dès le début de sa conquête pacifique du Congo, De Brazza avait envisagé l'idée de relier directement l'Atlantique au débouché du bassin navigable intérieur du fleuve : en 1887, le tracé étudié par l'ingénieur Jacob réunissait M'Tamou, la future Brazzaville, à Loango, le vieux village Portugais du XVI^e siècle, origine de la « Piste des Caravanes » et centre important d'échanges entre la côte et l'intérieur du continent noir.

En 1907, le géologue Marc Bel, après avoir reconnu les gisements miniers du bassin du Niari, préconisait à son tour un tracé qui, partant de Brazzaville, traversait la chaîne montagneuse du Mayumbe par un col accessible, suivait la vallée de la Loémé, et aboutissait à Loango ou à un point un peu plus au Sud, Pointe-Noire.

Loango, en effet, ne donnait que peu d'espoir d'y créer un grand port d'escale et de transit, par suite de l'existence d'une lagune peu accessible, de l'éloignement des grands fonds, et d'un arrière-pays assez tourmenté pour ne pas laisser d'espace suffisant à l'établissement d'une ville importante.

Une mission hydrographique, dirigée par le lieutenant de vaisseau Audouin, fut organisée en 1910, en vue d'étudier de manière approfondie la côte du Gabon jusqu'à la frontière portugaise du Cabinda, et d'établir, au point jugé le meilleur, un avant-projet d'un port qui serait destiné à devenir la tête de ligne du futur chemin de fer.

Après deux ans de travaux et examen des mouillages de Nyanga, Mayumba, Banda Pointe, N'Gondji, Konkouati, Lekondé, Bas-Kouilou, Loango, Pointe-Noire, Côte Mateva, le choix de Pointe-Noire s'imposait, d'une part, en raison de la distance minimum séparant ce point de Brazzaville, d'autre part et surtout, en raison de

circonstances nautiques exceptionnelles.

Pointe-Noire se présente sous la forme d'un cap faisant une saillie d'environ 2,500 km sur la ligne générale du rivage. La baie, qui est une des rares échancrures de cette côte presque rectiligne qui s'étend sur plus de 700 kilomètres de l'embouchure de l'Ogooué à celle du Congo, figure assez exactement une demi-ellipse dont l'un des diamètres conjugués serait orienté Nord-Sud, l'autre diamètre représentant la direction générale de la côte Gabonaise. La pointe offre l'aspect d'un terrain bas sablonneux, planté de borassus dont les points les plus élevés atteignent la cote + 10,00 par rapport au zéro marin. En bordure de la mer apparaissent des tables de grès tendre souvent chargé de débris coquilliers ; c'est ce grès qui constitue le sous-sol de Pointe-Noire, et qui, très fortement imprégné de bitume à certains endroits, a donné son nom à la pointe. Cette même pointe se prolonge par un plateau sous-marin qui, à 600 mètres au large, n'est encore qu'à la côte — 5,00 ; c'est surtout la présence de cette véritable digue naturelle qui donne à Pointe-Noire une supériorité marquée sur tout autre emplacement de port, en raison de la protection efficace qu'elle fournit contre les effets des vents régnants.

La mer marne de 1,70 m avec des hautes mers de vives eaux exceptionnelles de + 1,80 et des basses mers de + 0,10 par rapport au zéro hydrographique. Les vents dominants viennent d'entre Sud et Ouest, avec prédominance du Sud-Ouest ; il règne, d'autre part, accidentellement des vents d'Est et de Nord-Est. La houle du large, qui vient du Sud-Sud-Ouest, pivote autour de l'éperon sous-marin prolongeant la pointe et arrive dans le fond de la baie comme si elle venait du Nord-Ouest, et en produisant en général un seul rouleau de barre, assez faible. Des courants portant vers le Nord-Nord-Est régissent le long de la côte ; leur vitesse moyenne ne dépasse pas un nœud.

Les eaux de la région se déversent dans la baie par une rivière de faible débit, les alluvions étant entraînées d'autre part par le courant général côtier.

Toutes ces circonstances contribuent à faire de la rade foraine, qui s'étend au Nord-Est de la pointe, un endroit utilisable pour les opérations maritimes et facile à transformer en un port à grande profondeur en eau calme.

La réalisation des projets d'aménagements de Pointe-Noire, comme d'ailleurs la mise en chantier des travaux du chemin de fer, furent malheureusement retardées par la guerre, et ce n'est qu'en février 1921 que furent commencés les premiers travaux, tant de la ville et du port que du chemin de fer.

II. — Le présent.

La ville. — A l'époque où la mission Audouin effectuait ses reconnaissances, c'est-à-dire il y a moins de vingt ans, les habitations et installations de Pointe-Noire ne comprenaient guère que : la station du câble sous-marin allant à Libreville et, de ce dernier port, en France par le réseau des câbles de la côte d'Afrique ; la station de télégraphie sans fil construite en 1911 et communiquant sur ondes de 2 350 mètres avec Brazzaville et les navires au large ; la factorerie Tréchet, et une ou deux maisons de commerce.

Les bâtiments étaient groupés sur un plateau situé à 3 kilomètres et demi au nord de la pointe, séparé de cette dernière par des marécages ; la mission Audouin, au contraire, s'installa sur la pointe même, dans des cases peu confortables, mais saines en raison de l'emplacement parfaitement ventilé.

Lorsque la décision de faire de Pointe-Noire le terminus du chemin de fer fut prise, un projet de lotissements et d'organisation de la ville fut établi, ayant son centre sur le plateau de la télégraphie sans fil ; le gros défaut de cette conception était que l'agglomération urbaine se serait trouvée séparée du port, nécessairement construit à l'abri de la pointe, par une zone lagunaire malsaine et peu praticable ; mais, à cette époque, l'Administration reculait devant le coût élevé des travaux de remblaiements.

Ce fut un des premiers actes du gouverneur général Antonetti que d'abandonner le projet primitif et de fixer la ville à proximité immédiate du port et de la pointe, étant entendu que le premier travail à exécuter consisterait précisément en assainissement par remblaiement des parties basses ou fangeuses (1925). Plus coûteux en apparence, ce projet s'est révélé comme fort avantageux pour la colonie, chaque terrain gagné sur la lagune faisant bientôt l'objet de cession à titre onéreux aux particuliers ; à l'heure actuelle, le terrain à Pointe-Noire vaut 100 francs le mètre carré, et de rares parcelles seulement restent à vendre.

En cinq années, les cases primitives et les baraquements provisoires ont disparu pour faire place à des villas en maçonnerie, gaies et bien comprises, assez écartées les unes des autres pour permettre à leurs habitants l'aménagement d'un jardin. Avec raison, on a tenu à éviter l'uniformité de maisons construites en série : sans qu'il en ait coûté beaucoup plus cher, les architectes ont donné à chaque construction un caractère différent de celui de ses voisines par des enduits colorés, une orientation autre du perron ou de la véranda, un simple détail de façade souvent. Jusqu'à

présent, tous les fonctionnaires sont logés par la colonie, soit en maison individuelle de trois ou quatre pièces, soit, pour les célibataires, en maison collective de quatre chambres séparées avec salle centrale commune.

Pointe-Noire est, à l'heure où nous écrivons ces lignes, dotée d'une poste, d'une ambulance, d'une école, d'un palais de justice, etc. Une église est en construction pour remplacer l'humble chapelle de la mission devenue vite trop petite. Les habitations privées ou commerciales ne sont pas les moins bien aménagées ; on trouve même — est-ce un bien ? — des dancings fort fréquentés.

De vastes avenues empierrées ont remplacé la brousse et le sable ; des plantations ont été faites, destinées à atténuer, dans quelques années, la réverbération et l'ardeur solaires. Enfin, un réseau bien compris d'égouts et un système complet de distribution d'eau potable ont été créés.

Quelques mots sur ce dernier travail, dont l'intérêt est primordial pour le port, en raison des facilités de ravitaillement données aux navires : les bateaux venant d'Europe remplissaient leurs citernes pour la dernière fois à Konakry ; ceux venant du Congo Belge devaient également attendre leur retour à Konakry pour refaire le plein d'eau potable ; depuis 1929, une canalisation de 325 millimètres de diamètre amène une eau fraîche et limpide jusqu'aux citernes flottantes qu'il est ensuite facile de remorquer vers le navire en rade. Cette eau, qui a été captée à 15 kilomètres de la ville, au lac Gambouissi, est d'abord amenée par gravité, par une conduite en béton armé de 325 millimètres de diamètre, à un réservoir de 1 000 mètres cubes de capacité formant volant d'utilisation, puis au réseau de distribution établi en conduites d'acier ; l'ensemble peut débiter 3 000 mètres cubes par jour.

Pour ne pas renouveler l'erreur trop souvent commise dans d'autres colonies, la ville indigène a été totalement séparée de la ville européenne, et cette dernière a elle-même été divisée en quartiers bien distincts : commercial maritime, d'habitations et administratif, industriel.

Le port. — Conjointement avec les travaux d'édilité et d'assainissement, s'est effectué le premier aménagement de la rade. La mission hydrographique de 1910-1912 avait établi un avant-projet comportant une digue de 2 400 mètres de long partant de la pointe et se prolongeant en arc vers le Nord-Ouest, ainsi que 2 300 mètres linéaires de quais à — 10,00 ; la dépense était évaluée, à l'époque, à 44 millions et demi ; ce projet, jugé trop vaste et dépassant les capacités financières de la colonie, n'eut aucune suite. Par contre, un projet plus restreint, ne comportant

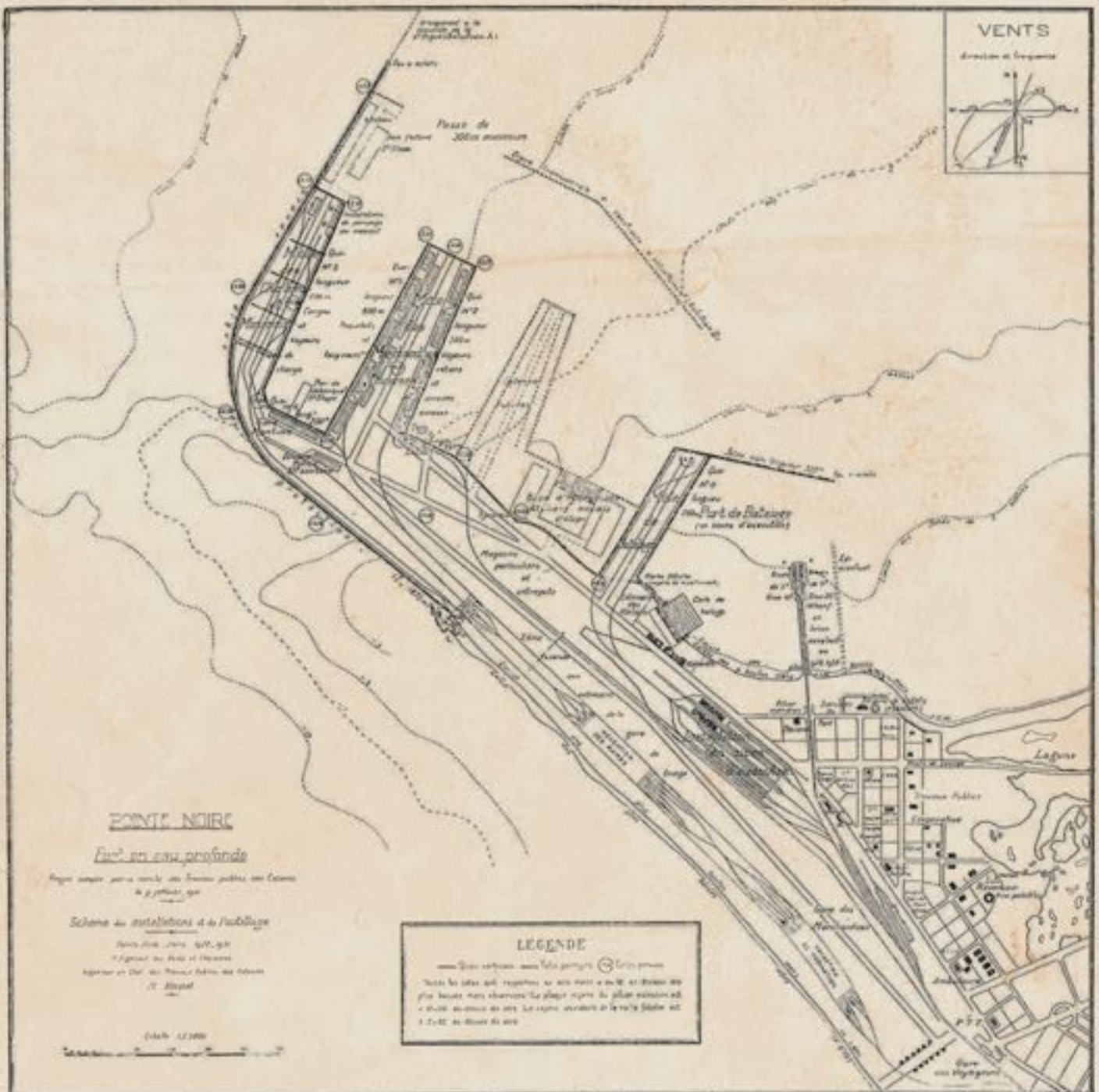
que l'établissement d'un wharf perpendiculaire au rivage avec quelques installations à terre indispensables, et l'éclairage du port et de ses abords, adopté par le Parlement en 1914, fut exécuté avec quelques retouches de 1925 à 1930.

Dès 1925, un appontement provisoire en charpente, construit au fond de la baie, fut équipé d'une grue à vapeur de 10 tonnes, de manière à assurer le débarquement du matériel nécessaire aux chantiers du chemin de fer ; en même temps, un programme d'éclairage du port était adopté, comprenant un phare à éclats blancs de 20 milles de portée et deux feux à secteurs colorés.

Dans le même temps, les études des ouvrages définitifs du port se poursuivaient et, en 1926, un wharf en béton armé, destiné à remplacer l'appontement hors d'état, était commencé. Ce wharf, le premier de ce genre construit aux colonies, est entièrement en béton de ciment fondu (dosage normal de 400 kilogrammes par mètre cube de sable) ; il comporte une passerelle d'accès de 12 mètres de large et de 256 mètres de long jusqu'au massif culée, se prolongeant par une plate-forme débarcadère de 22 mètres de large et 100 mètres de long atteignant les fonds de - 4,50. Chaque travée comporte en partie courante, trois pieux cylindriques de 38 cen-

timètres de diamètre, battus avec une fiche moyenne de 3 mètres, et une poutre transversale de 950 × 320 ; les travées sont reliées l'une à l'autre par 9 longerons de 750 × 240 ; un hourdis de 10 centimètres d'épaisseur constitue le platelage.

Terminé en 1928 et mis aussitôt en service, le wharf a été équipé, de manière à pouvoir être utilisé à plein rendement : son outillage fixe comporte deux voies ferrées de circulation (voie de 1,067 m) raccordées par triangle de manœuvre à la gare du Congo-Océan avec, sur la plate-forme débarcadère, deux voies de garage permettant le stationnement des rames ; son outillage mécanique comprend 8 grues



à portique sur voie de 4 mètres, d'une puissance de 3 tonnes à 7 mètres de l'axe, et deux grues fixes de 10 et 20 tonnes.

Le service entre le wharf et les navires au mouillage se fait par allèges remorquées; il convient d'ailleurs de noter que la mer est presque toujours assez calme pour permettre un accostage direct, à l'escalier sous le vent, des pinasses de passagers, et que le « panier », cauchemar de tous ceux qui ont voyagé sur la côte d'Afrique, n'est guère utilisé à Pointe-Noire.

Jusqu'à présent, le port n'ayant pas de slip pour le carénage des embarcations, celles-ci sont hissées sur la plate-forme du wharf à l'aide de la grue fixe de 20 tonnes, installée dans ce but. Il ne s'agit là, bien entendu, que des chalands, des citernes et des remorqueurs; en ce qui concerne les embarcations légères, elles peuvent facilement être tirées à sec sur la plage, en raison du peu d'importance de la barre.

De 1925 à 1930, furent en outre construits, entre autres ouvrages importants : deux magasins de douane en béton armé, couvrant 3 200 mètres carrés; le phare, dont la tour en béton est une application du système Monnoyer; des ateliers à fer et à bois qui effectuent toutes les réparations courantes du matériel flottant.

Comme on le voit, le Gouvernement général a, dans la construction des ouvrages définitifs (wharf, phare, entrepôts), fait emploi systématiquement du béton armé et paraît s'en être bien trouvé, tant au point de vue solidité qu'économie de temps et d'argent.

L'exécution de ce premier ensemble de travaux permet d'assurer en toute sécurité les opérations commerciales en rade; les facilités données ont été jugées assez grandes par les compagnies de navigation pour que ces dernières aient supprimé, à la fin de 1928, la surtaxe de 10 p. 100 appliquée aux rades foraines.

Devait-on s'arrêter là, et attendre, pour créer un véritable port, que le trafic l'exigeât et que les travaux de construction du chemin de fer fussent achevés, ou tout au moins très avancés? Certes, le wharf avec son équipement pouvait assurer l'embarquement ou le débarquement annuel d'une centaine de mille tonnes de marchandises; mais les opérations commerciales proprement dites ne représentent qu'une faible partie de l'activité de Pointe-Noire : tout d'abord, bien que la rade soit abritée et sûre, il faut compter avec les tempêtes qui risquent d'arrêter les opérations; or, la récente mise en service du réseau de distribution d'eau potable et la garantie donnée aux compagnies de navigation que les navires pourront se ravitailler, fait au port un devoir d'assurer par tous les temps le remplissage des chalands ci-

ternes par l'intermédiaire de la manche flexible raccordée à la canalisation du wharf. La protection de ce dernier contre les coups de vent devenait nécessaire.

D'autre part, le matériel flottant du port est trop important pour pouvoir être monté chaque soir sur le wharf, comme cela se pratique sur la côte occidentale d'Afrique, à Grand Bassam ou à Lomé : une vingtaine de chalands de fer de 25 à 50 tonnes, deux citernes de 50 tonnes, plusieurs remorqueurs de 40 CV, des pinasses à moteurs, des surf-boats, restent ancrés ou amarrés sur coffres dans la baie, et risquent, saisis par une brusque tornade, d'être coulés sur place ou perdus à la dérive. Un port d'abri s'imposait à brève échéance.

D'autres raisons encore, et non les moindres, militaient en faveur de la construction immédiate du petit port : bien qu'il ne fût nullement dans les intentions du Gouvernement général de faire de Pointe-Noire, en l'état actuel des choses, un port charbonnier de grande envergure qui aurait exigé la construction de quais munis d'un outillage de manutention perfectionné, il était intéressant de prévoir, tant au point de vue commercial qu'au point de vue stratégique, l'organisation d'un dépôt de combustible (l'éventualité de la fermeture du canal de Suez, en cas de tension diplomatique, suffirait à elle seule à justifier un stockage de charbon de soufre pour le ravitaillement de nos navires de guerre allant protéger Madagascar); or, un wharf outillé pour la manutention de marchandises en sacs ou en caisses se prête très mal au chargement des élévateurs flottants, engins au demeurant peu maniables en eau agitée et pour lesquels des quais avec terre-pleins à proximité immédiate sont préférables.

Enfin, la construction même du port en eau profonde ne doit-elle pas être précédée de la mise à l'abri de tout le coûteux matériel flottant de l'entrepreneur chargé des travaux, et de l'installation de quais et terre-pleins pour le matériel et les matériaux provenant d'Europe? Ne peut-on pas, dans ces conditions, considérer le port d'abri des petites embarcations comme une première étape indispensable?

La mission dont nous fûmes chargés en 1928 pour le compte de l'Afrique équatoriale française, comprenait en premier lieu la préparation du projet d'un port de batelage à Pointe-Noire, répondant aux conditions ci-dessus; il importait, en outre, pour la prompte exécution en régie directe des travaux, que les ouvrages fussent conçus de manière à ne pas nécessiter de gros achats de matériel, et que, d'autre part, en raison des faibles quantités de matériaux pierreux disponibles sur place, les maçon-

neries eussent un cube aussi réduit que possible.

Notre projet, examiné et approuvé en mars 1929 par le Comité des Travaux publics des colonies, comprend :

Un môle remblayé à + 4,50, de 450 mètres de long et 100 mètres de large, orienté au Nord-Nord-Est et enraciné à la « Roche Fétiche », à 550 mètres à l'Ouest de la culée du wharf; ce môle est limité, à l'Ouest et sur 160 mètres à l'Est, par un revêtement en enrochements protégés par des dalles en béton;

Une jetée-abri de 350 mètres de long, du type vertical, en blocs artificiels de béton de 10 tonnes; orientée sensiblement Ouest-Est à partir de l'extrémité du môle, cette jetée protège complètement la partie de la rade dans laquelle est situé le wharf;

Un quai vertical de 230 mètres de longueur, sur la face Est du môle; ce quai, constitué en blocs artificiels de 10 tonnes selon le profil à « chaise » maintenant classique, permet l'accostage d'embarcations de 3 50 m à 4 mètres de tirant d'eau.

Le poids des blocs a été limité intentionnellement à 10 tonnes, de manière à pouvoir utiliser, comme engins de pose, l'outillage déjà en service à Pointe-Noire, grues pour la digue et chalands jumelés pour le quai.

Les quantités de matériaux figurant à l'avant-métré sont : pour les enrochements, de 24 000 mètres cubes; pour les blocs artificiels, de 20 000 mètres cubes, soit 5 000 blocs, pour le béton coulé sous l'eau en fondation, ou fait sur place pour les couronnements, de 4 500 mètres cubes.

L'exécution des enrochements est prévue comme devant être réalisée en une année, ce qui représente un abatage journalier en carrière de 100 mètres cubes, donnant par foisonnement 80 mètres cubes environ de moellons et 40 mètres cubes de déchets à concasser. Le rythme journalier prévu pour la confection et la pose des blocs est de 15 pour la jetée et de 10 pour le quai.

L'ensemble des travaux, dont l'estimation est de 14 millions, peut, sauf imprévu, être exécuté par les moyens locaux en deux ans et demi; les chantiers s'étant organisés dès le vote par le Parlement de la loi d'emprunt, on peut donc espérer qu'en juillet 1933, Pointe-Noire verra l'inauguration de son port d'abri.

III. — L'avenir.

Tout ce qui a été fait à Pointe-Noire et qui, tant en raison de l'éloignement d'Europe et de l'hostilité de la nature, que de la pénurie en personnel et main-d'œuvre et des faibles ressources financières de l'époque, a coûté tant de peines et d'efforts, n'est rien à côté de ce qui reste à faire.

Certes, si Pointe-Noire pouvait se contenter d'être le port d'un chemin de fer régional reliant la capitale de la colonie, Brazzaville, à la côte, les installations en cours d'exécution seraient à la rigueur suffisantes: le wharf d'une part, pour les marchandises diverses, le quai de batelage, d'autre part, pour les marchandises pondéreuses, pourraient assurer un trafic de l'ordre de 150 000 à 200 000 tonnes.

Mais qu'est-ce cela en regard du transit escompté des produits de l'immense bassin du Congo, dont toutes les voies naturelles convergent vers le Stanley Pool, c'est-à-dire vers la tête de ligne du chemin de fer? Avec une claire prescience de l'avenir, M Antonetti n'a-t-il pas donné à ce chemin de fer le nom symbolique de « Congo-Océan »? La voie n'est-elle pas, non la voie métrique française, mais la voie de 1,067 m, celle du Congo-Belge, celle de l'Afrique du Sud anglaise, et une partie tout au moins du trafic ferroviaire de ces pays (minerais du Katanga et de la Rhodésie en particulier) ne pourra-t-elle être acheminée vers Pointe-Noire, en transbordant, sans rupture de charge, de Kinshassa à Brazzaville, par ferry-boat, ou même par ce pont suspendu au-dessus du Congo dont l'emplacement est d'ores et déjà à peu près fixé? Notre chemin de fer, français par l'inspiration et la construction,

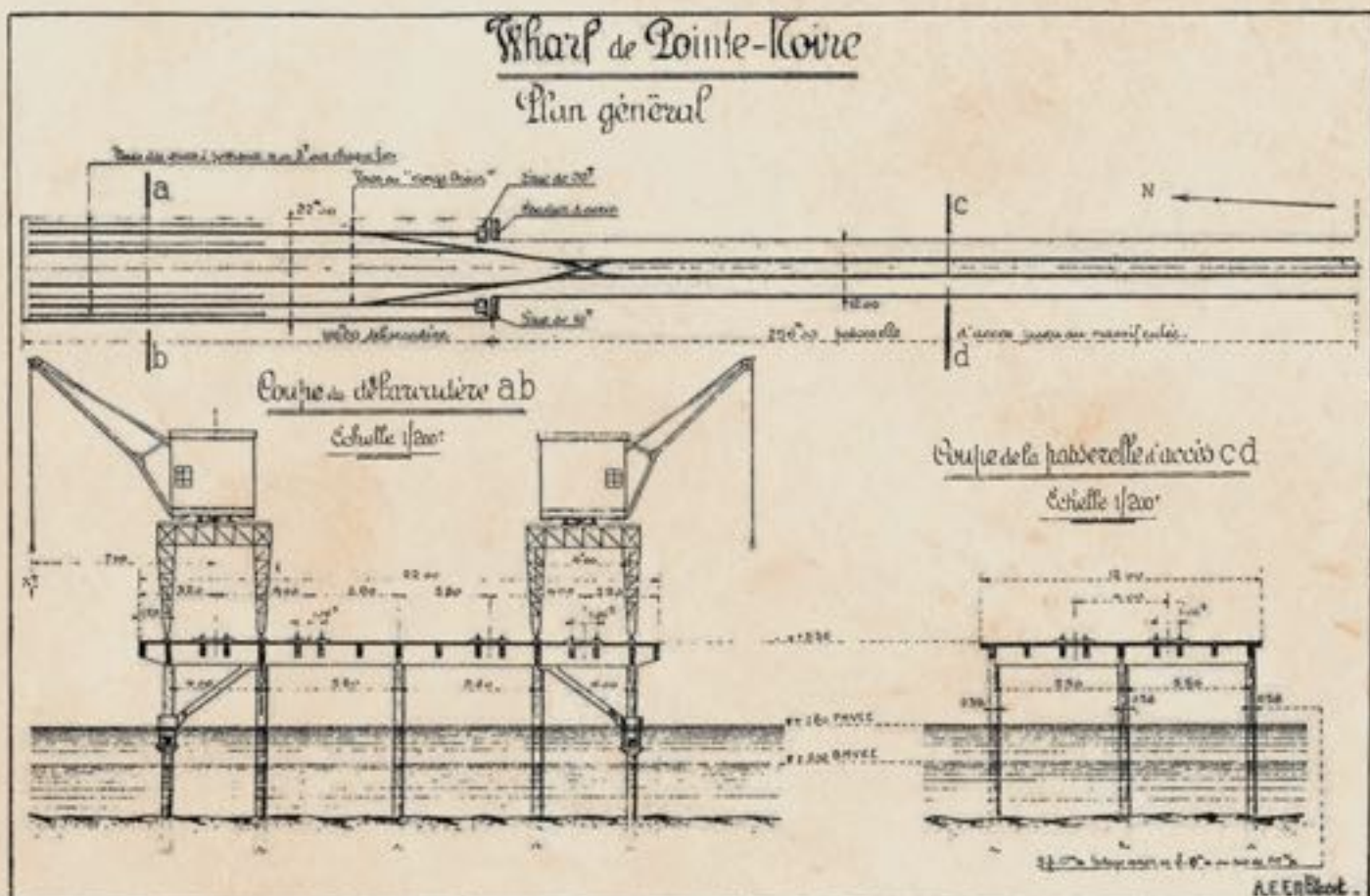
mais international par l'utilisation, n'a-t-il pas été conçu pour assurer le transport annuel d'un million de tonnes par trafic uniquement de jour, et de deux millions de tonnes par trafic continu de jour et de nuit?

Tous ces efforts dirigés dans un but unique, exigent, qu'à Pointe-Noire, les navires puissent trouver un port équipé de façon moderne, c'est-à-dire avec des quais à grande profondeur, des terre-pleins et des magasins de capacité suffisante, un outillage mécanique aussi important que dans les meilleurs ports d'Europe et, pour les navires, des facilités de ravitaillement en eau, en charbon, en mazout, ainsi que des possibilités de réparation d'avaries de route. D'un point de vue plus particulier, Pointe-Noire doit être capable de concurrencer avantageusement ses rivaux possibles et probables de Lobito-Bay (Angola Portugais), et Boma ou Banane (Congo-Belge) dans l'exportation des produits agricoles et miniers du centre africain; nous ne citons que pour mémoire Matadi qui, malgré les efforts dignes de louanges des ingénieurs belges, sera toujours en état d'infériorité en raison des difficultés insurmontables d'amélioration de la navigation dans les passes de Fetisch Rock, de Camoëns, du Chaudron d'Enfer...

L'œuvre à accomplir à Pointe-Noire est immense; mais à quoi servirait-il d'être Français si nos ingénieurs et nos conseils techniques métropolitains et coloniaux n'étaient pas capables de résoudre les problèmes les plus ardu.

Pointe-Noire se doit d'être, dans l'avenir, non plus escale, mais tête de ligne des compagnies de navigation, de façon à mettre Bordeaux à 13 jours de l'Afrique équatoriale par service direct, au lieu de 23 jours comme actuellement; tête de ligne également de lignes annexes desservant Port-Gentil, Libreville (et même Douala) au Nord, Boma, Matadi (et même Saint-Paul de Loanda) au Sud.

Depuis l'avant-projet sommaire du lieutenant de vaisseau Audouin, chef de la mission hydrographique de 1910, projet estimé 44 millions et demi, et rejeté à l'époque comme « n'intéressant pas la période dans laquelle allait rentrer la colonie », une seule étude avait été faite, en 1921, par le colonel du génie Thomasset, inspecteur général des Travaux publics de l'Afrique équatoriale, comportant une digue de 1 500 mètres de long enracinée à la pointe, 1 165 mètres linéaires de quais à grande profondeur et 1 170 mètres de quais à faible profondeur; l'ensemble était estimé, en mars 1922, à 33 millions de francs



Ainsi, les deux seules études, faites sur le terrain en 1911 et en 1921, indiquaient, avec les coefficients de majoration nécessaires, un ordre de grandeur de dépense de 200 à 250 millions de francs pour les ouvrages maritimes proprement dits du port en eau profonde (francs papier de 1930).

Nos propres recherches nous ont, comme on le verra amenés à fixer de 225 à 250 millions la dépense des travaux d'infrastructure de la première étape d'un port comprenant 1 875 mètres linéaires de digue,

terrain solide, dans la partie Sud-Est de pointe, vers la cote + 4,00 ; cette digue, qui suit d'abord sensiblement l'arête de l'éperon sous-marin prolongeant la pointe, sur 500 mètres environ, s'incurve ensuite vers le Nord-Nord-Est par une courbe de 400 mètres de rayon permettant le passage des voies du titan de pose des blocs dont est constituée la digue ; l'ouvrage atteint les fonds de - 12,00 à - 13,00 et conserve cette cote de fondation sur 1 kilomètre environ de longueur. Les deux

l'accostage des navires de 10 et 11 mètres de tirant d'eau (grands cargos de charbons et minerais, mazoutiers) ; l'autre, à 250 mètres au Sud-Est du premier, a 500 mètres de long et 150 mètres de largeur minima, et permet, sur une face, l'accostage de navires de 9 et 10 mètres de tirant d'eau (navires de charge), sur l'autre face, l'accostage des navires de 7 à 9 mètres de tirant d'eau (annexes et caboteurs). Les deux môles sont reliés à la pointe par une zone remblayée protégée au Sud par la digue et au



Vue de Pointe-Noire avec château d'eau.



Une rue à Pointe-Noire.

1 400 mètres linéaires de quai à grande profondeur et 800 mètres linéaires de quai à profondeur moyenne ou faible (port de batelage inclus).

Indépendamment de la rédaction du projet du port de batelage de Pointe-Noire dont il a été question plus haut, et, accessoirement, de la mise au point des programmes d'amélioration des ports de Libreville et Port-Gentil, nous avons eu en effet, de 1928 à 1930, à nous occuper de l'étude du port en eau profonde de Pointe-Noire et de la mise au point du programme des travaux à envisager pour répondre à toutes les possibilités d'avenir. Guidé et conseillé par deux maîtres éminents, MM. Watier, directeur des ports maritimes au Ministère des Travaux publics, et Laroche, professeur de Travaux maritimes à l'École des Ponts et Chaussées, nous avons, avec l'approbation de M. Antonetti, gouverneur général de l'Afrique équatoriale française, et l'appui de M. Maître-Devallon, inspecteur général des Travaux publics des Colonies, présenté, en janvier 1931, au Comité des Travaux publics des Colonies, un projet complet de port, réalisable avec les ressources prévues à la loi d'emprunt.

Adopté à l'unanimité, et compte tenu de retouches de détail indiquées au cours de la discussion du Comité, le projet comporte :

a) Une digue de protection enracinée en

orientations principales sont ainsi, dans les petits fonds, perpendiculaire à la direction de la houle, et, dans les grands fonds, parallèle à cette même direction ; toute la partie à faible profondeur est d'ailleurs assise sur le plateau rocheux et ne craint guère les affouillements. Le profil en travers type, inspiré d'un ouvrage analogue en construction actuellement à Tamatave d'après un de nos précédents projets, comporte un noyau d'enrochements de 15 à 500 kilogrammes arasé à la cote - 1,00, recouvert lui-même d'une couche de blocs naturels de 500 à 2 000 kilogrammes arasée à + 0,50. La partie supérieure de la digue, celle dont le poids est indispensable pour maintenir en place les enrochements sous-jacents, comprend une série de blocs arrimés de $4 \times 3 \times 2$ m, surmontée elle-même, de la cote + 2,50 à la cote + 4,00, d'une dalle en béton armé de 10 mètres de large, faite sur place par tronçons de 5 à 6 mètres ; le talus antérieur, exposé au large, a une pente faible (2/1 à 3/1) et est revêtu d'une couche de blocs artificiels, ou plus économiquement, si les carrières peuvent les fournir, de blocs naturels de 15 à 25 tonnes. L'ensemble réalise ainsi le type « dos de tortue » que l'expérience a sanctionné.

b) Deux môles obtenus par remblaiement à la cote moyenne + 4,00 ; l'un, appuyé à la digue, a 600 mètres de long et 100 mètres de largeur minima, et permet

Nord par des talus perçoyés. Fait également partie de la première étape des travaux la construction d'un quai de 200 mètres de longueur au fond de la darse constituée entre les deux môles (paquebots à passagers), et d'un quai de 150 mètres de long destiné aux chargements des bois.

Il ne nous a pas paru avantageux d'envisager la création de profondeurs par dragages, tant en raison de la nature des terrains qui constituent le fond de la baie, que de la trop faible largeur de la pointe, ne permettant pas l'établissement de terre-pleins assez vastes ; il était, au contraire, intéressant, étant donné l'emplacement antérieurement fixé pour la ville et les constructions déjà faites, de créer une emprise sur la mer, de manière à augmenter la zone commercielement utilisable, et permettre le développement d'industries annexes dans le voisinage immédiat des installations de débarquement.

Nous avons, autant que possible, placé les quais parallèles à la direction moyenne des vents, de manière à permettre l'accostage ou le déhalage des bateaux avec le minimum de manœuvres et de risques.

Ajoutons enfin, que notre tracé a été étudié de manière à ce que les travaux de construction d'une étape puissent s'effectuer dans le cadre d'un plan général, et au fur et à mesure des accroissements de trafic, surtout sans que les parties du port déjà exploitées aient à être modifiées ou

soient gênées par l'exécution des travaux complémentaires. C'est ainsi que les deux môles, prévus en première étape, pourront être, si le besoin s'en fait sentir, allongés de 150 à 200 mètres ; un troisième môle, par profondeurs de 5 à 7 mètres, a également sa place dans le programme de deuxième étape (extension future du cabotage), ainsi qu'une base d'hydravions et un engin de radoub, cale ou dock flottant.

Bien que l'abri obtenu par la digue paraîsse suffisant, il a été envisagé, soit un allongement à la demande, soit la construction d'une jetée transversale destinée à briser la houle réfléchie sur la côte Nord-Est, la première solution ayant d'ailleurs la préférence des marins. En tout état de cause, cette digue transversale, si elle était exécutée, serait constituée par un simple massif d'enrochements arasé à la cote + 1,00, ou encore, étant fort peu exposée, par des caissons de béton amenés par flottaison et remplis de sable ou de déchets de carrière.

Contrairement au profil type de la digue qui est définitivement arrêté, aucun profil type de quai ne sera imposé aux entrepreneurs chargés de l'exécution des ouvrages, l'Administration estimant de son intérêt de laisser entière liberté aux constructeurs sous réserve d'une résistance et d'une stabilité suffisantes ; pour éviter toute surprise, nos évaluations ont d'ailleurs été faites en partant du profil classique trapézoïdal en blocs arrimés. Les travaux de la première étape comprennent près de

2 000 mètres de quais à grande et moyenne profondeur, ce qui permet d'assurer le trafic maximum prévu pour le chemin de fer : on peut, en effet, admettre que, dans un port convenablement outillé, on manutentionne, par mètre linéaire de quai et par an, 500 tonnes de marchandises diverses et 1 000 à 1 500 tonnes de matières pondéreuses ; en prenant une moyenne générale de 700 tonnes, qui doit être considérée comme faible, on pourra ainsi faire place à un trafic d'environ 1 500 000 tonnes ; la construction du troisième môle permettrait de dépasser largement un trafic de 2 000 000 de tonnes.

Techniquement parlant, la réalisation du port n'offre aucune difficulté particulière ; mais la dépense sera assez forte par suite de l'éloignement, à une centaine de kilomètres des chantiers, des carrières susceptibles de donner un rendement et une qualité convenables de matériaux pierreux. Le prix de revient des ouvrages en maçonnerie sera encore augmenté du fait que, si, sur une cinquantaine de kilomètres à partir des gisements, on peut utiliser le fleuve Kouilou, navigable en toute saison, il est nécessaire de construire ensuite, pour éviter une barre d'embouchure dangereuse et souvent impraticable, une voie ferrée longeant la côte sur 52 kilomètres de longueur ; la colonie paraît même envisager la possibilité de supprimer toute rupture de charge et d'établir une voie ferrée reliant directement la carrière au port.

Les quantités prévues à l'avant-métré sont, en chiffres ronds, de 3 500 000 mètres cubes pour les remblais, 1 000 000 de tonnes pour les enrochements de moins de 500 kilogrammes (pierres cassées destinées aux bétons comprises), et 250 000 tonnes pour les enrochements de plus de 500 kilogrammes. L'estimation, faite en partant des prix pratiqués en 1930 avec les majorations corrélatives de travaux à la mer et des bénéfices d'entreprise très largement calculés, donne pour les ouvrages à la mer proprement dits (digue et môles), un chiffre de 232 millions. En y ajoutant les dépenses prévues pour la construction en règle de la voie ferrée de carrière (18 millions) et pour l'outillage du port (50 millions), on arrive au total de 300 millions de francs.

Si élevée que paraîsse cette dépense, elle n'est pas hors de proportion avec l'importance économique des ouvrages, et il n'est même pas exagéré d'escompter que, peu après l'ouverture du port, les bénéfices suffiront à faire face aux paiements des annuités de l'emprunt, soit environ 15 millions par an ; en demandant à chaque tonne manutentionnée un bénéfice net de 30 francs, un trafic annuel de 500 000 tonnes suffira à assurer l'équilibre budgétaire ; c'est un peu plus que le trafic actuel du chemin de fer à voie étroite de Matadi à Kinshassa ; c'est un peu moins que le trafic actuel de l'A. E. F.

L'avenir peut donc être envisagé avec confiance.

M. BLOSSET.



Le wharf de Points-Noirs.

RÉPERTOIRE DES FOURNISSEURS

MATERIEL DE TERRASSEMENT



AMMANN
AMMANN France - 21 Les Moulins France
2755 rue de la Zénonne - 94046 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 30 69 83 39
E-mail : info@ammann-group.com
www.ammann-group.com



Bobcat
BOBCAT/BPV - B.P.3 - 27320 NONANCOURT
N° 99 111 111
Numéro Indigo
0 825 08 43 81



SODINEG
FRANCE
PLUS DE 350 MACHINES ET
700 ÉQUIPEMENTS EN TP, PL,
LEVAGE ET MANUTENTION
T : 00 33 (0)3 23 04 00 68
F : 00 33 (0)3 23 68 33 80
Mail : sodineg@wanadoo.fr
DEPOTS 02 ET 74

■ CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES

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

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

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

■ NIVELEUSE AUTOMOTRICE

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

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR CHENILLES

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

■ ÉQUIPEMENTS POUR ENGIN DE TERRASSEMENT

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

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

■ MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE

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

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES

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

■ TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ

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

■ CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LOADER)

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

MATERIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION



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

MATERIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES



AMMANN
AMMANN France - 21 Les Moulins France
2755 rue de la Zénonne - 94046 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 30 69 83 39
E-mail : info@ammann-group.com
www.ammann-group.com



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



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

METALLIANCE

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

■ MACHINE POUR LA STABILISATION ET LE RECYCLAGE DE CHAUSSÉES

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

MATERIEL TOPOGRAPHIQUE - LASER - GUIDAGE D'ENGIN

■ TRAVAUX SOUTERRAINS



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

■ LEVÉE BATHYMÉTRIQUE



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

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

MATERIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE



Concassage, broyage, criblage, maintenance

Metso Minerals (France)
11, rue de la République - 71006 Mâcon Cedex
Tél. : 03 85 07 30 00 - Fax : 03 85 07 30 01
www.metso.com

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

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

INSTALLATIONS MOBILES DE CONCASSAGE-CRIBLAGE

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

MATERIEL FLOTTANT ET MATERIEL DE PLONGEE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE

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

MATERIEL DE SONDRAGE, FORAGE, FONDATIONS SPECIALES ET INJECTION



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

DÉSABLEUR DE BOUES

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

SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

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

POMPES À BOUES

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

PRESSE D'INJECTION

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

MATERIEL SPECIAL POUR LA POSE DE CANALISATIONS



MARais CONTRACTING SERVICES
1, rue Pierre et Marie Curie
49430 DURTAL
Tél : 02 41 96 16 90 - Fax : 02 41 96 16 99
Email : info@marais.com - Web : www.marais.com

TRANCHEUSE

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

MATERIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS



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



Ducrocq Ingénierie Process
ZA Ecoles 63020 MONTREUILAUX
Tél : 03 21 99 02 60 - Fax : 03 21 99 02 61
E-mail : ducrocq.industrie@wanadoo.fr
Site Internet : www.ducrocq-ingenierie-process.com

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

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

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

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

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

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

ENGIN DE BOULONNAGE

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

ENGIN DE FORATION

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

MATERIEL POUR TRAITEMENT DE LA TERRE



Lhoist France
Une société du Groupe Lhoist
100, Rue de France - 97000 Pointe à Pitre
Tél. : +33 (0)1 93 45 50 00 - Fax : +33 (0)1 93 45 50 14
www.lhoist.com

BUREAU ETUDES



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



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

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

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

MATÉRIEL POUR LES TRAVAUX PUBLICS

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

MATÉRIEL D'ALIMENTATION EN EAU ET D'ÉPUISEMENT

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

MATÉRIEL DE BATTAGE ET D'ARRACHAGE

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

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

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

MATÉRIEL DE TERRASSEMENT

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

MATÉRIEL DE TRANSPORT ROUTIER

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

MATÉRIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

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

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

MATÉRIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

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

MATÉRIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE

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

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

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

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

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

BARAQUEMENTS

- BARAQUEMENT MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- BARAQUEMENT MOBILE DE CHANTIER

MATÉRIEL FLOTTANT ET MATÉRIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

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

MATÉRIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPÉCIALES ET INJECTION

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

MATÉRIEL SPÉCIAL POUR LA POSE DE CANALISATION

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

MATÉRIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS

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



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

STRRES

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

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

Le STRRES est adhérent de la FNTF.

Retrouvez sur www.strres.org :

Les guides



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

Les entreprises



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

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

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

STRRES

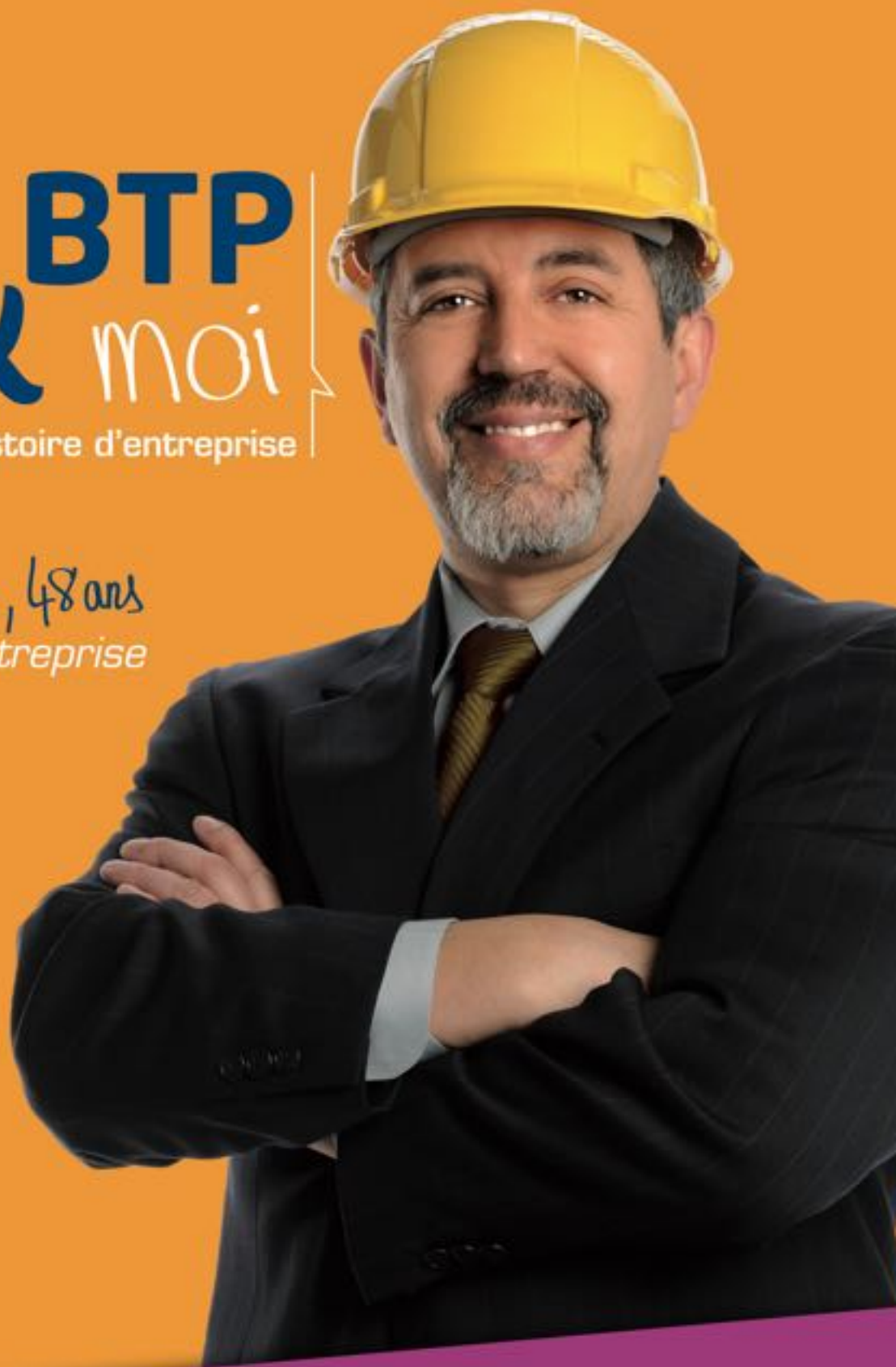


NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

PRO BTP & moi

c'est aussi une histoire d'entreprise

*Claude, 48 ans
chef d'entreprise*



RETRAITE PRÉVOYANCE SANTÉ ÉPARGNE ASSURANCES ACTION SOCIALE VACANCES



www.probtp.com

PRO BTP
GROUPE