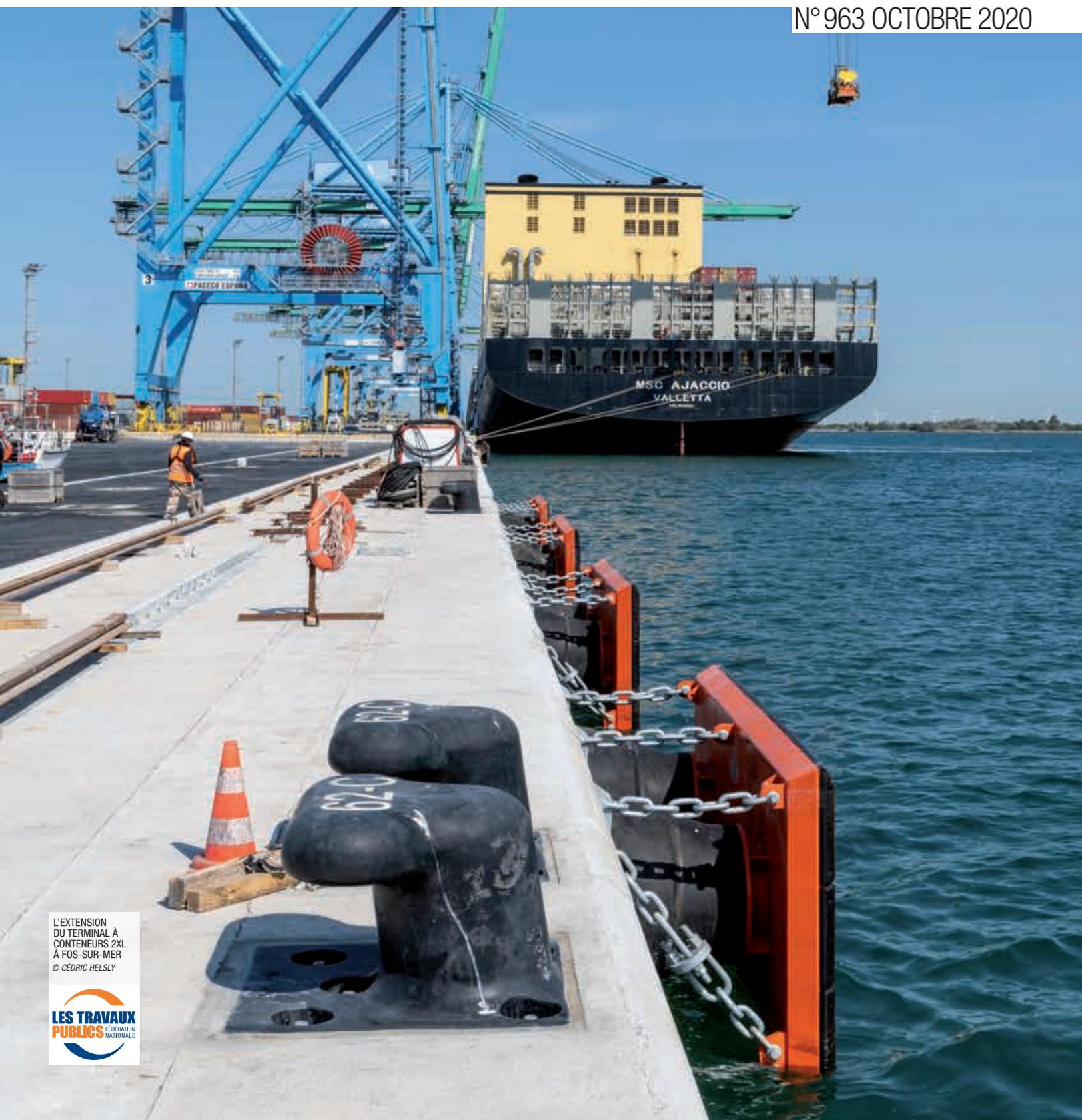


TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX. PORT DE LA VIGNE A LEGE-CAP-FERRET. ARRACHAGE EN SEINE DE PIEUX. EXTENSION DU TERMINAL A CONTENEURS 2XL A FOS-SUR-MER. NOUVELLES FONDATIONS POUR LE PONT FELIX HOUPHOUET-BOIGNY A ABIDJAN. UN QUAI EOLIEN A PORT-LA NOUVELLE. MONACO - URBANISATION EN MER - ANSE DU PORTIER - INSTALLATION DES CAISSONS. RACCORDEMENT ELECTRIQUE DU PARC EOLIEN EN MER DE SAINT-NAZAIRE. TRESORS DE NOS ARCHIVES : LE HAVRE PORT 2000

N°963 OCTOBRE 2020



L'EXTENSION
DU TERMINAL A
CONTENEURS 2XL
A FOS-SUR-MER
© CÉDRIC HELSLY

PRO BTP LE MEILLEUR DE LA PROTECTION SOCIALE

SANTÉ
PRÉVOYANCE
ASSURANCES
ÉPARGNE
RETRAITE
VACANCES
ACTION SOCIALE



PRO BTP
GROUPE

Directeur de la publication
Bruno Cavagné

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

Comité de rédaction

Erica Calatizzo (Systra), Jean-Bernard Datry (Setec), Olivier de Vriendt (Spie Batignolles), Philippe Gotteland (Fnfp), Florent Imbert (Razel-Bec), Nicolas Law de Lauriston (Vinci), Romain Léonard (Demathieu Bard), Claude Le Quééré (Egis), Véronique Mauvisseau (Ingerop), Stéphane Monleau (Soletanche Bachy), Jacques Robert (Arcadis), Solène Sapin (Bouygues Construction), Claude Servant (Eiffage), Nastaran Vivan (Artelia), Michel Morgenthaler (Fnfp)

Ont collaboré à ce numéro

Rédaction
Monique Trancart (actualités),
Marc Montagnon

Service Abonnement et Vente

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

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

Publicité

Rive Média
10, rue du Progrès - 93100 Montreuil
Tél. : 01 41 63 10 30
www.rive-media.fr

Directeur de clientèle
Bertrand Cosson -
b.cosson@rive-media.fr
L.D. : 01 41 63 10 31

Site internet : www.revue-travaux.com

Édition déléguée

Com'1 évidence
2, chemin dit du Pressoir
Le Plessis
28350 Dampierre-sur-Avre
Tél. bureaux : +33 (0)2 32 32 03 52
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).

Éditions Science et Industrie SAS
9, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n°0218 T 80259
ISSN 0041-1906

TRAVAUX MARITIMES ET COVID-19 : QUELQUES ÉLÉMENTS D'ANALYSE



© BF

L'épidémie de COVID-19 a plongé en 2020 le monde entier dans une crise sanitaire sans précédent.

Que retenir de cette crise sanitaire sur nos activités ? Mieux que quiconque, les entrepreneurs de la construction savent que, derrière les chantiers, il y a des hommes et des femmes sans qui rien ne serait possible. Après s'être engagée de longue date avec force et détermination dans la prévention en matière de sécurité et dans la préservation de l'environnement, la filière construction a montré sa capacité à s'adapter et se réinventer en un temps record en matière d'hygiène.

Cette crise nous a conduits à réfléchir avec tous les acteurs de la prévention et avec tous les intervenants dans l'acte de construire, pour remettre l'hygiène au centre des priorités, donner ainsi confiance à nos salariés, reprendre ou poursuivre l'activité autrement, selon un protocole strict.

Repenser nos méthodes de travail, préparer plus soigneusement encore nos chantiers, et veiller davantage encore à la tenue de nos sites font désormais partie de notre quotidien et seront assurément une source d'amélioration durable. Ces nouvelles habitudes doivent être capitalisées, nous devons apprendre de cette crise sanitaire pour pouvoir demain faire face autrement que par l'arrêt massif de l'activité.

N'oublions cependant pas que les surcoûts liés aux nouvelles règles de sécurité sanitaire ne sauraient reposer sur les seules entreprises. Ils devront nécessairement faire l'objet d'un partage équilibré entre les différents acteurs.

Par ailleurs, au-delà de l'incidence immédiate sur l'activité, la crise économique provoquée par le coronavirus pourrait probablement être la plus dévastatrice depuis 150 ans, jamais autant de pays n'ayant connu simultanément une telle récession.

Les travaux maritimes sont un secteur d'activité qui repose pour partie sur la commande publique (État, grands ports maritimes, collectivités locales) et beaucoup sur celle de grands donneurs d'ordre privés internationaux : opérateurs portuaires (trafic conteneur, vraquier, roulier ou croisière), opérateurs gaziers et pétroliers, et, dernièrement, producteurs d'énergie éolienne.

Plusieurs tendances se dégagent déjà sur nos marchés, notamment côté donneurs d'ordre publics, où l'incertitude plane sur le maintien des investissements prévus, compte tenu de l'état des finances publiques. Des difficultés accrues sont rencontrées par les grandes compagnies pétrolières, certaines majors traversent une période de crise avec suppression massive de postes et ajournement ou reprogrammation des projets à l'international. Le secteur des croisiéristes semble s'orienter vers un report des investissements.

Lueur d'espoir toutefois, concernant les projets privés de création ou de modernisation d'infrastructures portuaires dédiées aux marchandises (conteneurs, vrac ou roulier), dont le lancement ne semble pas être altéré par la crise à ce jour. Les projets d'approfondissement de quais, pour tenir compte de l'augmentation du tirant d'eau des navires, continuant, notamment, d'alimenter le pipeline des affaires sur les cinq continents.

En matière d'énergies marines renouvelables, le marché de l'éolien offshore posé et flottant continue d'afficher un dynamisme important en Europe, et en France aussi, laquelle accuse un retard par rapport à ses voisins européens.

Enfin, gageons qu'au-delà de l'audace et de l'inventivité des entreprises françaises dans leur réponse technique aux projets d'infrastructures maritimes, elles feront désormais la différence avec des standards hygiène rehaussés, tout comme elles ont contribué à porter à un haut niveau d'exigence la sécurité des opérations et le respect de l'environnement partout où elles interviennent.

EDGAR COULOMB

DIRECTEUR GÉNÉRAL EIFFAGE GÉNIE CIVIL MARINE



TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

L'EXTENSION DU TERMINAL A CONTENEURS 2X1 A FOS-SUP-MER © CÉDRIC HELSLY





04 ALBUM

06 ACTUALITÉ



16

ENTRETIEN AVEC PASCAL GABET

HAROPA -
PORT DE ROUEN TRANSFORMER
ET PÉRENNISER DANS LE CADRE
DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

22 GROUPE ETPO (CIFE) : REGARDER VERS L'AVENIR SANS OUBLIER LE PASSÉ



TRAVAUX D'AMPLEUR POUR LE PORT DE LA VIGNE

à Lège-Cap-Ferret

ARRACHAGE EN SEINE DES PIEUX DU PONT DE SÈVRES PROVISOIRE

pour le creusement du tunnel du T3a de la Ligne 15 Sud

L'EXTENSION DU TERMINAL À CONTENEURS 2XL

à Fos-sur-Mer

DE NOUVELLES FONDATIONS POUR LE PONT FÉLIX HOUPHOUËT-BOIGNY

à Abidjan

UN QUAÏ ÉOLIEN

à Port-la Nouvelle

MONACO - URBANISATION EN MER - ANSE DU PORTIER

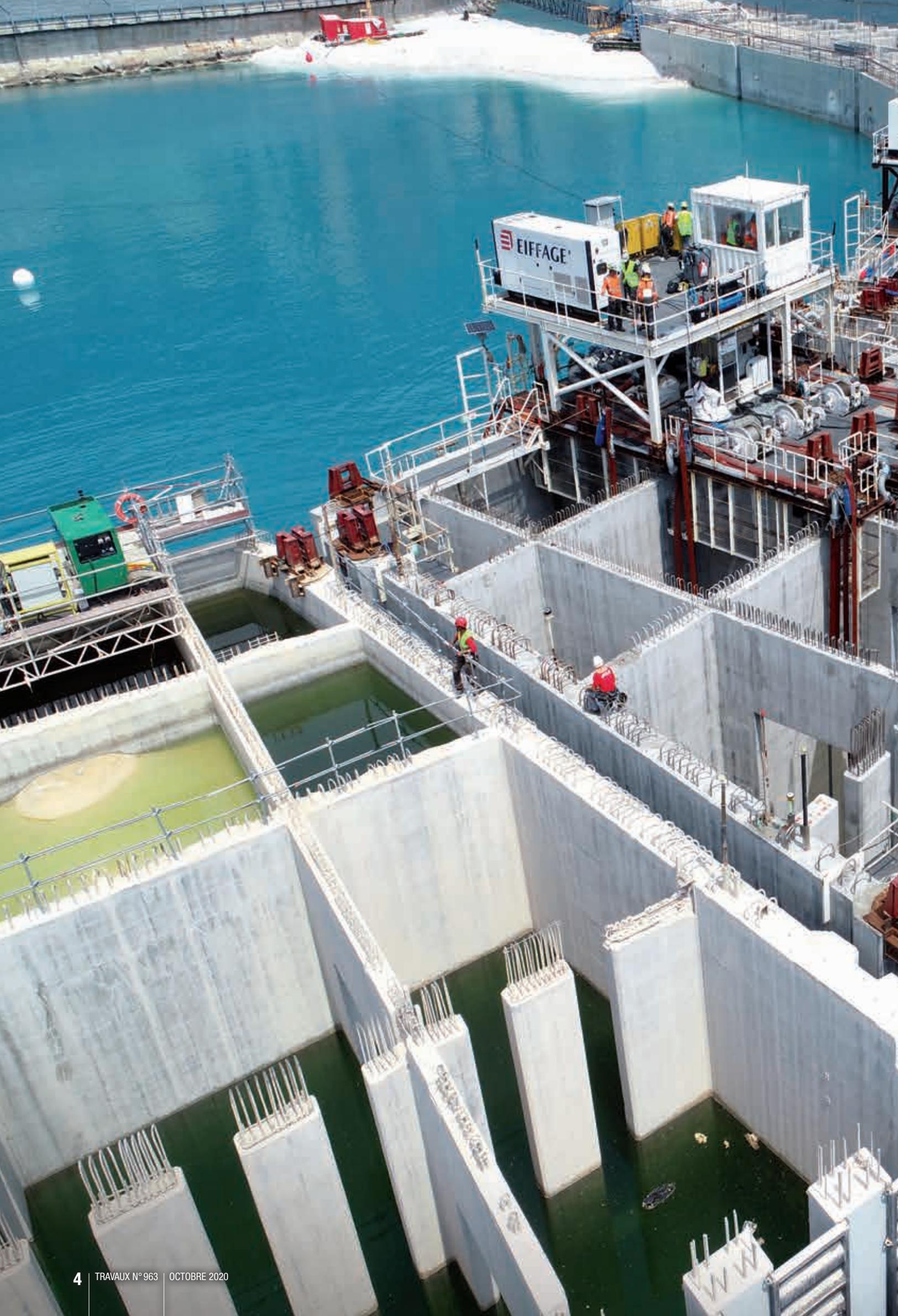
Installation des caissons

RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE DU PARC ÉOLIEN EN MER DE SAINT-NAZAIRE

Travaux d'atterrage

TRÉSORS DE NOS ARCHIVES : LE HAVRE PORT 2000 - CONSTRUCTION DU QUAÏ EXTÉRIEUR EN PAROI MOULÉE

Travaux n°828 - Mars 2006



MONACO ANSE DU PORTIER JUSQU'OU IRONT-ILS DONC ?

Eiffage Génie Civil Marine a réalisé l'installation des 18 caissons en béton armé de 10 000 t chacun constituant la ceinture de la plateforme gagnée sur la mer pour la création d'un éco-quartier de luxe de 6 ha. Les aléas marins habituels, conjugués à des conditions environnementales du plus haut niveau, ont fait de cette opération, réalisée uniquement par la mer, un véritable cas d'école. (Voir article page 70).



DÉBUT DES TRAVAUX DU BARRAGE SEC DE LA BASSÉE (SEINE-ET-MARNE)

Un barrage qui ne se remplira qu'exceptionnellement, entre en phase travaux à la Bassée, sur la Seine. Il réduira les dégâts des crues de la Seine qui se chiffrent en millions d'euros.



© SEINE GRANDS LACS

Secteur de la Bassée, à l'est de Montereau (Seine-et-Marne), où est implanté le casier pilote.

Le défrichement à l'endroit de la digue du barrage sec de la Bassée à l'est de Montereau (Seine-et-Marne) commence cet automne. Ce barrage limitera le niveau de la Seine lors des crues qui ont lieu tous les six ans.

Il ne s'agit pas d'une zone de ralentissement dynamique (déversoir) dont l'effet serait plus local et insuffisant. Ici, la baisse de crue se fera sentir jusqu'au-delà de Mantes-la-Jolie (Yvelines), en aval de Paris.

Ce n'est pas non plus un barrage-réservoir. « *Nous ne pouvons plus construire d'ouvrages permanents et gigantesques à cause de l'impact sur l'environnement et de la stérilisation de territoires,* » explique Grégoire Isidore, directeur de la Bassée et de l'hydrologie de Seine Grands Lacs, établissement public territorial de bassin (EPTB), maître d'ouvrage du projet.

Seine Grands Lacs émane de Paris, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. Il a pour mission de gérer le risque inondations dans le bassin de la Seine, de maintenir les débits en saison sèche de la Seine, l'Yonne, l'Aube et la Marne, de préserver la biodiversité et de venir en appui des territoires.

Pour réguler le débit du fleuve et de ses affluents en amont de Paris, il dispose

déjà de 4 barrages-réservoirs. Cela ne suffit pas.

Le stockage de la Bassée agit sur la Seine mais, en réalité, il compense une crue éventuelle de l'Yonne qui la rejoint à Montereau. Ainsi est-ce la mesure du pic de crue de l'Yonne à Auxerre (Yonne), à une centaine de kilomètres au sud, qui va enclencher 24 heures plus tard le pompage sur la Seine. Le barrage sec se remplit en 66 heures et se vide en 4-5 jours après une quinzaine de jours de crue.

Les 356 ha de la Bassée, entre Marolles-sur-Seine et Bray-sur-Seine⁽¹⁾, n'abritent pas d'habitations mais des étangs d'anciennes gravières (192 ha), du stationnement de bateaux et de barges, des jardins, des espaces de chasse, un peu d'agriculture, des bois, etc.

→ **Dans un milieu dénaturé**

Du fait de l'immersion possible, les propriétaires sont dédommagés sur la perte de valeur de leur terrain. Après chaque événement, Seine Grands Lacs remet en état le site dont les chemins carrossables, et compense la perte de chiffre d'affaires des activités commerciales. « *Ce secteur de la Bassée a été choisi car il est déjà dénaturé par les gravières et par la canalisation de la Seine,* développe Grégoire Isidore. *Le fleuve ne déborde*

plus, les zones humides et la plaine alluviale ont disparu. » Néanmoins, le projet n'ignore pas la préservation de l'environnement.

Les travaux préparatoires qui durent un an à partir d'octobre, comprennent la suppression d'espèces végétales invasives, la mise en culture hors du site d'espèces menacées par le casier, par exemple des noisetiers, des plantes semi-aquatiques. La présence du muscardin (rongeur) qui peut avoir des difficultés à franchir la digue au moment du remplissage, sera renforcée à l'extérieur. À ces compensations écologiques réglementaires, s'ajoutent des mesures d'accompagnement. « *Autour du casier, nous*

recréons des zones de valorisation écologique typiques de la Bassée avant les gravières et la canalisation de la Seine : zones et prairies humides, mares, prairies sèches, maintien des boisements anciens, reconnexion entre un ancien méandre de la Seine et le fleuve, etc. » indique Grégoire Isidore.

→ **Des millions de dégâts en moins**

La digue de près de 8 km et de 2,50 m de haut en moyenne, et la station de pompage (42 m³/s) seront construites de fin 2021 à 2024, année où le barrage entre en service.

Le casier de 10 millions de mètres cubes d'eau abaissera le niveau de l'eau de 10 cm à Montereau et de 8 cm à Paris en comparaison avec la dernière grosse crue de 2018⁽²⁾. L'EPTB a calculé qu'il évitera ainsi 15,5 millions d'euros de dégâts par an, calculés sur 120 ans (vingt crues de six ans).

À partir de ce casier pilote, les collectivités territoriales décideront ou non d'étendre le projet aux 2300 ha disponibles. Si neuf autres casiers étaient créés, soit 55 millions de mètres cubes d'eau stockables au total⁽³⁾, les économies grimperaient à 70 millions d'euros par an.

→ **50 % payés par l'État**

L'établissement public s'est appuyé sur l'expertise de Setec avec Artelia et du bureau d'études environnement Eco-sphères. Luc Weizmann, architecte, a conçu la station de pompage et Land'Act, l'aménagement paysager sur les digues. Coût du 1^{er} casier : 115 millions d'euros TTC réglés à 50 % par l'État (fonds Barnier), 30 % par la Métropole du Grand Paris, et 20 % par Seine Grands Lacs. ■

⁽¹⁾ Sur les communes de Châtenay-sur-Seine, Égigny, Balloy et Gravon.

⁽²⁾ Les crues à Paris dépendent également du débit de la Marne, plus en aval.

⁽³⁾ Cf. Travaux n°895, mars 2013, page 12.



© LUC WEIZMANN ARCHITECTES

Huit pompes vont transférer l'eau de la Seine en crue vers le barrage sec.

LA PROGRESSION DES RENOUVELABLES LIMITÉE À L'ÉLECTRICITÉ



Centrale électrique à base de solaire thermique au Danemark.

« L'essor des énergies renouvelables se limite à l'électricité », constatent les auteurs du Rapport sur la situation mondiale des énergies renouvelables 2020 de REN21, réseau de 2000 personnes membres de gouvernements, d'ONG, d'organismes, des scientifiques et des industriels. « Les avancées sont loin d'être suffisantes concernant la chaleur, le froid et les transports. Là, les barrières aux renouvelables sont quasiment les mêmes qu'il y a dix ans. » (communiqué de juin).

En chaleur et froid, 10% de la consommation sont couverts par des renouvelables, en transport, 3,3% (2017), alors que la part monte à 26% en usages électriques. « Il y a 7,2 millions de véhi-

cules électriques sur la route dans le monde en 2019, attention à s'assurer que l'électricité vient des renouvelables, a mis en garde Duncan Gibb (Canada), analyste à REN21, lors de la présentation du rapport⁽¹⁾. L'Autriche y veille. » Encore faut-il faire le tri entre technologie vraiment écologique ou non. « Prenez les voitures électriques et l'hydrogène, abonde Rana Adib, directrice générale de REN21. Ces technologies ne sont vertes que si elles sont alimentées par des énergies renouvelables. »

Le rapport de 367 pages souligne l'importance des politiques publiques en faveur des énergies actuellement, qu'elles soient renouvelables ou fossiles.

En 2018, les énergies fossiles dominaient largement dans la consommation

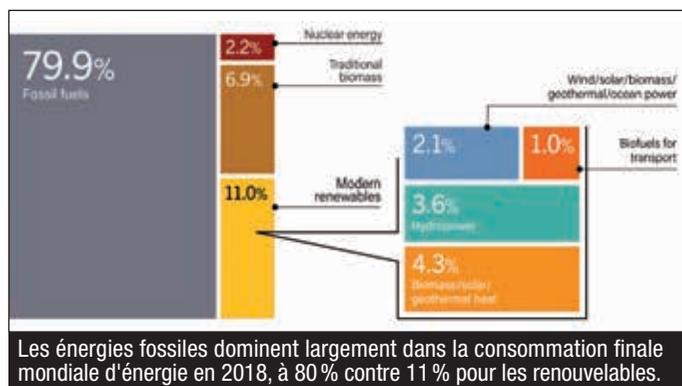
finale d'énergie, à 80% contre 11% pour les renouvelables.

→ Méconnaissance du froid et du chaud

Il pointe des soutiens depuis de nombreuses années « particulièrement axés sur l'électricité » alors que la chaleur et le froid accaparent 51% de la consommation d'énergie (2017). « Les gens ont peu conscience de la consommation d'énergie pour la chaleur ou le froid et connaissent mal les procédés, l'électricité se voit plus (on allume la lumière), » avance Duncan Gibb comme une des raisons de ce biais en faveur de l'électricité.

www.ren21.net/reports/global-status-report/. ■

⁽¹⁾ Webinaire en anglais sur : www.ren21.net/news/videos-and-podcasts/.



Les énergies fossiles dominent largement dans la consommation finale mondiale d'énergie en 2018, à 80% contre 11% pour les renouvelables.

PRÈS DE 9500 OUVRAGES DE RÉTABLISSEMENT DE VOIES AIDÉS PAR L'ÉTAT

Le ministère des Transports a publié la liste des ouvrages d'art de rétablissement de voies de collectivités territoriales pouvant prétendre à un partage avec l'État des frais de surveillance et d'entretien (loi Didier du 7 juillet 2014). La voie territoriale "portée" doit être antérieure à la nationale, qu'il s'agisse d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'une voie navigable.

L'État avait repéré 15 400 ouvrages de franchissement, début août 2019⁽¹⁾, et avait soumis ce recensement provisoire aux collectivités qui avaient jusqu'à fin décembre pour faire leurs observations. Au final, le recensement définitif du

28 juillet ne garde que 9 480 ouvrages : 2 417 en franchissement d'une route nationale non concédée contre 2 700 en provisoire, 2 895 au-dessus d'une voie navigable contre 4 400, et 4 168 surplombant une voie ferrée contre 8 300.

→ Lignes fermées ou vendues

Le caractère de rétablissement d'un certain nombre d'ouvrages n'a pas été clairement déterminé. Pour les routes, ont été exclus les ouvrages bénéficiant déjà d'une convention avec l'État, ceux ne concernant pas le réseau national, ou en passage inférieur, etc. En ferré, sont exclus les lignes fermées ou tronçons vendus, les doublons, les tunnels, etc.

→ Cours d'eau non navigables

Enfin, nombre de rivières sont des cours d'eau naturels, ne sont pas navigables, sont antérieures à l'ouvrage, ou vendues aux collectivités.

Les canaux présentent aussi des particularités qui empêchent l'application de la loi.

Listes et observations sur : www.ecologique-solidaire.gouv.fr/mise-en-oeuvre-loi-didier-recensement-des-ouvrages-dart-retablissement-des-voies. ■

⁽¹⁾ Cf. Travaux n°954, octobre 2019, page 10.

URBANISME TRANSITOIRE : 2 SITES À PARIS-SACLAY

Les offres d'installations temporaires sur deux sites de l'Établissement public d'aménagement de Paris-Saclay devaient être remises en septembre. L'EPA encourage le déploiement de lieux de vie et d'animation éphémères dans les bâtiments existants de son territoire⁽¹⁾.

Deux premiers sites ont donc été choisis sur le Campus urbain, situé sur trois communes : Palaiseau, Orsay et Gif-sur-Yvette (Essonne). Les lauréats du dialogue compétitif travailleront sur le point F, bâtiment de 1973 dans le Carré des sciences, Zac de Moulon, à l'ouest du Campus, et sur un emplacement sur la place Marguerite Perey, côté est du Campus, Zac de l'École polytechnique. L'EPA recourt à la démarche de l'urbanisme transitoire afin d'utiliser les sites en attente d'un aménagement définitif et/ou de préfigurer des projets d'équipements futurs.

Cet urbanisme éphémère (occupation de quelques jours), temporaire (quelques mois) ou transitoire (jusqu'à des années) est regroupé par l'EPA sous l'appellation "Paris Saclay version bêta".

Le cluster Indura lui a consacré un webinaire le 5 mai avec IDfriches, programme de reconversion de friches initié par la région Auvergne/Rhône-Alpes avec Indura, Axelera, pôle de compétitivité, et le Cerf, pôle de compétences régional.

Signalons le Carnet pratique n°9 sur l'urbanisme transitoire publié par l'Institut Paris Région en 2018 (www.institutparisregion.fr).

Sur Paris-Saclay : <https://beta.epaps.fr>. Webinaire Indura : www.idfriches-auvergnerrhonealpes.fr/actualite/webinaireurbanisme-transitoire

GÉNIES DE LA CONSTRUCTION

Des élèves du collège Pierre Loti de Rochefort (Charente-Maritime) ont remporté un 1^{er} prix Génies de la construction, dans leur catégorie, pour un projet de digues dans le port des Boucholeurs à Châtelailon-Plage, au nord de Rochefort.

Leur projet propose la mise au point et le test de prototypes de digues fractales en protection du littoral contre les vagues. Leur étude montre que les digues de forme fractale (structure qui échappe à la géométrie traditionnelle et qui se répète) sont plus efficaces pour diminuer l'énergie, la hauteur et la réflexion d'une vague.

Seize équipes de collégiens avaient mené à terme un projet pour le présenter aux Génies de la construction 2019-2020 qui a accordé plusieurs prix.

Quatre catégories pouvaient concourir : collège, pro, lycée, supérieur.

En enseignement supérieur, un 1^{er} prix ex-æquo est revenu à des étudiants de l'université de Cergy-Pontoise (Val-d'Oise). L'équipe regroupait des élèves en master 2 génie civil et des licences en sciences de l'ingénieur. Ils ont planché sur la passerelle Marianne à Aubervilliers (Seine-Saint-Denis) construite dans le cadre des Jeux olympiques de 2024.

Le concours est organisé par des structures de l'Éducation nationale et du BTP dont la FNTP.

<https://lesgeniesdelaconstruction.fr/index.php>



© MAIRIE DE CHÂTELAILLON-PLAGE

Le port des Boucholeurs sur lequel ont planché des collégiens de Rochefort (Charente-Maritime).

TERRES EXCAVÉES : DÉFINIR UNE RÉFÉRENCE EN MILIEU URBAIN



© JEAN-REMI MOSSMANN/BRGM

Matériaux excavés lors d'un chantier urbain à Lille (2017), projet Euralille 3000.

Toutes les terres excavées dégradées ne sont pas à bannir. Pourtant, une contamination élevée en valeur mais faible en quantité conduit parfois à les écarter d'un projet d'aménagement ou à les utiliser sur des terrains déjà dégradés. La Métropole européenne de Lille (Mel, Nord) veut éviter de maintenir sur son territoire des secteurs qui resteraient en permanence dégradés alors que d'autres seraient réhabilités. Cela conduirait à un déséquilibre social, économique et éventuellement sanitaire qu'elle refuse. Elle entend assurer une qualité de terre équivalente partout.

Que serait une terre "équivalente" dans ce cadre ? Le Bureau d'études géologiques et minières (BRGM) travaille avec la Mel pour la définir. C'était le sujet de l'intervention de Jean-Remi Mossmann, chargé de projet au BRGM Hauts-de-France, aux journées techniques Reconvertir les friches polluées de l'Ademe⁽¹⁾.

→ Limons de la Métropole européenne de Lille

La démarche se concentre sur les limons du Tertiaire qui couvrent 80 % du territoire de la Mel. Naturellement, ils contiennent des métaux à des teneurs en traces. Les terres dites "naturelles" ont été

caractérisées par l'Institut supérieur d'agriculture de Lille et servent de référence aux projets de réutilisation de terres excavées, y compris en milieu urbain. L'inconvénient, c'est qu'elles les représentent imparfaitement et il peut arriver qu'elles aient des teneurs relativement importantes, jugées normales par ce biais.

« Il devenait important de disposer d'une image des spectres de concentration de métaux et d'éléments chimiques en milieu urbain et péri-urbain, » a indiqué Jean-Remi Mossmann. D'où cette démarche pour définir la référence des limons sur le territoire de la Mel, comme le recommande le *guide de valorisation hors site des terres excavées*⁽²⁾.

→ Zone de confiance

« Même si nous trouvons des valeurs au-dessus des seuils (du guide) et à condition qu'elles soient exceptionnelles dans le lot, nous restons dans une zone confortable de confiance, nous pouvons évaluer le risque que nous prenons et communiquer dessus, » explique Jean-Remi Mossmann qui s'est attaché à calculer la moyenne des teneurs en éléments⁽³⁾ et à définir, à partir de là, un limon de référence pour le milieu urbain lillois.

L'opérateur qui veut savoir quoi faire de son tas de terres peut alors comparer ses caractéristiques à la référence.

La méthode est répliquable sur d'autres sols et devrait être disponible d'ici à la fin de l'année.

→ Se servir des études existantes

Lors de son intervention, Jean-Remi Mossmann a exposé comment il a procédé pour définir la référence. Il s'est servi des analyses de terrain issues d'études d'impact, de plans de gestion, etc. en retenant un ensemble de mesures où les teneurs étaient les plus faibles et en a déterminé des moyennes. Par exemple, en plomb, la référence est fixée à 32 mg/kg mais des valeurs de 40 voire 60 peuvent être admises à condition d'être rares.

Intervention à visionner sur : www.reconversion-friches.ademe.fr, rubrique Programme. ■

⁽¹⁾ Critères d'aide à la décision pour sécuriser l'emploi des terres excavées, initiative, 10 septembre.

⁽²⁾ Guide MTE/DGPR : <http://ssp-infoterre.brgm.fr/guide-valorisation-hors-site-terres-excavées>.

⁽³⁾ Éléments retenus : plomb, mercure, arsenic, nickel, cadmium, chrome, cuivre, somme PCB, total HAP, zinc.

NOUVELLE GARE CENTRALE À GÖTEBORG (SUÈDE)



Le centre de Göteborg (Suède) pourra être traversé en transport en commun et en souterrain. 30 butons soutiennent les parois de tranchées couvertes et celles de la nouvelle gare à 10 m de profondeur.

Groundforce livre 30 butons sur le chantier de la nouvelle gare centrale de Göteborg (Suède). Ces butons hydrauliques modulaires sont les plus grands et les plus puissants jamais conçus par la société anglaise de location de matériel et engins. Ils peuvent résister à des

charges jusqu'à 750 tonnes. Ils sont associés à des tubes d'extension de 1,22 m de diamètre.

NCC, entrepreneur, les utilise depuis janvier pour soutenir les parois des tranchées couvertes destinées au tunnel en sortie de la gare et celles de la "bôte-

gare" souterraine. Il est prévu que les butons restent en place pendant quatre ans.

→ Traverser le centre-ville

La nouvelle gare centrale, à 10 m de profondeur, sert à désenclaver l'existante, terminus jusqu'à présent, et à réduire la circulation dans le centre. Désormais, les voyageurs peuvent traverser Göteborg, 2^e ville de Suède, sans avoir à descendre et à reprendre une autre ligne. Ils emprunteront la Västlänken, ligne dite "ouest", qui relie banlieue nord et banlieue sud. Par ailleurs, ils seront en correspondance directe avec d'autres modes de transport.

→ 6 km de tunnel

La ligne mesure 8 km dont 6 en tunnel, avec 3 stations : Göteborg Central, Haga et Korsvägen. Le chantier a lieu dans un environnement urbain très dense.

Ce projet s'inscrit dans le plan de transport suédois 2014-2025.

Systra travaille sur les gares d'Haga et Korsvägen pour Trafikverket, administration des transports suédois, depuis 2017. ■

BIM : DE LA CONCEPTION À L'EXPLOITATION

□ n Building information modelling (Bim), □ l'expérience enseigne beaucoup de choses. Le webinaire qu'Indura a organisé le 22 juillet sur le passage du Bim en conception au Bim en exploitation a révélé le cheminement d'une telle démarche. « L'intérêt est énorme pour un exploitant, » a affirmé Denis Le Roux, Bim manager chez Setec ALS, maître d'œuvre sur le projet d'échangeur de Sevenans (Territoire de Belfort) sur l'autoroute A36 au croisement avec la RN19, pour Autoroutes Paris-Rhin-Rhône (APRR). Toutefois, « il faut se fixer des objectifs réalisables, ne pas vouloir tout faire en Bim, faire ce qu'on peut, » a-t-il conseillé.

→ Un certain travail

Il faut bien différencier gestion de la maquette numérique et gestion du patrimoine. Le passage du Bim mise en forme de données (maquette) au Bim management où les données sont gérées pour l'exploitation, demande un certain travail, reconnaît Thierry Meunier, responsable Système d'informations géographiques et base de données à la direction

infrastructures, patrimoine et environnement d'APRR.

→ "Bimiser" l'existant ?

La société d'autoroutes n'applique cette démarche, vu l'investissement qu'elle représente, que sur les projets neufs, soit 90 km sur 2500. « Faut-il "bimiser" l'existant, faut-il réserver la démarche à

certain ouvrages, par exemple les plus sensibles ? » s'interroge M. Meunier.

Pour en savoir plus :

De la preuve de concept à l'exploitation, webinaire à visionner sur <https://vimeo.com/showcase/7046286>. ■



Modèle Bim "tel que construit" des toitures du Musée du Louvre (Paris) d'après un relevé en 3D par Art graphique et patrimoine, numérisation qui a remporté un "coup de cœur" du jury aux Bim d'or 2019.

UNE ARENA À PARIS 18^e

L'Arena à la Porte de la Chapelle (Paris 18^e) sera en chantier de l'été 2021 à juillet 2023*. L'équipement servira aux jeux olympiques de 2024 puis au quartier.

La Ville de Paris a confié la conception-réalisation au groupement mené par Bouygues Bâtiment Ile-de-France. Bouygues Énergies & Services réalise les lots techniques et l'entreprise Mathis, les structures en bois, un matériau recommandé sur ces jeux.

L'empreinte carbone du bâtiment est réduite grâce à l'emploi de bois en charpentes et façades (60%), des planchers bois-béton, l'isolation de la grande salle en coton recyclé, des murs en briques de terre fabriquées à partir de déblais du Grand Paris Express.

Cette Arena comprend une salle de 8 000 places, deux gymnases, des locaux de loisirs et commerciaux.

L'ensemble, conçu par les agences d'architecture SCAU et NP2F avec Franck Boutté Consultants (environnement, énergie), est évalué à 125 millions d'euros HT (110 pour le groupement).

* Cf. Travaux n°959, avril-mai 2020, page 11.



Deux ans de chantier.

SINGAPOUR : ÉLECTRICITÉ À REFAIRE

Colas Rail a remporté, début juin, le marché du remplacement de l'alimentation électrique de la ligne de métro léger (LRT) de Bukit-Panjang, commune du centre de Singapour. Montant : 41 millions d'euros (63 millions de dollars).

Ce métro automatique de près de 8 km, avait été mis en service en 1999.

CONFORTER UNE PLAGE

Le village touristique de Porto Novi (Monténégro) doit accueillir ses premiers visiteurs cet automne. Il est situé à Kumbor dans la baie de Kotor, sur la côte adriatique, connue par le passé pour son activité aéronavale et la plongée sous-marine. La plage devait être stabilisée et des digues, construites pour protéger le port.

Briv Construction est chargé des fondations profondes en soutien de la plage. Le groupe implante des pieux depuis 2014, ce qui représente 70 km et 22 000 m³ de béton.

Les pieux descendent à 32 m. Leur diamètre va jusqu'à 800 mm.

Les travaux ont lieu à partir d'une barge. Briv a fait appel à Liebherr pour plusieurs machines, notamment une foreuse LB 24 grâce à laquelle il est possible de forer jusqu'à 3 ou 4 pieux par jour, selon un communiqué.

D'autres machines Liebherr sont utilisées pour les digues : foreuses, pelle à câbles, grue mobile, engin de battage et de forage.



© LIEBHERR

L'entreprise de fondations profondes œuvre à partir d'une barge à Kumbor (Monténégro).

TRAVAUX DANS LES GORGES DE L'ARLY (SAVOIE)



© DÉPARTEMENT DE LA SAVOIE

Au bout de la passerelle, réalisation de la dalle en porte-à-faux sous la culée du nouveau pont et la dalle de répartition, côté nouveau tunnel, aux Cliets dans les gorges de l'Arly.

À la mi-octobre, devait être terminé le nouveau pont aux Cliets sur la route départementale 1212 entre Ugine et Flumet (Savoie), au sud-est d'Annecy. Le secteur est sujet à éboulements (2003, 2014, 2017). Le dernier, de 8 000 m³, le 9 février 2019, a complètement enseveli la route et obstrué le tunnel dans ce passage le plus étroit des gorges de l'Arly.

D'autres points sur l'itinéraire de 10 km font partie du programme de sécurisation de cette RD lancé en 2019 par le Conseil départemental qui y consacre 25 millions

d'euros. Ont déjà été réalisés la sécurisation de 7 secteurs, la réparation de 26 murs et 5 ponts, et des travaux sur les déviations.

→ Nouveau tunnel de 240 m

Aux Cliets, le département a choisi de creuser un nouveau tunnel de 240 m, plus profondément dans la falaise que l'ancien, ce qui entraîne la construction d'un pont de 32 m sur l'Arly dans l'alignement du débouché du futur tunnel en aval, côté Ugine. Le creusement devait débuter en octobre pour une ouverture provisoire fin février 2021.

Le chantier est très complexe. Il a lieu dans des schistes très fracturés dont la surface est affectée par des mouvements de fauchage, dans une topographie de falaises avec un dénivelé important. Il a dû absorber plusieurs contretemps. Un tir de minage en décembre 2019 a libéré un volume de matériaux plus important que prévu et réduit la largeur de la plateforme pour la culée du pont et pour la tête du nouveau tunnel.

En février 2020, en une nuit, une crue de l'Arly a balayé les enrochements déposés dans la rivière pour reconstituer la falaise, toujours côté tunnel. Pour éviter que cela ne se reproduise lors d'une autre crue, le Département a opté pour une dalle en porte-à-faux destinée à accueillir une dalle de répartition elle-même sur micropieux, avec reconstruction d'un mur en béton armé ancré dans la falaise. La crise sanitaire a décalé d'un mois et demi l'intervention des entreprises.

→ Rectifier le raccordement pont-route

Au 20 juillet, étaient prêts les fondations, les dalles et les culées du pont, et l'élargissement de la route nécessaire au raccordement du tracé en aval du nouveau pont. En amont, côté Flumet, sont préparés le front de taille de la tête du futur tunnel.

Maîtrise d'œuvre tunnel : groupement Ingérop, Geos, Antea. Maîtrise d'œuvre autres travaux : le Département de la Savoie avec Sage Ingénierie. ■

RÉNOVATION DES ÉCLUSES DE MÉRICOURT (YVELINES)

Les deux écluses de Méricourt, au nord-ouest de Mantes-la-Jolie (Yvelines), sont en travaux jusqu'en 2024, sans interruption de la navigation sur la Seine.

Le programme de travaux, démarré en juillet, se monte à 92 millions d'euros. Voies navigables de France (VNF), gestionnaire, le finance avec la participation des fonds du mécanisme d'interconnexion en Europe (liaison Seine-Escaut) et de la région Île-de-France.

→ Retrouver la largeur initiale

Situées à 60 km en aval de Paris, les écluses accueillent, depuis les années 1960 et en temps normal, 250 bateaux

© VOIES NAVIGABLES DE FRANCE



Les deux écluses vont être mises à la même longueur, 180 m.

par semaine sur l'axe qui supporte 30 % du trafic fluvial national.

Les écluses, actuellement de 185 m et de 160 m de long, vont être mises à la même longueur afin d'accueillir davantage de convois de 180 m. Les murs (bajoyers), déformés par le temps, vont être confortés et retrouver leur largeur initiale. La porte levante de la grande va être rénovée. Un local de commandes des écluses et du barrage va être implanté en rive gauche.

Les travaux sont réalisés en conception-réalisation par le groupement Bouygues avec BRL Ingénierie et Strates-OA pour la maîtrise d'œuvre. ■

MESURER L'IMPACT D'UN TUNNELIER SUR DES FONDATIONS EN GRANDEUR RÉELLE



Deux des trois amas de poutres en acier simulant des bâtiments avec fondations au-dessus du passage du tunnelier.

© SGP/LETICIA PONTUAL

Les gigantesques tas de poutres en acier à Aulnay-sous-Bois (Seine-Saint-Denis), près de la future gare du Grand Paris Express (GPE), sont très bien rangés, les poutres parallèles les unes aux autres ou à angle droit. Chaque amas pèse 240 tonnes. Montés chacun sur un pieu descendant à des profondeurs entre 15 et 21 m, ils simulent le poids de bâtiments situés à proximité du creusement du tunnel de la ligne 16, au puits Braque.

Ces amas servent à tester en grandeur nature l'interaction entre tunnelier, ter-

rain et pieux de fondation, dans le cadre du projet de recherche Tulip (Tunneliers et limitation des impacts sur les pieux) mené par la Société du Grand Paris avec l'École nationale des travaux publics de l'État, le Centre d'études des tunnels et l'Université Gustave Eiffel.

→ 32 cordes vibrantes par pieu

Les trois pieux en béton de 50 cm de diamètre sont équipés sur toute leur longueur de 4 fibres optiques et 32 cordes vibrantes qui renseignent sur leur déformation et leur déplacement au passage du tunnelier. Le dispositif est complété par de nombreux capteurs à 30 m de profondeur dans le sol autour des pieux, par 50 cibles topographiques en surface, le long de l'axe du tunnel, ainsi que d'accéléromètres en surface et dans le tunnelier.

Pour maîtriser les coûts d'un tunnel, il faut trouver un équilibre entre ne pas creuser trop profondément et l'enfouir suffisamment pour ne pas endommager le bâti situé au-dessus et à proximité au moment de son percement.

→ Modéliser et prévoir

À Aulnay-sous-Bois, l'impact du creusement va être modélisé afin de le prévoir ailleurs. Couramment, le suivi des déformations et des vibrations de terrains s'effectue en surface. Tulip y ajoute des données directement prises dans le sous-sol, ici constitué de marne, calcaire de Saint-Ouen et sable argileux de Beau-

champ, configuration fréquente sur le tracé du GPE.

→ Mesures avant creusement

L'expérimentation a commencé par des mesures avant toute intervention pour obtenir l'état zéro. En juillet, le tunnelier a traversé la zone sous les amas de ferraille. Les chercheurs ont relevé l'ensemble des paramètres intéressants. Restait à effectuer de nouvelles mesures pendant le mois qui suit, jusqu'au retour à un régime d'équilibre, puis à modéliser. Rappelons que la ligne 16 relie la station Saint-Denis-Pleyel (Seine-Saint-Denis) à Noisy-Champs dans l'est de l'Île-de-France. ■



Le tunnelier Armelle au puits Braque à Aulnay-sous-Bois (Seine-Saint-Denis).

© SGP/OLIVIER BRUNET



Chaque amas de poutres repose sur un pieu de 50 cm de diamètre descendant à 15-21 m de profondeur, au-dessus ou en bordure du tunnel, et instrumenté afin de relever son comportement.

© LETICIA PONTUAL

ROCK SLOPE STABILITY À CHAMBERY

Les personnes qui veulent intervenir au 5^e symposium Rock Slope Stability qui se tient à Chambéry (Savoie) du 16 au 18 novembre 2021, doivent déposer leurs résumés au plus tard le 13 décembre 2020.

Les thèmes abordés sont la reconnaissance in situ et la modélisation de l'aléa rocheux, les techniques d'auscultation et de suivi, l'analyse trajectographique, la gestion du risque, les ouvrages de protection et, enfin les études de cas. Des visites sur le terrain seront organisées. Ce colloque international s'inscrit dans le projet national "Chutes de blocs, risques rocheux et ouvrages de protection" (C2ROP).

www.c2rop.fr



© S. LAMBERT/IRSTEA

Résumés d'intervention à déposer au plus tard le 13 décembre.

REMPIÈTEMENT DE QUAÏ

Le Cerema a publié en août un document sur le rempiètement de quai.

L'augmentation de la taille des navires entraîne l'approfondissement des bassins dans les ports, l'adaptation des quais et leur rempiètement (renforcement des fondations).

La publication de 25 pages présente les différentes techniques, leurs limites en fonction de la structure initiale, et souligne l'importance des diagnostics préalable.

Téléchargeable gratuitement sur : www.cerema.fr, rubrique centre de ressources/publications.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE ET TERRITOIRES

L'Université Gustave Eiffel* organise un cycle de formation sur l'économie circulaire et les territoires, au rythme d'une fois par mois, jusqu'à juin 2021.

Ce cycle relève de la chaire "économie circulaire et métabolisme urbain". Les participants, représentants de collectivités, élus, salariés, pourront échanger et confronter leurs expériences pour décliner l'économie circulaire. Ils peuvent choisir les thèmes qui les intéressent.

Chaque session dure une journée. Formation à distance et présentielle alternent, en collaboration avec la Métropole du Grand Paris, intercommunalité de 130 communes d'Île-de-France.

Voici le calendrier :

- 19 novembre : cadre législatif ;
- 10 décembre : benchmark international ;
- 28 janvier et 4 février : démarches d'écologie industrielle et territoriale ;
- 11 mars : systèmes agro-alimentaires ;
- 15 avril : économie circulaire et BTP ;
- 20 mai : économie circulaire et aménagement ;
- 10 juin : collaboration public-privé-association.

Bien vérifier les dates avant de s'engager sur : <https://sect.sciencesconf.org>.

* Fusion de l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée et de l'Issttar qui intègre l'EAV&T, l'EIVP, l'ENSG et l'Esiee.

INFRA BIM OPEN À LYON

La 4^e édition d'Infra Bim Open se tient à Lyon du 7 au 9 juin 2021. Elle est organisée par Building Smart Finlande, Building Smart France et Médiaconstruct, Indura, Hub Innov'infra, l'Irex et le projet Minnd.

Le sujet central est le Bim en infrastructures.

www.ril.fi/fi/tapahtumatesti/infrobim-open-2021-lyon.html.

AMÉNAGEMENT URBAIN : CHASSER LES ÎLOTS DE CHALEUR DÈS LA CONCEPTION

Éviter un îlot de chaleur lors de la conception d'un aménagement, c'est possible grâce à l'outil Score Îlot de chaleur (ICU) du bureau d'études E6. Ainsi, la place Morel à Saint-Didier-au-Mont-d'Or (Rhône) apparaît-elle d'abord presque entièrement en rouge sauf à l'endroit des grands arbres en vert, et s'éclaircit-elle en jaune une fois des mesures pour la refroidir appliquées. Cette visualisation de l'amélioration de son ambiance thermique a été réalisée lors d'une formation du personnel de la Métropole de Lyon qui utilise l'outil depuis 2017, et présentée au webinaire d'Indura du 6 juillet.

Le score ICU de cette place qui fait office de parking, baisse de 0,903 à 0,677 en remplaçant le bitume par des matériaux plus clairs, par l'ajout de gazon et de la végétation.

→ Un groupe de travail se crée

Ce webinaire est le 1^{er} d'une série sur les îlots de chaleur mise sur pied par Indura qui va constituer un groupe de travail sur ce thème en novembre.

Les îlots de chaleur urbains sont principalement dus à des matériaux qui stockent la chaleur solaire de jour et la resti-

tuent la nuit, entravant le refroidissement nocturne naturel.

Le score ICU va de 0 pour une forêt à 1 pour un parking en bitume sans ombre. Entre les deux, 9 tranches de température basées sur le taux de végétalisation, le type de matériau au sol et l'albedo (partie du rayonnement solaire réfléchi). Par exemple, un enrobé foncé figure dans la 9^e, un gazon dense, dans la 4^e, etc. « Nous ne prédisons pas la température d'un lieu, précise Olivier Papin, responsable innovations d'E6. Le score donne une idée de "plutôt frais" ou "plutôt chaud" sur un futur aménagement. Il sert à engager le dialogue avec l'aménageur qui peut alors retravailler son projet. »

→ Beaucoup de bon sens

Le bureau d'études a conçu un outil pour passer de l'échelle d'un îlot à celle de plusieurs, voire d'une commune. Il utilise des logiciels existants et a cherché à simplifier les approches.

Avant de calculer le Score ICU, E6 utilise une carte satellite des températures de surface, à mailles de 30 m avec un historique. Cette 1^{re} étape, indispensable, montre les points chauds en rouge et les frais, en vert.

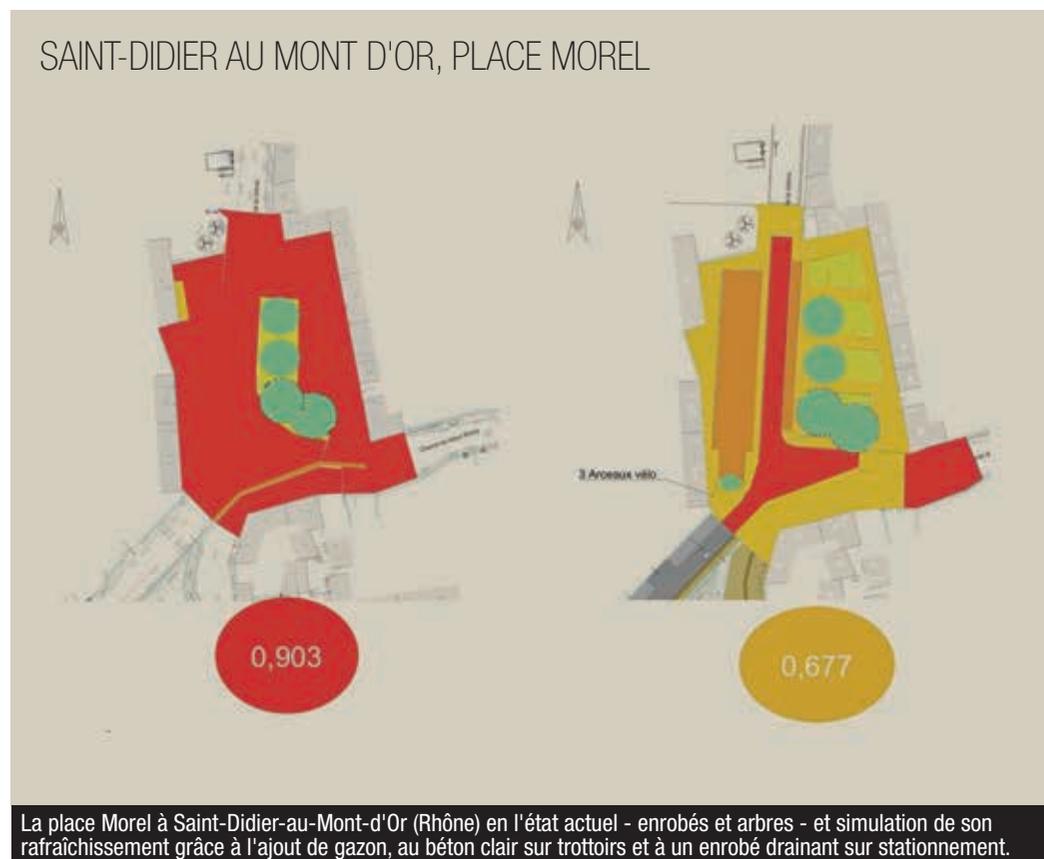
E6 a confronté cette carte à des études de terrain et constaté que les deux concordent "grosso modo". Les places minéralisées et foncées sont chaudes, les surfaces végétales sont plus fraîches grâce à l'ombre et à l'évapotranspiration. « C'est beaucoup de bon sens, » reconnaît Olivier Papin. L'outil prend en compte la perméabilité des matériaux et, si besoin, le vent.

→ Base de données évolutive

Le diagnostic de la situation prend une journée. Le personnel est formé, lui aussi, en une journée. « Nous avons créé un tutoriel pour calculer le score, nous avons ajouté d'autres matériaux à la base de données comme le sable stabilisé, c'est facile à faire, témoigne Luce Ponsar, responsable du service écologie de la Métropole de Lyon. La notion d'îlot de chaleur est un des indicateurs du coût global d'un projet parmi les bénéfiques environnementaux. Nous aimerions le systématiser sur tous les projets. »

La base de données de Score ICU s'enrichit au fur et à mesure des scores établis.

Voir le webinaire îlots de chaleur urbains sur : <https://vimeo.com/showcase/7046286>. ■







**Des solutions inconcevables
en ingénierie de coffrage**

60 ans d'expérience
sur la scène internationale pour les ouvrages à sections variables ou constantes.

En France métropolitaine
Caissons à Monaco ('18/'19), Palais de Justice à Paris ('15), Rubis Terminal à Village Neuf ('19), LOREGAZ à Ajaccio ('20), etc.

Une solide équipe d'experts
prête à vous offrir ses compétences en matière de coffrage glissant et de levage de charges lourdes.

Vous voulez savoir si votre projet est réalisable en coffrage glissant? N'hésitez pas à nous contacter.

→ T +43 662 42 04 52
→ office@gleitbau.com
→ www.gleitbau.com/fr

Gleitbau Ges.m.b.H. | Irzlinger Hauptstraße 105 | 5020 Salzburg | Autriche

SYSTÈMES HOULOMOTEURS BORDS À QUAÏ

Les résultats du projet de recherche national Énergies marines côtières et portuaires (Emacop, Irex) sont présentés dans l'ouvrage intitulé *Systèmes houlomoteurs bords à quai* publié par le Cerema, en février.

L'expression "bords à quai" signifie en interaction avec les infrastructures côtières et portuaires, pour répondre à un besoin d'électricité à quai.

L'énergie houlomotrice est tirée de l'oscillation des vagues. Elle est récupérée

par différents dispositifs en surface ou immergés, ancrés ou posés au fond de l'eau, au large ou sur le rivage.

L'ouvrage collectif examine quatre familles : système à franchissement, colonne d'eau oscillante, batteur oscillant et flotteur pilonnant (cf. fiche pédagogique sur www.connaissancesdesenergies.fr). Pour chaque famille, sont donnés une estimation de la production électrique, le dimensionnement du convertisseur et de la structure, et une évaluation coût-béné-

ficie basée sur le site de Saint-Jean-de-Luz (Pyrénées-Atlantiques).

Les chercheurs proposent une liste de sites potentiels en France.

Du fait que ces techniques sont concrétisées par quelques prototypes et en évolution constante, les auteurs considèrent que ce guide très complet de 180 pages (payant), doit être réservé au stade d'un avant-projet ou d'une étude de faisabilité.

www.cerema.fr ■



CONSULTEZ **TRAVAUX** SUR INTERNET

revue-travaux.com

PAR NUMÉRO : 15€ AU LIEU DE 25€

OUVRAGES D'ART

948

SPÉCIAL GARES ET STATIONS

949

SOLS ET FONDATIONS

950

ÉNERGIE

951

VILLE ET PATRIMOINE

952

INTERNATIONAL

953

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

954

OUVRAGES D'ART

955

TRAVAUX SOUTERRAINS

956

SPÉCIAL INNOVATION

957

SOLS ET FONDATIONS

958

ÉNERGIE

959

MAINTENANCE DES INFRASTRUCTURES

960

TRAVAUX SOUTERRAINS

961

INTERNATIONAL

962

*Offre valable jusqu'au 31/12/20



BON DE COMMANDE ■ REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

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

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

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 948 x | <input type="checkbox"/> 953 x | <input type="checkbox"/> 958 x |
| <input type="checkbox"/> 949 x | <input type="checkbox"/> 954 x | <input type="checkbox"/> 959 x |
| <input type="checkbox"/> 950 x | <input type="checkbox"/> 955 x | <input type="checkbox"/> 960 x |
| <input type="checkbox"/> 951 x | <input type="checkbox"/> 956 x | <input type="checkbox"/> 961 x |
| <input type="checkbox"/> 952 x | <input type="checkbox"/> 957 x | <input type="checkbox"/> 962 x |

Soit un montant total de :
_____ numéros x 15 € = _____ €

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

*Offre valable jusqu'au 31/12/20 et hors frais postaux (exemple pour un numéro : 5,00 € d'envoi France, 10,00 € d'envoi Europe et 12,50 € d'envoi étranger hors Europe). Conformément à la Loi « Informatique et des libertés » du 06/01/78, le droit d'accès et de rectification des données concernant les abonnés peut s'exercer auprès du service abonnements. Ces données peuvent être communiquées à des organismes tiers. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher cette case

JE VOUS INDIQUE MES COORDONNÉES :

Nom _____ Prénom _____

Entreprise _____ Fonction _____

Adresse _____

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

Tél. : _____ Fax : _____

Email : _____ Merci de ne pas communiquer mon adresse mail

Je joins mon règlement d'un montant de _____ € TTC par Chèque à l'ordre de **COM*1 ÉVIDENCE**

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

Je réglerai à réception de la facture

Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date, signature et cachet de l'entreprise obligatoire

AGENDA

ÉVÉNEMENTS

Les lecteurs sont invités à vérifier par internet que les événements annoncés dans cette rubrique ont bien lieu et dans quelles conditions (à distance ou en présentiel).

• 19 NOVEMBRE

Nouvelles normes européennes terrassements

Lieu : à distance

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

• 18 AU 20 NOVEMBRE

Stratégies fin de vie des éoliennes

Lieu : à distance

<https://windeurope.org/events/>

• 24 NOVEMBRE

Ouvrages en béton atteints de réaction sulfatique interne

Lieu : à distance

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

• 24 NOVEMBRE

Aspects juridiques du Bim

Lieu : Paris

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

• 1^{er} AU 4 DÉCEMBRE

Windenergy

Lieu : à distance

<https://windeurope.org/events/>

NOMINATIONS

AGYRE :

Stéphane Le Guirriec dirige Agyre, hub d'accélération national pour une économie circulaire dans la construction, lancé début septembre.

BOUYGUES CONSTRUCTION :

Pierre Vanstoflegatte remplace Olivier-Marie Racine à la direction générale du pôle Énergies et services depuis le 1^{er} juillet. Ce pôle regroupe Bouygues Énergies & Services, Kraftanlagen, Intec et leurs filiales.

EIFFAGE MÉTAL :

Thierry Wolkiewiez est nommé directeur général France d'Eiffage Métal. L'international reste entre les mains de Guillaume Sauvé, président d'Eiffage Métal et d'Eiffage Génie Civil.

ÉNERGIES RENOUVELABLES :

Gilles Corman remplace Françoise Jouet à la direction de la communication du Syndicat des énergies renouvelables.

ENGIE :

Aarti Singhal a été nommé directeur des relations investisseurs du groupe. Au 1^{er} septembre, Pierre Cheyron a pris la suite de Jean-Pascal de Peretti en tant que directeur général Global Business Line solutions clients.

GRAND PARIS :

Corine Loreaux-Mazier a été nommée directrice des achats

de la Société du Grand Paris, en remplacement de Dominique Legrand.

PAPREC :

Olivier Beau est directeur des grands projets, un nouveau poste au sein du groupe spécialisé dans le recyclage et la valorisation des déchets dont ceux du BTP.

SIF OFFSHORE FOUNDATIONS :

Joost Heemskerk succède à Michel Kurstjens à la direction commerciale du groupe néerlandais spécialisé dans les fondations offshore (jackets), M. Kurstjens devenant directeur stratégie produit.

UFE :

Christophe Leininger prend la suite d'Anne Chenu en tant que délégué général de l'Union française de l'électricité.



Membre du Réseau Congés Intempéries BTP

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 plus de **8 000 entreprises** de Travaux Publics et assure le calcul et le versement de prestations dues à près de **270 000 salariés**.

Nos coordonnées :

· Par courrier :

31 rue le Peletier - 75453 PARIS CEDEX 09

· Par Internet : www.cnetp.fr

· Par mail : sur www.cnetp.fr, lien [écrire un e-mail](#)

· Par téléphone :

- pour les entreprises : 01.70.38.07.70

- pour les salariés : 01.70.38.09.00



HAROPA - PORT DE ROUEN

TRANSFORMER ET PÉRENNISER DANS LE CADRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Acteur du transport maritime en vrac, Haropa - Port de Rouen vient d'achever un projet ambitieux d'amélioration de ses accès maritimes. Le projet a été mené avec la volonté de l'intégrer dans son environnement, de sa conception à sa réalisation. C'est ainsi que de nombreuses mesures de réhabilitation de sites naturels l'ont accompagné et vont encore le faire dans les années à venir, afin de parvenir à une véritable "reconstruction" des installations portuaires et de leur milieu environnant : la Seine et ses 120 km de Honfleur à Rouen. Pascal Gabet, Président du directoire/Directeur général de Haropa - Port de Rouen fait le point sur les tenants et aboutissants du projet dans sa globalité. **Entretien avec Pascal Gabet, Président du directoire/Directeur général de Haropa - Port de Rouen.** PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



1

Juste en introduction, quelques mots sur la création de Haropa et les objectifs de ce projet.

Haropa pour "Le HAvreROUenPARis" est l'acronyme symbolisant la mutualisation des activités des trois ports de l'Axe Seine. Créé sous la forme d'un GIE en 2012, Haropa deviendra au 1^{er} janvier 2021 un Établissement public unique réunissant les trois entités portuaires. Jusqu'à cette échéance, les trois ports ont gardé chacun leur gouvernance et leur autonomie. En 2021, il n'y aura plus qu'une seule gouvernance avec un directeur général de l'ensemble et un directeur pour chacun des sites portuaires.

Tout ce que nous réalisons actuellement s'inscrit dans la perspective de cette fusion et tout ce que nous imaginons pour le futur, nous le faisons dans une stratégie cohérente et partagée avec une vision commune 2020/2025. Dans cet ensemble, chaque port présente des activités propres complémentaires et des spécificités, notamment en termes de filières prédominantes.

Les Ports de Paris sont positionnés sur ce que j'appellerai la logistique urbaine d'approvisionnement de Paris et de la région Île-de-France, le port du Havre a une prédominance des trafics de pétrole brut, conteneurs et rouliers et

FIGURE 1 © MARC MONTAGNON - FIGURES 2 & 3 © HAROPA-PORT DE ROUEN



2



3

1- Pascal Gabet, Président du directoire/ Directeur général de Haropa - Port de Rouen.

2- Les quais Rive Gauche avec, au premier plan, le siège de la Métropole Rouen Normandie.

3- Vue sud de la presqu'île Elie avec les silos de Sénalia.

4- À Courval, un ponton Dipper Dinopotes équipé d'un brise-roche pour assister la drague aspiratrice en marche Pallieter (DAM) dans la roche dure.

5- L'installation de transit de Mouligneaux pour valoriser 180 000 m³ de sédiments pour le BTP.

PASCAL GABET : PARCOURS

Pascal Gabet est ingénieur de l'École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE juillet 1997) et titulaire d'un DEA d'Économie des Transports de l'Université Lyon II (septembre 1997) avec un mémoire sur " la modélisation du choix modal " (Laboratoire d'Économie des Transports).

Il est titulaire d'un Mastère d'Action Publique de l'École Nationale des Ponts et Chaussées (juin 2006) avec une thèse professionnelle sur " l'accessibilité au musée du Louvre-Lens : analyse d'une politique publique locale " (Conseil Régional Nord - Pas-de-Calais).

Ingénieur des Ponts et Chaussées depuis 2006, il commence sa carrière en septembre 1998 comme ingénieur d'études sécurité routière au CETE de l'Est (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement de l'Est) à Metz. En septembre 2001, il rejoint le CETE Nord-Picardie à Lille comme ingénieur d'études déplacements avant d'être nommé en juillet 2006 Chef du Service des Politiques et Techniques à la DIR Nord-Ouest de Rouen (Direction Interdépartementale des Routes).

De janvier 2011 à juillet 2013, il est Directeur des Transports au sein du Conseil Régional de Picardie à Amiens.

En juillet 2013, Pascal Gabet est nommé directeur du Chenal et des Travaux Maritimes au Grand Port Maritime de Rouen avant de devenir, de septembre 2015 à mars 2019, Directeur général adjoint au Grand Port Maritime de Rouen.

Depuis mars 2019, Pascal Gabet est Président du Directoire/Directeur Général du Grand Port Maritime de Rouen.

Quels sont les points remarquables du port ?

Le port de Rouen est connu pour être le 1^{er} port d'Europe de l'Ouest d'exportation de céréales, assurant environ 50 % de l'export de la production française en provenance, pour l'essentiel, de Normandie, d'Île-de-France, du Grand Est, des Hauts de France et du Centre. Le volume moyen exporté sur Rouen est de 7,5 millions de t/an. En 2019/2020, nous allons établir un nouveau record avec près de 10 millions de t. Nos premiers clients sont le Maghreb, notamment l'Algérie et le Maroc, mais aussi l'Union Européenne, l'Égypte, l'Arabie Saoudite l'Afrique de l'Ouest francophone, la Chine et, de façon plus atypique, Cuba. Nos principales exportations portent sur le blé, l'orge mais aussi les oléagineux (colza) et protéagineux (pois, féveroles).

Cela représente un énorme enjeu : gérer les vraquiers dans le port et être bien connecté aux sites de collecte dans les campagnes, en privilégiant le fluvial et le ferroviaire comme modes d'acheminement.

La deuxième filière forte d'import/export est celle des vracs liquides raffinés avec la raffinerie Exxon Mobil de Port-Jérôme et des stockistes à Rouen même au travers de Rubis Terminal et de DRPC (Dépôt de Rouen Petit-Couronne) géré par Bolloré Energy et Total : essence, fuel, gazole, kérosène à l'exclusion du pétrole brut, dans un volume d'environ 6,5 millions de t/an.

La troisième filière importante est celle des engrais - tant en export qu'en import avec 2 à 3 millions de t/an, en vracs liquides et solides.

À cela s'ajoutent les filières secondaires, plus particulièrement la filière BTP : le transport de granulats extraits des carrières de l'hinterland normand, ▷

le port de Rouen une prédominance des trafics de vracs liquides (notamment produits raffinés) et vracs solides. Derrière la démarche de Haropa, est sous-jacent le principe que les marchandises arrivant au Havre ou à Rouen puissent provenir de Paris et de la région Île-de-France ou y accéder en convois fluviaux, la colonne vertébrale étant la Seine.

Quelles sont les caractéristiques géographiques du port de Rouen ?

Le port de Rouen s'étend de l'embouchure de l'estuaire de la Seine dans la Manche au niveau de Hon-

fleur jusqu'à la métropole rouennaise ce qui représente 120 km de voies navigables, 13 km de quais et 33 terminaux spécialisés : à Honfleur, Port-Jérôme - Radicatel avec la raffinerie Exxon - Mobil, Saint-Wandrille, orienté granulats, Le Trait, avec l'usine Technip FMC produisant des flexibles pour les exploitations offshore et la zone rouennaise multi-filières.

Sans vouloir rivaliser en termes de volumes, notre positionnement est comparable à celui du port d'Anvers, à l'embouchure de l'Escaut : Rouen est un port d'intérieur de fond d'estuaire. Port fluvial par sa situation le long de la Seine, Rouen est également

un port maritime reconnu en ce sens que tous les navires de haute mer, essentiellement des vraquiers et des cargos, peuvent remonter jusqu'à Rouen.

L'année dernière, le trafic maritime a représenté 23,5 millions de tonnes tandis que le trafic fluvial, assuré par barges/pousseurs ou convois automoteurs a atteint 5 millions de tonnes.

La Seine est désormais navigable pour les navires de haute mer à fort tirant d'eau (supérieur à 11 m), à la suite d'un programme de travaux étalé sur 10 ans destiné à améliorer son tirant d'eau de 1 m à la montée et à la descente.

© HAROPA-PORT DE ROUEN

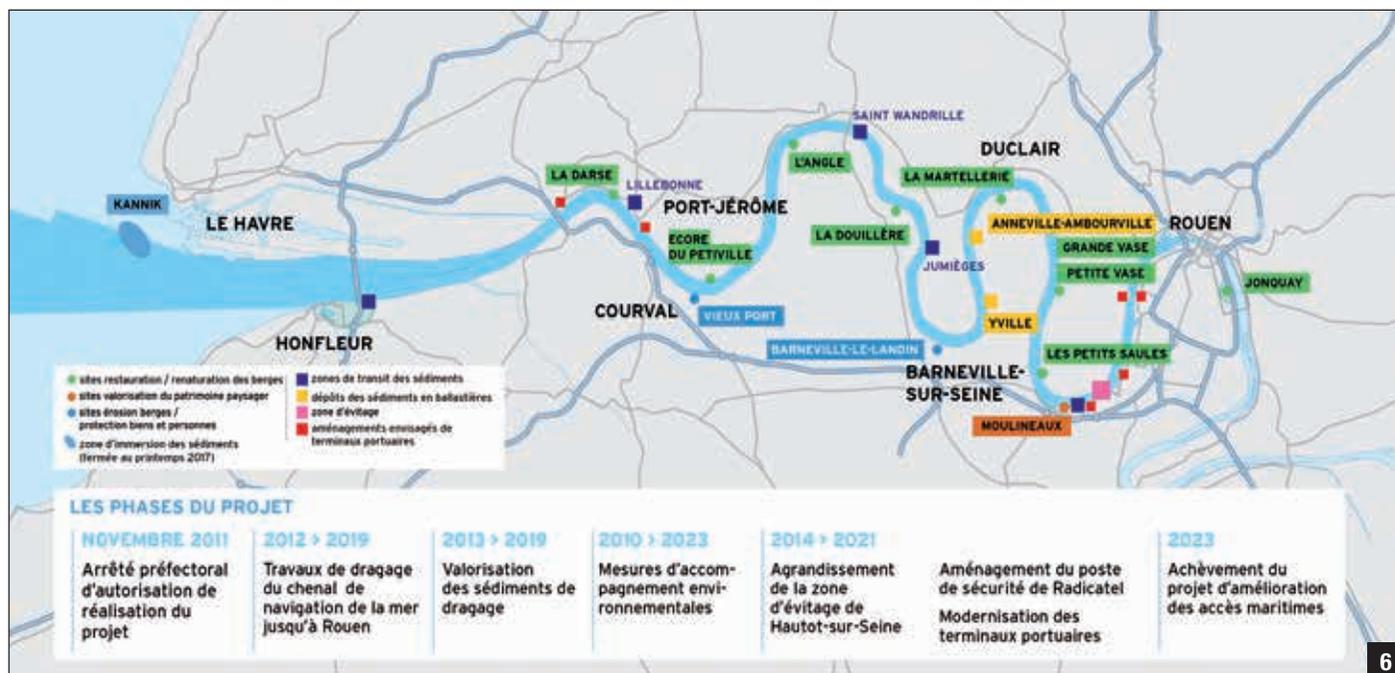
4



© HAROPA-PORT DE ROUEN

5





© HAROPA-PORT DE ROUEN

6

à destination de l'Île-de-France, le transport de graves de mer extraites en mer au large de Honfleur, de ciment et de clinker ainsi que le recyclage, tout particulièrement dans le cadre du Grand Paris Express, des déchets de déconstruction ou de terrassement des chantiers.

D'autres filières importantes sont constituées par les produits chimiques ainsi que l'agro-industrie, correspondant à la transformation de matières telles que le bio-carburant et les huiles végétales (Saipol), l'amidon (Tereos), le chocolat (Cargill et Barry Callebott). Une autre filière présente sur le port de Rouen est celle de la transformation et du recyclage de produits métallurgiques.

Le port de Rouen est vraiment tourné vers l'industrie et vers le territoire, au

sens large, bien au-delà de la Normandie et de l'Île-de-France.

Enfin, pour être complet, le port dispose également d'une filière conventionnelle et logistique forte à Rouen et à Radicatel, incluant par exemple la pâte à papier, les éléments d'éoliennes terrestres et bien entendu l'entreposage de conteneurs en arrière-port du Havre. Toute cette activité extrêmement diversifiée s'insère dans son environnement, ce qui représente une gestion capitale des interfaces tant au niveau du domaine urbain (ville/port), avec l'aménagement des quais de Rouen, que de l'aménagement du territoire et du traitement des boucles de la Seine, classées parc naturel, afin de leur rendre une fonction écologique forte. Cette démarche de gestion des interfaces est essentielle.

Quels sont les investissements et les travaux déjà réalisés dans la zone d'influence du port de Rouen ?

Le port de Rouen réalise chaque année une moyenne de 35 millions d'euros d'investissements.

Il se trouve actuellement dans une période charnière, venant de terminer un très gros projet et entrant dans une nouvelle phase de travaux.

La phase que nous venons de terminer a débuté en 2007 et s'est achevée en 2019. C'est un temps pendant lequel le port a consacré l'essentiel de ses efforts en termes de travaux à l'amélioration des accès maritimes. Il a consisté à approfondir la Seine entre la mer et Rouen pour gagner 1 mètre de tirant d'eau. Avant le projet, nous avions un tirant d'eau admissible autour de

10,30 m à la descente/10,70 m à la montée. Après le projet, d'un montant de 207 millions d'euros, nous sommes passés dans une gamme supérieure : 11,30 m à la descente/11,70 m à la montée. Gagner ce mètre était techniquement difficile mais fondamental afin d'accueillir les vraquiers de dernière génération.

Le projet comporte trois volets : dragage, infrastructures portuaires, enjeux environnementaux.

Le dragage d'approfondissement s'est déroulé en plusieurs chantiers les uns à la suite des autres afin de gagner 1 m de tirant d'eau. Les quais des terminaux principaux ont été adaptés pour recevoir des navires plus imposants. Le troisième volet, pour que le projet s'insère bien dans le territoire des boucles de la Seine, était composé d'aménagements

© HAROPA-PORT DE ROUEN

7



© HAROPA-PORT DE ROUEN

8



environnementaux pour limiter l'impact de l'activité portuaire et mieux intégrer le port dans son environnement.

Pour réaliser ce grand projet, nous avons été fortement aidés par l'État, la région Normandie, la métropole Rouen Normandie et l'Europe.

L'objectif est de permettre aux vraquiers de circuler avec des chargements moyens qui sont passés de 35 000 t à 45 000 t, voire 50 000 t, grâce à l'approfondissement du chenal.

Les dragages d'approfondissement, d'un volume de 7 millions de m³ et d'un montant de 140 M€, ont été réalisés pour l'essentiel par les entreprises SDI-Deme et Van Oord sans que ne soit jamais interrompu le trafic du port, ce qui a constitué un vrai défi.

Autre particularité : si les matériaux dragués dans l'estuaire jusqu'à l'aval de Courval ont été immergés en mer, tous ceux extraits dans les boucles de la Seine - 3,5 millions de m³ - ont été valorisés à terre avec deux filières de valorisation, dans le BTP et dans le remblaiement d'anciennes carrières, notamment à Yville-sur-Seine.

Quel a été le phasage des travaux de dragage ?

La 1^{re} phase de dragage du chenal de navigation depuis l'embouchure de la Seine jusqu'à l'aval de Courval a été réalisée en 2012.

La 2^e phase de dragage a eu lieu dans la zone de Courval en 2014/2015. Les points hauts du plateau rocheux, dont l'épaisseur pouvait aller jusqu'à un mètre, ont été arasés grâce à des moyens de déroctage spécifiques. Sur ce chantier, 350 000 m³ de sédiments ont été extraits puis valorisés dans le secteur du BTP.

La 3^e phase de dragage entre Courval et Duclair a été menée de juillet à

HAROPA - PORT DE ROUEN : CHIFFRES-CLÉS

- 1^{er} port exportateur de céréales pour l'Europe de l'Ouest
- 1^{er} port de France pour l'agro-industrie
- 120 km de voies navigables de l'embouchure de la Seine à Rouen
- 13 000 m de quais
- 3 786 ha d'espaces terrestres en gestion dont 1 354 ha à vocation portuaire et 2 409 ha à vocation naturelle
- 4 sites majeurs : Honfleur, Port-Jérôme - Radicatel, Saint-Wandrille - Le Trait, Rouen et sa métropole
- 700 implantations sur le port
- 18 260 emplois
- 2 600 navires par an et plus de 6 000 convois fluviaux
- Vrac liquides : 9,8 Mt (produits raffinés, engrais, produits chimiques)
- Vrac solides : 12,6 Mt (céréales, oléagineux, engrais, biomasse, granulats)
- Marchandises diverses : 1,1 Mt
- Trafic conteneurisé : 0,4 Mt

6- De Honfleur à Rouen, les phases du projet d'amélioration des accès maritimes et des aménagements qui lui sont liés.

7 & 8- L'agrandissement de la zone d'évitage de Hautot-sur-Seine a nécessité de très importants travaux de terrassement et de fondations.

9- Les nouveaux portiques de Sénalia.

10- L'une des bornes de branchement électrique pour des convois fluviaux.

décembre 2016. 700 000 m³ de sédiments ont été dragués et mis à terre sur des sites de transit pour être valorisés dans le secteur du BTP.

La 4^e et dernière phase de travaux de dragage s'est déroulée sur la zone Courval-Rouen en 2018-2019. Elle a représenté 800 000 m³ de sédiments valorisables (300 000 m³ dans le BTP et 500 000 m³ en remblaiement de ballastières).

Dans la même période, la zone d'évitage de Hautot-sur-Seine a été agrandie afin d'améliorer les conditions de navigation et de sécurité dans le secteur amont du port de Rouen pour faire tourner des vraquiers Panamax de 240 m de longueur ainsi que des Capesize de 290 m de longueur en toute sécurité⁽¹⁾. Il s'est agi d'un chantier gigantesque qui a nécessité la reconstitution d'une

nouvelle berge sur 500 m et l'aménagement d'une zone écologique humide de 1 ha.

Débutés en 2014, les travaux se sont poursuivis en 2015 par des opérations de dragage représentant 800 000 m³ de sédiments valorisables destinés à donner à la zone d'évitage une profondeur compatible avec les tirants d'eau des navires de nouvelle génération. Le premier évitage d'un capesize a été réalisé en février 2016. La zone d'évitage mesure désormais 520 m x 390 m au lieu de 400 m x 300 m précédemment.

Ces travaux ont été réalisés par plusieurs entreprises spécialisées : pour la partie terrestre, Soletanche Bachy qui a d'ailleurs développé à cette occasion une technique inédite de stabilisation de la nouvelle berge et pour la partie dragage, Ghent Dredging.

En ce qui concerne l'aménagement des terminaux ?

Après l'adaptation de la souille du terminal vrac liquides Rubis Terminal à Grand Quevilly en 2015, le terminal céréalier Sénalia de Grand Couronne a été mis au gabarit du chenal approfondi en 2018. Ce projet a été accompagné par l'opérateur du terminal, Sénalia, d'un programme ambitieux de modernisation des outillages de chargement qui font de ce terminal le plus performant d'Europe.

Ces travaux ont représenté un investissement de 8 M€ pour le port de Rouen et de 11 M€ pour Sénalia.

Ils sont complétés cette année par l'aménagement du terminal céréalier du groupe Soufflet à Canteleu, d'un montant de 8 M€ pour le front d'accostage (à charge du Port de Rouen) et de 11 M€ pour les outillages (à charge de l'opérateur Soufflet). ▷

© HAROPA-PORT DE ROUEN

9



© HAROPA-PORT DE ROUEN

10



Ces aménagements rendent les terminaux nettement plus performants au niveau des cadences de chargement/déchargement. Ce qui est intéressant, c'est que les opérateurs sont partie prenante de ces travaux. Ils sont convaincus de l'utilité de notre démarche. Nous prenons en charge la partie maritime et l'opérateur prend en charge celle du site. Ce sont des projets partagés.

Et le volet environnemental ?

Il faut savoir que le projet d'amélioration des accès maritimes a été autorisé sans mesures compensatoires c'est-à-dire jugé sans impact à compenser sur l'environnement. Toutefois, le port de Rouen a volontairement investi 18 M€ dans des mesures environnementales d'accompagnement qui ont pour vocation l'amélioration de sites naturels tout au long des 120 km de la Seine, espaces naturels dont le Port a la responsabilité de l'aménagement.

L'un des reproches qui est quelquefois adressé au port de Rouen est le fait, qu'au fil des siècles, la Seine a été tellement canalisée qu'elle est quasiment déconnectée des sites riverains.

Les objectifs de ces mesures environnementales sont, parallèlement aux travaux relatifs aux accès, de restaurer des milieux naturels, de renaturer les berges aménagées, de lutter contre leur érosion et de revaloriser le patrimoine paysager.

L'abaissement des berges à différents endroits identifiés, par exemple, va permettre à la Seine de déborder et de recréer des marais et autres zones humides. Des opérations de ce type nécessitent des études hydrauliques très poussées et des concertations avec l'ensemble des parties prenantes - riverains, élus locaux, industriels - afin de déterminer comment la Seine peut

YVILLE-SUR-SEINE : ASTUCIEUX ET ÉCOLOGIQUE

À Yville-sur-Seine, l'opération réalisée par le Port de Rouen a consisté à remblayer une ancienne ballastière avec des sédiments dragués dans la Seine pour entretenir le chenal de navigation. Ce mode de gestion baptisé "les tas dans les trous" constitue une alternative astucieuse et écologique au stockage à terre des sédiments dans des chambres de dépôt.

Les "trous" sont situés dans la plaine alluviale de la Seine. Leur comblement par des sédiments n'est qu'un juste retour des choses car ce qu'on a extrait des carrières, ce sont également des sédiments de la Seine.

De plus, cela apporte une solution élégante au problème de la fin de vie des carrières en eau après leur exploitation. Le remblaiement d'une carrière en eau, s'il est bien étudié, permet de reconstituer des milieux naturels. Dans le cas d'Yville-sur-Seine : prairie humide tourbeuse, mégaphorbiaie*, plan d'eau profond.

Un exemple d'écologie industrielle : une activité valorise les sous-produits d'une autre.

* La mégaphorbiaie ou friche humide est une formation végétale hétérogène constituée de grandes herbes, généralement des dicotylédones à larges feuilles et à inflorescences vives, se développant sur des sols riches et humides.

déborder sans pour autant constituer un danger pour les riverains. Il est indispensable que les riverains s'approprient ces projets en toute confiance. Cette démarche se déroule très sereinement car il y a une très forte concertation locale, une très grande implication de la communauté scientifique qui donne son avis, notamment en ce qui concerne la réimplantation d'espèces. Ces chantiers ne sont réalisés qu'après des études qui sont la plupart du temps beaucoup plus longues que les travaux eux-mêmes.

Où en êtes-vous actuellement de l'ensemble de ces réalisations ?

Les travaux de dragage sont terminés depuis 2019. Les travaux d'infrastructures

portuaires - zone d'évitage et terminaux - verront leur achèvement fin 2020/début 2021. Le volet environnemental, qui a débuté en 2015, devrait voir son terme en 2022.

Après avoir répondu à l'enjeu économique du port, ce qui va nous guider dans les prochaines années sera lié à la transformation de l'activité portuaire, à plusieurs titres.

Nous allons clairement travailler, d'abord, sur une transformation écologique afin de nous inscrire concrètement dans la politique de l'État. C'est ce qui va orienter nos investissements dans les années à venir.

Par exemple, nous allons intervenir sur l'électrification des quais et terminaux. À titre expérimental, nous avons installé

en 2018 deux bornes de branchement électrique pour des convois fluviaux. Comme leur présence s'est révélée positive, elle sera complétée d'ici deux ans par une douzaine de bornes supplémentaires sur les quais du port de Rouen afin que l'ensemble des convois fluviaux puissent se brancher dès lors qu'ils seront à quai.

Nous allons également intervenir sur la fourniture d'énergie à la zone industrielo-portuaire au travers de projets de production d'énergie d'origine photovoltaïque en mettant en place des panneaux photovoltaïques sur les bâtiments du port mais surtout en utilisant une friche portuaire sur laquelle sera installée une centrale photovoltaïque qui alimentera une partie des besoins de la zone industrielle portuaire. L'objectif est de couvrir une partie de ses besoins par la production d'énergie d'origine photovoltaïque.

Ensuite, en tirant les leçons de notre action des dix dernières années, nous allons continuer à améliorer la biodiversité tout au long de la Seine, en améliorant la situation des terrains naturels, en réhabilitant les terrains qui ont été abimés afin de leur rendre une vocation écologique.

La deuxième transformation, à vocation économique, et nous l'avons imaginée bien avant la pandémie que nous venons de connaître, est d'améliorer la résilience du port, qui est d'ailleurs liée à celle des territoires industriels environnants, afin de relocaliser les productions pour mieux surmonter les crises. Notre volonté est d'utiliser le foncier disponible du port pour renforcer encore plus le lien entre le port et l'économie du territoire. Nous allons poursuivre l'aménagement de nos terrains en utilisant de préférence, dans une logique de transformation écologique,



11



12



© HAROPA-PORT DE ROUEN

13

les friches portuaires et en aidant à la réindustrialisation.

Des projets sont-ils déjà en cours dans cette perspective ?

Deux projets sont importants et symboliques de cette logique.

En 2012, la raffinerie Petroplus de Petit-Couronne a fermé, laissant derrière elle une grande friche. Une emprise de 8 ha en "bord à voie d'eau" a été remise au Port. Une friche de cette nature est bien entendu polluée et nous allons procéder à sa dépollution afin de rendre le terrain utilisable dans le cadre d'une activité industrielle, en l'occurrence par la création d'un nouveau terminal portuaire. Il existe une deuxième friche qui était une darse, c'est-à-dire un bassin portuaire, la "darse des docks" destinée à la réparation et construction navale. Notre volonté est de fermer cette darse d'une superficie de 25 ha, de la remblayer pour créer un nouveau terminal portuaire et de la faire ainsi disparaître du paysage.

Ces deux exemples sont caractéristiques de notre démarche mais ils constituent une vraie gageure : celle de ne plus développer le port sur de nouveaux terrains mais de réhabiliter des friches en faisant émerger des projets

11- Sur le site de Sahurs, la nature reprend ses droits, baignée par la Seine.

12- En décembre 2019, le "Cape Elise" en pleine manœuvre d'évitage.

13- 4^e phase de dragage 2018, par la Société de Dragage Internationale (SDI) DEME.

14- Pour la darse de Lillebonne, la berge a été supprimée sur quelques 300 mètres.

15- Les deux grues qui ornent le "106", une salle de concert consacrée aux musiques actuelles, ont un nom... de scène : on les appelle les grues "Picasso". Il s'agit, en fait, de grues Caillard qui rappellent l'ancienne vocation portuaire du site.

industriels respectueux de l'environnement. C'est une vraie gageure que de s'attaquer aux friches industrielles notamment en regard du traitement de la pollution, difficile et coûteux.

L'État, la région et la métropole comprennent notre démarche et la soutiennent car elle va permettre de faire émerger des projets qui s'appuieront sur un nouveau modèle économique. Dans cette transformation économique, l'idée est de renforcer le "cluster industriel" qui permet d'apporter de la valeur ajoutée à l'activité originelle d'import-export du port. Il s'agit d'une démarche logique de développement industriel en liaison avec le tissu économique local. Le dernier pilier de nos politiques de transformation du Port porte sur les infrastructures portuaires et est lié à l'ancienneté du port de Rouen. Ses infrastructures, soit datent de la fin du 19^e siècle, soit sont issues de la reconstruction de l'après-guerre dans les années 50/60.

Nous avons atteint aujourd'hui une période charnière où nous constatons une obsolescence des structures des ouvrages portuaires, tant en ce qui concerne les structures bois qui sont les plus anciennes, que les structures béton de l'après-guerre.

Il nous faut désormais renouveler, et ainsi pérenniser, une partie de nos installations portuaires et nous avons un programme ambitieux de plusieurs années, de l'ordre de 10 à 11 M€/an dédié à la reconstruction de certains de nos ouvrages tout en maintenant l'activité du port.

Des chantiers très ambitieux sont déjà en cours et programmés, faisant appel souvent à une compétence géotechnique forte car les problématiques sont nombreuses (affaissement de talus sous-fluviaux, zones compressibles, marnage important, etc.).

À titre d'exemple, les travaux sur la Seine sont compliqués par un marnage important, c'est-à-dire le fait que le port de Rouen est soumis aux variations de hauteur d'eau résultant de la marée : à Rouen même, le niveau d'eau peut varier de 4 m entre marée haute et marée basse.

Nous nous donnons dix ans pour parvenir à ce projet de transformation et reconstruction des infrastructures portuaires. □

1- "Capsize" est l'appellation des navires qui empruntent le cap de Bonne-Espérance pour contourner l'Afrique et le cap Horn pour contourner l'Amérique, "Panamax" est l'appellation des bateaux pouvant traverser le canal de Panama.

© HAROPA-PORT DE ROUEN

14



© MARC MONTAGNON

15





GROUPE ETPO (CIFE) REGARDER VERS L'AVENIR, SANS OUBLIER LE PASSÉ

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

ETPO A MANQUÉ DE DISPARAÎTRE PLUSIEURS FOIS, LORS DES DEUX GUERRES MONDIALES AINSI QU'APRÈS LA GUERRE D'ALGÉRIE QUI L'A LAISSÉE TRÈS ENDETTÉE JUSQU'AU DÉBUT DES ANNÉES 70. MAIS, LA RÉSILIENCE DE CETTE ETI ET SA CAPACITÉ À TRAVERSER DES CRISES EST IMPRESSIONNANTE. LA CRISE ÉCONOMIQUE QUI VA SUIVRE LA PANDÉMIE NE FAIT PROBABLEMENT QUE DÉBUTER, ET ELLE SE PRÉPARE DONC À DU MAUVAIS TEMPS. LA TRANSFORMATION D'UN ENSEMBLE D'ENTITÉS, EXERÇANT UN OU PLUSIEURS MÉTIERS, PARFOIS IDENTIQUES, INDÉPENDAMMENT LES UNES DES AUTRES, EN UN ENSEMBLE ORIENTÉ "CLIENT" ET STRUCTURÉ PAR "MÉTIER" - AVEC PARTAGE DE L'EXPERTISE DES DIFFÉRENTES ENTITÉS EXERÇANT CE MÉTIER -, DOIT PERMETTRE D'Y PARVENIR SANS OUBLIER LES VALEURS HUMAINES ET TECHNIQUES QUI ONT PERMIS À L'ENTREPRISE ET À SES FILIALES DE TRAVERSER AU COURS DE SA LONGUE HISTOIRE DES PÉRIODES TRÈS DIFFICILES. C'EST CE QUE MET EN ÉVIDENCE NOTRE RENCONTRE AVEC OLIVIER TARDY, PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL DU GROUPE ETPO, ARRIÈRE-PETIT-FILS DE LOUIS BRICHAUX.

C'est à Paris, le 23 décembre 1913 que l'Entreprise de Travaux Publics de l'Ouest (ETPO) est constituée à l'initiative d'un groupe d'entrepreneurs de la région nantaise. La Basse-Loire (aujourd'hui Loire Atlantique) est en plein développement industriel et les chantiers navals connaissent une importante activité : Joseph Brichaux, Centralien ayant travaillé en Ukraine à la construction de lignes de chemin de fer, Jean Gasnier et Eugène Le Brun, concessionnaire du procédé Hennebique, décident de s'associer afin d'accompagner l'essor naissant que connaît la région. Leur première réalisation est le "quai des darses", de 350 m de long, à Saint Nazaire, constitué d'ensembles préfabriqués en béton armé. Parallèlement, Louis Brichaux, frère aîné de Joseph, fondateur de la Compagnie Charbonnière de l'Ouest (CCO) en 1902, (maire de Saint-Nazaire de 1909 à 1919 et président de la CCI de Saint-Nazaire de 1912 à 1926), poursuit son activité d'importation et de transport de charbon. Il devient président du conseil

1- Quelques-uns des ponts sur la Loire à Nantes, construits pour la plupart par ETPO.

d'administration d'ETPO en 1919. Il recapitalise alors les Anciens Établissements Joseph Paris qui fabriqueront plus tard sous licence les grues Titan, emblématiques de la ville de Nantes. Tout est cohérent : ETPO n'était alors qu'un complément nécessaire à la croissance de l'activité d'importation et de transformation du charbon, tout comme Joseph Paris.

D'UNE GUERRE À L'AUTRE

Malheureusement, l'élan impulsé retombe rapidement avec l'arrivée de la première guerre mondiale. Pour autant, c'est au début de l'année 1917 qu'ETPO obtient les marchés de deux cales de 185 m aux chantiers de la Loire et de deux autres de 110 m pour les anciens chantiers Dubigeon.

Dès lors, ETPO entreprend ses premiers travaux en bord de Loire. L'entre-deux-guerres est une période prolifique pendant laquelle l'entreprise exécute un grand nombre d'infrastructures portuaires à Saint-Nazaire, Lorient, Saint-Brieuc, Saint-Malo, Cherbourg... et en profite pour sortir de son cadre régional. Parmi les événements marquants de cette période, il en est un de taille : le lancement du paquebot Normandie, le 29 octobre 1932, à partir de la cale construite par l'entreprise à partir de 1929, à l'époque la plus grande du monde.

À la veille de la seconde guerre mondiale, ETPO est une entreprise qui a su diversifier son activité, grâce à son bureau d'études constitué dès 1922 et des compétences techniques très avancées tant en travaux maritimes qu'en ouvrages d'art ou en infrastructures de bâtiments. Son expérience et un parc de matériels flottants conséquent en fait un acteur majeur dans les travaux de dragage, déroctage, remblaiement. Cette expansion est stoppée net par la guerre : matériel flottant réquisi-

tionné, installations démantelées... ETPO parvient malgré tout à survivre en exécutant quelques travaux publics, notamment pour la SNCF et les Ponts et Chaussées. À la fin de la guerre, l'entreprise est agonisante. Coup du sort, elle perd son président Louis Brichaux, décédé en 1945.

L'entreprise ne peut renouer pleinement avec ses activités qu'à partir de 1946 avec ce qu'il en reste, sous la présidence de Jean Gasnier, ingénieur de l'École Centrale de Paris et l'un des fondateurs d'ETPO.

Durant les trois années d'après-guerre, elle participe à l'assèchement d'écluses et de bassins en attente du relevage et du redressement de bateaux coulés, notamment grâce aux dragues qu'elle a pu préserver.

Tout en continuant à participer activement à la reconstruction d'après-guerre, qui durera jusqu'au milieu des années 50, ETPO étend ses activités aux ouvrages d'art, travaux hydrauliques, assainissement et construction de bâtiments, essentiellement industriels. ▶

« Dès 1952, ETPO se lance dans l'utilisation de la précontrainte, procédé développé par Eugène Freyssinet, pour la conception de ses propres ouvrages d'art : premier élément de pont en béton précontraint pour le tablier d'un passage supérieur à Lorient puis, en 1953, tablier du pont sur le Doubs, à Orchamps, d'une longueur de 145 mètres, avec 5 travées précontraintes longitudinalement et transversalement. »

Les années 50 voient ETPO diversifier son activité, d'abord en France le long du littoral mais aussi, et surtout, à l'étranger. Après la Bretagne, la Normandie et le pourtour méditerranéen, l'entreprise s'installe outre-mer, soit directement, soit par l'intermédiaire de filiales, en Algérie, au Maroc, en Afrique Occidentale et Équatoriale françaises (Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Gabon).

LE COUP D'ARRÊT DE 1962

La guerre d'Algérie va porter un coup fatal à cette période de succès. ETPO est en pleine construction du port de Philippeville, en 1962, juste au moment de l'indépendance. Le chantier, déjà difficile, s'avère dangereux. Très dangereux même. L'équipe d'ETPO doit cesser le travail et rentrer d'urgence en France si elle veut éviter les représailles. « Ce port de Philippeville allait être pour longtemps une ombre au tableau, indique Olivier Tardy. En effet, en quittant l'Algérie, l'entreprise laisse également une importante réclamation à la Caisse d'Équipement d'Algérie pour des travaux qui ne seront jamais réglés. L'Algérie devenue indépendante présente une fin de non-recevoir et ETPO mettra une dizaine d'années à se remettre de cet épisode. »

Pendant les années 60, elle a évidemment continué à travailler sur le sol



OLIVIER TARDY : PARCOURS

Olivier Tardy est administrateur de CIFE* et d'ETPO depuis 1994 mais ce n'est qu'en novembre 2012 qu'il est nommé Directeur général délégué du Groupe avant d'en devenir président en 2013.

Fils de Daniel Tardy, Olivier Tardy ne se destinait pas à reprendre le flambeau de l'entreprise, tout comme son père d'ailleurs, 40 ans plus tôt, bien que la famille se soit illustrée depuis quatre générations dans le Corps des Ponts avec, notamment, Jean Kerisel, fondateur de Simecsol et Albert Caquot, brillant ingénieur concepteur, s'étant impliqué dans de nombreux domaines, allant de l'assainissement à l'aéronautique, en passant par la mécanique des sols et la construction. Il est notamment le concepteur de la structure en béton armé du célèbre "Christ rédempteur" de Rio, dont la sculpture est l'œuvre de Paul Landowski.

Après des études à l'École Nationale des Ponts et Chaussées à Paris (1982), puis à l'Imperial Collège de Londres (MSC Course - Concrete Structures & Technology), intéressé par le secteur de la banque d'affaires, il intègre en 1984 l'Université de Californie à Los Angeles (UCLA) dont il est titulaire d'un MBA (1986).

Toutefois, de retour en France, plutôt que de rejoindre l'entreprise familiale, il devient consultant au Boston Consulting Group (BCG), cabinet pionnier du conseil en stratégie, préférant le métier de conseiller à celui de banquier. Il y travaille pendant près de 26 ans dans les métiers de technologie et dans l'industrie (santé, téléphonie mobile, automobile) aux côtés de chefs d'entreprises réputés et devient Senior Partner en 2001, avant de rejoindre le Groupe ETPO dont il est président depuis le 14 juin 2013.

* CIFE est la holding financière qui gère l'ensemble des entreprises du Groupe et notamment ETPO. Le "Groupe ETPO" n'existe pas en tant qu'entité juridique mais l'appellation est désormais entrée dans les mœurs.

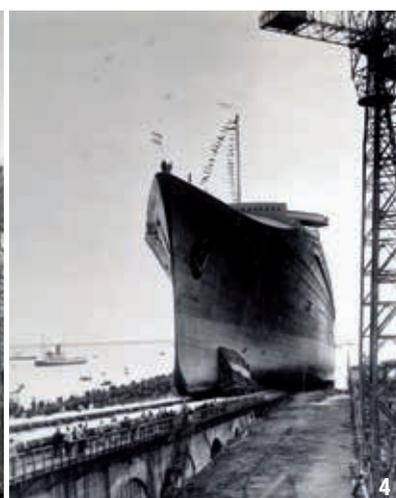
français, conjuguant défis techniques et ouvrages remarquables. Le pont de Martrou, à côté de Rochefort sera une des belles réalisations de cette époque. Avec cet ouvrage dont les pylônes permettent une élévation de la travée métallique centrale de 28 m au-dessus du niveau de la Charente, ETPO démontre ses exceptionnelles compétences techniques, capable de s'adapter et de faire face aux situations les plus complexes, en l'occurrence, les fondations des pylônes spécialement conçues par Albert Caquot pour s'affranchir d'un sous-sol particulièrement instable.

En 1968, c'est un nouveau chantier de taille qui attend les équipes d'ETPO : le battage des pieux de Malakoff. Jusqu'à cette époque, en effet, le site de Malakoff n'est que marais en bord de Loire. Pour faire sortir de la vase un nouveau quartier de Nantes, 2000 pieux en béton de près de 30 t chacun doivent être battus. L'entreprise Pajot, société familiale angevine, inventeur des marteaux pneumatiques, est un partenaire naturel pour ETPO.

1968 est aussi l'année du pont de Bellevue, sur la Loire, en amont de Nantes, de 370 m de longueur, pour ETPO premier ouvrage en béton précontraint construit en encorbellement avec voussoirs coulés en place.

Les travaux maritimes ne sont pas en reste : quai de Cheviré à Nantes, et l'écluse François 1^{er} au Havre.

Commencés en 1967, les travaux durent quatre ans. Il s'agit de réaliser l'une des plus grandes écluses du monde afin de pouvoir recevoir des navires de 250 000 t. L'ouvrage a des dimensions impressionnantes : 469 m de longueur, 67 m de largeur. Son temps de remplissage est de 15 minutes et un gros navire met 45 minutes à la traverser. Sa réalisation nécessite la mise



2- Olivier Tardy, président-directeur général du Groupe ETPO.

3- La grande écluse du Naye à Saint-Malo (1922).

4- La cale de lancement du "Normandie" à Saint-Nazaire, à l'époque la plus grande du monde (1932).



5
© ETPO

en œuvre de 480 000 m³ de béton, au rythme de 900 à 1 000 m³ chaque nuit. 1970 voit l'arrivée à la présidence d'ETPO de Daniel Tardy, DGA de Joseph Paris. Daniel Tardy, polytechnicien, ingénieur du génie maritime, docteur d'État es-sciences, est professeur depuis 1962 de résistance des matériaux à l'École Nationale supérieure de Mécanique de Nantes (ENSM), puis directeur, depuis 1968, de cette même école. Il est également directeur de l'IUT de Nantes depuis sa création en 1967. Sa famille, par l'action de son père Lucien Tardy, gendre de Louis Brichaux, est devenu l'actionnaire de référence d'ETPO. Lui-même est administrateur d'ETPO et c'est donc tout naturellement qu'il en devient président. Sous l'impulsion de Daniel Tardy, ETPO poursuit sa démarche innovante, en particulier, en matière d'ouvrages d'art : terminal pétrolier d'Antifer, avec Bouygues et Solétanche en 1973, pont Anne de Bretagne, à Nantes, construit en béton précontraint par encorbelle-

**5- Le pont
Éric Tabarly,
un voilier sur
la Loire (2010).**

**6- Le pont
Confluences à
Angers (2009).**

**7- Le viaduc
des Ponts de Cé
(2010).**

ment avec des voussoirs préfabriqués (1975), viaduc sur la Laïta, à Quimperlé (1979).

L'entreprise se lance également dans la réalisation d'installations industrielles tels que l'usine Eurosoja à Saint-Nazaire en 1970, d'immeubles d'habitation et de bureaux, avec l'absorption de la société des Anciens Établissements Eugène Ducos.

À la fin des années 70, c'est un tout autre style de construction qui attend les équipes Travaux Publics. Après la série de ponts du début de la décennie, le carnet de commandes se remplit de

barrages de taille moyenne : barrage à contreforts de Pierre-Brune en forêt de Mervent (1977), barrage à voûtes multiples du Verdon, à Cholet (1979), passages souterrains à Dubaï (1980), barrage de Manantali, au Mali (1988), en association avec Losinger, Züblin et Dyckerhoff & Widmann, pont-canal de Carentan (1994).

« *L'incursion africaine durera 30 ans, mais s'achèvera tant pour des raisons politiques qu'économiques*, précise Olivier Tardy. *Elle nous aura apporté ce qui constitue encore un trait de fabrique d'ETPO : la préparation minutieuse des chantiers. En Afrique, vous êtes souvent loin de tout et il est absolument impératif de prévoir et préparer pour mener à bien les projets. Cela nous a d'ailleurs permis de nous implanter avec succès aux Antilles et à la Réunion dans les années 90 à telle enseigne que nous réalisons aujourd'hui à peu près 30% de notre chiffre d'affaires hors de la métropole dans les DOM et dans certains pays d'Afrique de l'Ouest ou du*

Nord (Cameroun, Guinée, Maroc), ainsi qu'au Québec. »

Bernard Thérét succède à Daniel Tardy à la présidence d'ETPO en 1998, lorsque ce dernier devient président de la FNTP et ce sont deux décennies riches en nouveautés qui s'annoncent tant au niveau de l'organisation de l'entreprise (informatique, certificat ISO 9001, démarche RSE) que des chantiers de Travaux Publics : pont-canal de Carentan sur la voie rapide Caen-Cherbourg (1994), viaduc de Jugon-les-Lacs (1997), viaduc de Mouflers sur l'A16 (1997), viaducs de la Vourraie, de Fontenay-le-Comte et du Musson sur l'A83..., viaduc sur la Sarsonne sur l'A89 en Corrèze (1998), centrale hydro-électrique de Pierre-Bénite (1999).

Avec les années 2000, les travaux maritimes reprennent de l'ampleur avec plusieurs réalisations marquantes : terminal roulier au Havre, quai des Pêcheurs, pont des Belges et écluse à Deauville/Trouville, quai de Cheviré à Nantes, port du Château à Brest. ▶



© ETPO
6



7



L'export connaît une nouvelle phase avec le pont de l'Alliance en Guadeloupe (1994), l'aérogare de Fort-de-France en Martinique (1995), le quai poste 9 de Djibouti pour la Marine nationale française (1998), le pont sur la Sinnamary, en Guyane (1998), le quai pétrolier de Cotonou, au Bénin (1999), des ouvrages non conventionnels sur la route des Tamarins à La Réunion (2006), ...

2013 : UNE ORGANISATION POUR DEMAIN

On pourrait multiplier les exemples pour atteindre 2013, date à laquelle Olivier Tardy succède à Daniel Tardy en tant que président du Groupe ETPO tandis que Mohamad Atoui devient président directeur-général d'ETPO, prenant la succession de Bernard Théret.

L'état d'esprit des équipes est ce qui attire le plus Olivier Tardy, qui est séduit par l'implication et la confiance qui règnent chez ETPO. Il met donc tout en œuvre pour que cette ETI garde son indépendance en s'appuyant sur les patrons opérationnels de talents que sont ceux des agences et des filiales. Il s'efforce également de trouver le bon équilibre entre les clients et ses équipes même si les règles des marchés publics les empêchent trop souvent de pleinement valoriser la qualité qu'ETPO sait offrir. Côté actionnaires, enfin, il s'efforce d'avoir une représentation actionnariale unifiée.

GRUPE ETPO : LES FILIALES

INTERNATIONAL

ETPO GÉODEX ET PSM (MONTRÉAL) : Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins, Ouvrages d'Art et Génie Civil.

FWE (CALIFORNIE) : Bâtiment (Réhabilitation), Développement Immobilier.

NEGRI MAROC (CASABLANCA) : Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins.

MÉTROPOLE

BRITTON (29) : Bâtiment, Génie Civil et Travaux Spéciaux.

DRAGAGE MARINE ASSISTANCE (11) : Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins.

ETPO (35, 44, 76, 92) : Bâtiment, Ouvrages d'Art et Génie Civil, Travaux Maritimes et Fluviaux.

ETPO IMMOBILIER (44 ET 92) : Promotion et montages immobiliers.

NEGRI FRANCE (13) : Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins, Travaux Spéciaux.

PASCAL MARTIN (74) : Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins.

SCAPHOCÉAN (44) : Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins.

TECHNIREP (92) : Travaux Spéciaux.

TETIS (76 - 85) : Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins, Travaux Spéciaux.

OUTRE-MER

COMBAT (MARTINIQUE) : Bâtiment, Ouvrages d'Art et Génie Civil, Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins.

ETPO GUADELOUPE, ETPO GUYANE : Ouvrages d'Art et Génie Civil, Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Spéciaux.

OCETRA (LA RÉUNION) : Travaux Sous-Marins.

PICO OCÉAN INDIEN (LA RÉUNION) : Ouvrages d'Art et Génie Civil, VRD, Travaux Maritimes et Fluviaux, Travaux Sous-Marins, Travaux Spéciaux.

8- L'extension du port des Minimes à La Rochelle.

4 PÔLES ET 5 MÉTIERS

Olivier Tardy précise la nouvelle organisation : « Le Groupe est désormais structuré en quatre pôles (Immobilier, Bâtiment, Travaux Publics et International (DOM et Canada)), et exerce cinq Métiers (Immobilier, Bâtiment, Travaux Maritimes ou Fluviaux et Travaux Sous-Marins (TMF-TSM), Ouvrages d'Art et Génie-Civil (OA-GC) et Travaux Spéciaux (TS)).

Le pôle Travaux Publics exerce donc trois métiers, et le pôle International regroupe en fait quatre des cinq métiers (les trois des Travaux Publics et le Bâtiment). Les différentes sociétés du Groupe sont rattachées à l'un des quatre pôles et elles coopèrent de plus en plus fréquemment au service des clients, afin d'apporter les meilleurs savoir-faire du Groupe. »

La construction : Bâtiment et Travaux-Publics (Travaux Maritimes ou Fluviaux et Sous-Marins, Ouvrages d'Art, Génie Civil et Travaux Spéciaux), représente environ 93 % du CA et l'Immobilier (promotion immobilière - montage immobilier : programmation, conception, réalisation, ingénierie financière, maintenance) ne représente pour le moment que 7 % des revenus du Groupe.

« Dans la partie construction, nos principales spécialités sont les infrastructures

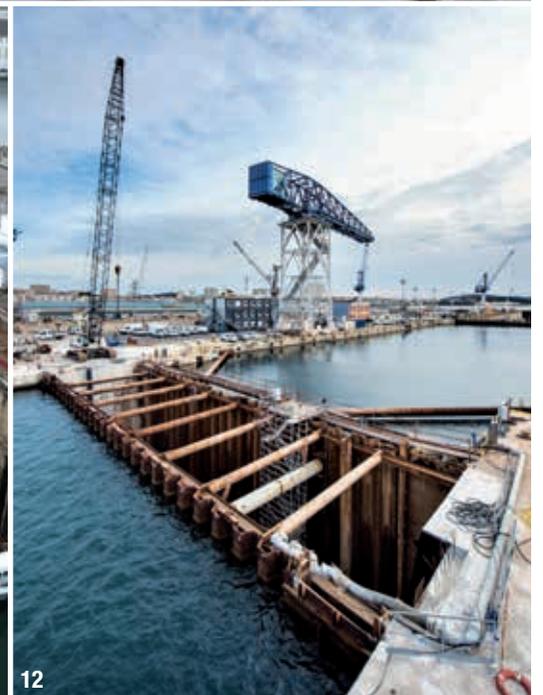


9- Dépose de la porte aval de la nouvelle écluse de Tancarville.

10- Le ponton Navy Blue armé d'une grue de 500 t sur le chantier de la nouvelle écluse de Tancarville.

11- Chantier de la seconde ligne d'accostage des FREMM à Brest.

12- Création de batardeaux dans la forme de radoub du bassin Vauban à Toulon (Negri).



maritimes (digues, quais, postes d'accostage...), les ouvrages d'art (ponts, viaducs, barrages...), et les travaux spéciaux (mises aux normes, confortements de structures, réparations), les bâtiments tertiaires techniques (hôpitaux, cliniques, gymnases, piscines...), les bâtiments tertiaires et les logements (neufs et réhabilitation).

Notre activité est générée dans le cadre de contrats publics (État, collectivités territoriales...) ou de contrats privés. Dans la partie immobilière, nous produisons seuls ou en partenariat des bureaux ou des logements, à destination de clients privés ou de bailleurs sociaux, dans le cadre de programmes de promotion immobilière. Nous pouvons également intervenir dans des opérations de montages immobiliers, en accompagnant nos clients à toutes les étapes de leur projet. »

Le Groupe est présent en France métropolitaine (69% du CA) et dans les départements d'Outre-mer (13% du CA), via l'exploitation d'une quinzaine de filiales opérationnelles. Il se développe à l'international, dans les travaux mari-

times et les travaux spéciaux, au Maroc et au Canada notamment, en complément des activités de réhabilitation et location immobilière ou de promotion immobilière historiques, aux États-Unis notamment.

CIFE (GROUPE ETPO) EN CHIFFRES

- 650 collaborateurs.
- 185 M€ de chiffre d'affaires.
- 18 implantations en France et à l'international.
- 5 métiers : Immobilier (10 M€), Bâtiment (75 M€), Travaux Maritimes ou Fluviaux et Travaux Sous-Marins (45 M€ soit 10% du marché français), Ouvrages d'Art et Génie Civil (40 M€) et Travaux Spéciaux (15 M€).
- 95 M€ de capitaux propres. "CIFE- Groupe ETPO" est coté sur Euronext Paris.

CAP 2025 : L'ORGANISATION ÉVOLUE, LES VALEURS DEMENTENT

La transformation d'un ensemble d'entités, exerçant un ou plusieurs métiers, parfois identiques, indépendamment les unes des autres, en un ensemble orienté Client et structuré par "Métier" (partage de l'expertise des différentes entités exerçant ce métier), sous la houlette de membres du Comité de Direction ayant une expérience solide dans chacun des Métiers est une aventure excitante. C'est le projet CAP 2025 : plus de proximité client, plus de technicité, afin d'apporter des "solutions constructives" aux clients, en lien avec les grands maîtres d'œuvre... Ce projet nécessite, outre des responsables Métiers et des patrons de centre de profit expérimentés, le soutien de responsables fonctionnels disposant d'un véritable esprit de service. ▷

L'ensemble de cette réorganisation autour de CAP 2025 s'appuie sur trois valeurs du Groupe qu'Olivier Tardy considère comme fondamentales : rigueur, transparence et humilité.

« *Rigueur est à prendre au sens d'exactitude ou de précision sans défaut, par opposition avec fantaisiste ou approximatif, précise-t-il. Nous devons éviter tout relâchement de nos pratiques historiques et accepter certaines exigences nouvelles liées aux évolutions de nos métiers. Transparence, c'est avoir le courage, parfois, d'alerter si une situation paraît mal orientée. Nous serons toujours forts pour résoudre les problèmes à plusieurs. L'humilité recouvre deux notions : nous pouvons tous être légitimement fiers du travail accompli. Cependant, pour progresser, il est important de garder un esprit ouvert, de ne pas se froisser quand un collègue ou un client nous pose des questions qui semblent remettre en cause nos compétences.* »

CHANTIERS D'AUJOURD'HUI : LA RECHERCHE DE SOLUTIONS INÉDITES

Bon nombre de chantiers confiés à ETPO ou à ses filiales se distinguent par l'originalité des solutions et des matériels mis en œuvre, qui s'apparentent quasiment plus à une conception-construction tel qu'on l'entend aujourd'hui qu'à l'exécution du projet de base soumis à appel d'offre initial. C'est le cas de la plupart des opérations recensées ci-après, pour lesquelles le bureau d'études interne a proposé des solutions visant à optimiser la réalisation sur le plan technique tout en respectant les coûts, les délais et la qualité d'exécution.

ETPO a par exemple réalisé l'extension du port des Minimes à La Rochelle en construisant une digue en mer d'une longueur de 650 m avec une méthode constructive inédite définissant avec précision la cinématique du chantier. Cette méthode s'est avérée à la fois plus rapide et plus économique, à l'aide d'outils conçus spécialement à cet effet et suivant un phasage entièrement prédéterminé par le bureau d'études, pour réaliser les différentes phases d'exécution.

Les équipes de Negri ont démarré en 2019 les travaux de réfection de la grande jetée de Toulon pour le compte de l'ESID⁽¹⁾. Cette jetée est un imposant ouvrage de 1 200 m de long qui permet de repousser les assauts de la houle... depuis 138 ans ! Un chantier à la logistique importante et à forte technicité,



© ETPO

13

DE LA PLACE SANITAT À AR-MEN

Bien que l'événement ne soit pas lié directement à la mise en place du projet CAP 2025, le transfert en octobre 2019 du siège social du Groupe du site historique mais peu fonctionnel de la place Sanitat à Nantes dans l'immeuble Ar-Men, à Saint-Herblain constitue l'une des étapes, les plus visibles de l'extérieur, de l'entrée d'ETPO dans le 21^e siècle, d'autant qu'Ar-Men est la première opération développée dans le cadre du partenariat stratégique mis en place entre le Groupe ETPO et Omnes, via son fonds Construction Energie Plus (CEP).

Imaginé par Cité Claes, l'immeuble Ar-Men, d'une surface d'environ 4 500 m² est composé de 3 niveaux de bureaux d'environ 1 500 m² chacun, divisible à partir de 190 m². Le bâtiment développe des performances énergétiques et environnementales nettement supérieures aux exigences de la RT 2012, en termes de consommation énergétique et d'isolation, mais aussi de gestion de l'eau et de qualité de l'air. Il anticipe ainsi la réglementation thermique 2020.

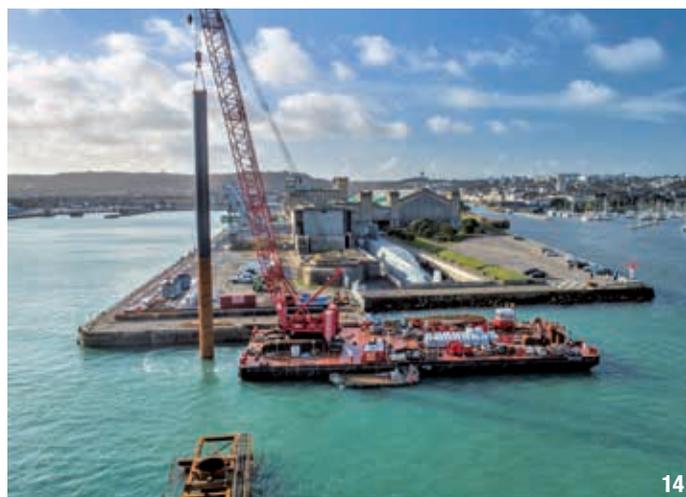
Cette réalisation confirme la volonté d'ETPO de s'impliquer plus encore que par le passé dans la promotion et la construction immobilières.

c'est grâce au ponton de Negri baptisé "Sisyphé" que pendant 26 mois plus de 62 000 m³ de blocs de calcaire vont être acheminés pour la remise en état de la jetée.

ETPO Le Havre pour le compte du Grand Port Maritime du Havre a assuré la dépose pour réparation de la porte Aval de la nouvelle écluse de Tancaville. Les manœuvres se sont déroulées en mobilisant le Ponton Navy Blue armé, pour l'occasion, d'une grue flèche treillis de 500 tonnes de capacité.

13- Le nouveau siège du groupe ETPO dans l'immeuble Ar-Men à Saint-Herblain (Cité Claes architecte).

14- Chantier d'allongement de 45 m du quai de France à Cherbourg.



© ETPO

ETPO Le Havre, en groupement avec ETMF, vient d'achever les travaux de rénovation du poste céréalier de Senalia dans le cadre du programme d'amélioration des accès maritimes lancé par Haropa - Port Maritime de Rouen. Ces travaux font de ce terminal le plus performant d'Europe, avec trois portiques d'une capacité de chargement de 1 000 t/heure.

Technirep, filiale spécialisée dans le diagnostic, le renforcement, la réparation et la protection des Ouvrages d'Art, a effectué des travaux de vérinage sur les ponts de Rungis pour le compte de son client Semmaris.

Dans le cadre du projet de l'échangeur Turcot, le consortium KPHT a confié à la nouvelle équipe d'ETPO Géodex la construction du mur de soutènement de l'autoroute A-15 dans le Canal de l'Aqueduc à Montréal. Au programme : 535 mètres de palplanches pré-peintes, une centaine d'ancrages au roc, 145 tirants d'ancrage sur 2 niveaux, 4 configurations de sites différentes. Une réalisation soumise à de nombreuses contraintes environnementales liées à l'usine d'eau potable Atwater de la Ville de Montréal.

Pico Océan Indien est intervenu dans la création d'un ouvrage d'art sur la Ravine des Orangers à la Réunion sur la commune de Sainte Anne. Ce nouveau pont permet à la fois de sécuriser et fluidifier la circulation sur ce secteur, tout en valorisant le patrimoine environnant.

La sauvegarde du fort du Moulin sur l'île de Port-Cros (Var), monument historique dont les fondations remontent au XVI^e siècle, a été achevée, après une première tranche de travaux de six mois, démarrée en octobre 2016 par Technirep.

Le groupement ETPO/Bouygues TPRF - sous-traitant du groupement Horizon, procède actuellement à Boulogne-Billancourt à des travaux peu communs : " l'arrachage de fondations " à proximité de la future gare Pont-de-Sèvres du Grand Paris Express. Cette opération consiste à extraire les fondations de l'ancien pont de Sèvres, longues d'environ 20 mètres et interceptant le futur passage du tunnelier. Le tout en Seine à partir d'un double batardeau.

« *Le passage de la station Pont-de-Sèvres empiète d'un tiers sur la Seine, ajoute Olivier Tardy. La construction de cette station sera donc réalisée depuis un remblai soutenu par un Combi-Wall qui vient d'être terminé grâce au savoir-faire des équipes. Elles mettent*



15

maintenant en place les pieux de la future estacade qui permettra d'élargir le champ d'action des grues et des foreuses pour la future Gare. Les travaux continueront avec la réalisation d'un rideau simple, la mise en place de ducs d'Albe ainsi que l'arrachage des anciens pieux qui gênent le passage du tunnelier. »

Un autre chantier vient de s'achever, en groupement avec Charier GC, Ducrocq et Géomines pour l'ESID de Brest : celui de la seconde ligne d'accostage des FREMM (FREgate Multi-Missions), une classe de frégates furtives de 2^e génération à Brest. Cette ligne de stationnement est constituée d'un ponton en béton armé de 160 m de long, 17 m de large et 8,50 m de haut, ancré sur chaînes. Ces chaînes sont elles-mêmes ancrées :

- Côté quai, sur des massifs en béton armé fondés sur des micropieux d'environ 30 m, dans le quai des Flotilles ;
- Côté mer, sur un musoir en béton armé de 4 m de diamètre et 23 m de haut, réalisé en coffrage glissant, fondé superficiellement sur une assise en remblai après dragage.

15- Chantier de sauvegarde du fort du Moulin sur l'île de Port-Cros.

16- L'hôpital Mère et Enfant à Nantes (Rémy Butler architecte).

17- Le gymnase Atlantis à Massy (Christophe Guizzi architecte).

« Les études d'exécution ont été menées en mode BIM, précise Olivier Tardy. Cela offre au chantier une vision globale et concrète des ouvrages à réaliser et permet de piloter les études d'une manière pluridisciplinaire. Le BET Groupe ETPO a été chargé des études du musoir. Du côté BE structure, les plans de coffrage sont tirés de la maquette générale (modélisation 3D complète des ouvrages). En innovation sur cette étude, les plans de ferrailage ont été réalisés aussi en 3D. La maquette dans les trois dimensions a permis à l'équipe

d'analyser plus complètement les structures, d'optimiser et mieux anticiper les complexités de réalisation sur chantier. Enfin, du côté du BE moyens techniques de chantier, les études de cet outil spécifique au déplacement en flottaison du musoir ont été réalisées en interne. » Pour en terminer avec la diversité des chantiers, il faut également mentionner les viaducs de Langeais et de La Perré, sur l'A85, la création d'une voie de circulation douce par élargissement par l'extérieur du tablier du viaduc de Saint-André-de-Cubzac, la réparation par Negri de la digue du large à Marseille ainsi que la création de batardeaux en vue de la rénovation de la forme de radoub du bassin Vauban à Toulon, les tours Cachemire à Terrebonne, au Québec, pour lesquelles une technique innovante d'ETPO Géodex a permis la réalisation dans les délais de 333 pieux d'acier totalisant un linéaire de 13 km, la rénovation par les équipes Travaux Services d'un ouvrage de rétablissement sous l'A11 à Mauves-sur-Loire, avec la mise en place d'un "tubage" interne de 4 m de diamètre en buses emboîtables en PRV (Polyester Renforcé de fibres de Verre), une première en France.

AU-DELÀ DE LA CRISE DE LA COVID-19

Le Groupe ETPO a traversé, en s'adaptant, la crise de la Covid-19, même si la reprise des chantiers s'est avérée moins rapide que leur mise en sécurité.

Olivier Tardy se veut malgré tout optimiste : « Parmi les aspects positifs, dit-il, nous pouvons citer l'accélération de notre transformation digitale. Le télétravail nous a permis de traverser cette période plus efficacement. Nos futurs accords de télétravail tiendront compte des enseignements et progrès nés de cette crise, même si je crois que l'entreprise virtuelle a ses limites, car l'entreprise est un lieu de communication et de partage d'énergie, deux ingrédients indispensables à la performance. »

S'adapter aux évolutions humaines et techniques de ses métiers, intégrer la prise en compte de l'environnement, se transformer sans nostalgie avec courage et détermination. Chez ETPO, les valeurs demeurent quelles que soient les circonstances. □

1- ESID : Établissement du Service d'Infrastructure de la Défense.



16

© ETPO



17

© ETPO



1
© BALINEAU

TRAVAUX D'AMPLEUR POUR LE PORT DE LA VIGNE À LÈGE-CAP-FERRET

AUTEUR : SÉBASTIEN GUILLEMOTEAU, INGÉNIEUR TRAVAUX, BALINEAU

LE PORT DE PLAISANCE DU PORT DE LA VIGNE À LÈGE-CAP-FERRET A ÉTÉ RÉAMÉNAGÉ ET DRAGUÉ PAR L'ENTREPRISE BALINEAU. LE NOUVEAU RIDEAU DE 540 m A ÉTÉ MIS EN FICHE 3 m À L'ARRIÈRE DU RIDEAU EXISTANT, CE QUI A EXIGÉ UN PHASAGE COMPLEXE. LES MÉTHODES DE TRAVAIL USUELLES ONT AINSI DÛ ÊTRE ADAPTÉES ET L'AGENCEMENT DES TÂCHES OPTIMISÉ POUR PERMETTRE LE RESPECT D'UN DÉLAI TRÈS SERRÉ ET LA REMISE À L'EAU DES BATEAUX EN TOUT DÉBUT DE PÉRIODE ESTIVALE.

CONTEXTE DU PROJET ET TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Très prisé, ce port privé, situé en bordure de plage, offre un panorama superbe sur le Bassin d'Arcachon et la Dune du Pilat.

Seul port en eau permanente de la façade Nord et Ouest du bassin, il abrite une flotte d'environ 300 bateaux

de plaisance de 8 m de longueur maximum. Il accueille également les sauveteurs de la SNSM, la gendarmerie maritime et des petits bateaux de pêche qui peuvent y trouver refuge par mauvais temps.

Le quai construit il y a près de 60 ans étant en très mauvais état, la société Balineau s'est vu confier sa reconstruc-

1- Vue générale du chantier achevé, juste avant la réouverture du port.

1- General view of the completed project, just before reopening the harbour.

tion complète à partir d'octobre 2019 ainsi que son dragage afin d'avoir un port en eau à n'importe quelle marée. Ces travaux ont permis d'ajouter une vingtaine de places et de gagner en aisance de navigabilité en augmentant la largeur utile entre les pannes des pontons. Le rideau existant, constitué de palplanches Larssen Ian, est doté



© BALINEAU

2

d'une lierne, de tirants tous les 2,40 m et d'une poutre béton de 50 x 40 cm. Le premier enjeu du chantier fut l'obtention de zones de stockage pour les équipements et matériaux du chantier, les besoins étant importants : pontons de plaisance déposés, palplanches neuves, stocks tampons pour le sable terrassé, etc.

Des solutions fonctionnelles ont pu être trouvées avec l'aide des services techniques de la Mairie.

Des réunions de présentation des travaux dans le cadre de la concertation avec les riverains ont également été organisées afin de limiter au maximum les nuisances et de concilier au mieux les travaux et le maintien d'un certain niveau d'activité alentour avec notamment les restaurants en bordure du port. L'exiguïté du site a rendu nécessaire le recours au matériel nautique. Ce dernier est constitué de pontons modulaires transportés par voie routière et assemblés directement sur le plan d'eau afin de former un ponton principal de 24 x 12 m (figure 2). Équipé d'une grue treillis 70 t, il est stabilisé par des pieux de maintien. Un ponton de servitude de 18 x 10 m déplacé par un bateau pousseur pour permettre l'approvisionnement des matériaux a pied d'œuvre complète l'atelier.

2- Assemblage des pontons modulaires.

3- Principe de la palplanche provisoire intercalaire au droit du tirant existant.

2- Assembling the modular pontoons.

3- Schematic of temporary separation sheet piling at the level of existing tie anchors.

L'investissement d'une grue 90 t Kobelco neuve CKE900 a été réalisé, grue dédiée aux manutentions terrestres du chantier, ainsi qu'une barque en aluminium baptisée comme il se doit "La Vigne".

Différentes plateformes et voies de circulation pour les engins et camions ont aussi été aménagées.

L'équipe a ensuite procédé à la libération des espaces du plan d'eau et de sa périphérie avec, tout d'abord, la dépose soignée des garde-corps inox (500 m stockés en conteneurs) Le ponton pare-houle était trop dété-

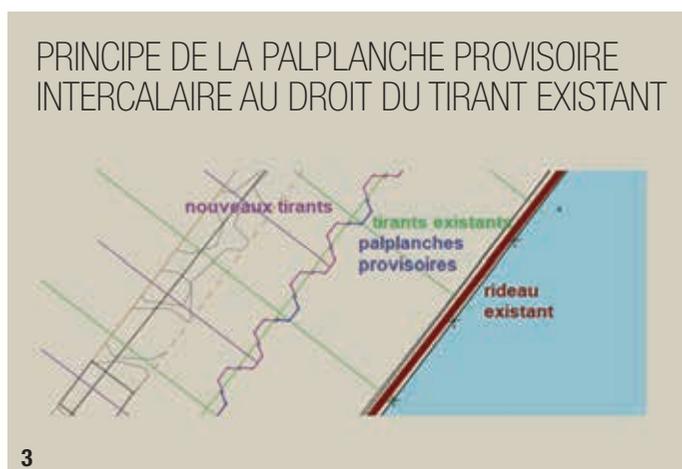
rioré et il a été remplacé par un neuf. Les 600 m de pontons de plaisance ont été désaccouplés puis stockés à terre, les pieux de guidage arrachés au vibrofonneur, les 2500 m² d'enrobé de la voie de circulation périphérique décrotés.

MISE EN ŒUVRE DU RIDEAU EN 2 PHASES

La principale spécificité de la réalisation du nouveau rideau provient de son positionnement 3 m à l'arrière du rideau existant sur la majeure partie du linéaire, d'où la nécessité de conserver provisoirement les tirants existants tous les 2,40 m pour la stabilité de l'ouvrage. Pour ce faire, des palplanches courtes provisoires de 1,5 m s'appuyant sur le dessus des tirants sont mises en œuvre afin de garder le pas des palplanches (figure 3).

Sur une portion de 50 m, le nouveau rideau est implanté à une cinquantaine de centimètres à l'avant du rideau existant, ce linéaire présentant des équipements ne pouvant être déplacés : station de pompes à carburant, bras de grue de manutention des bateaux et pompes à eaux grises.

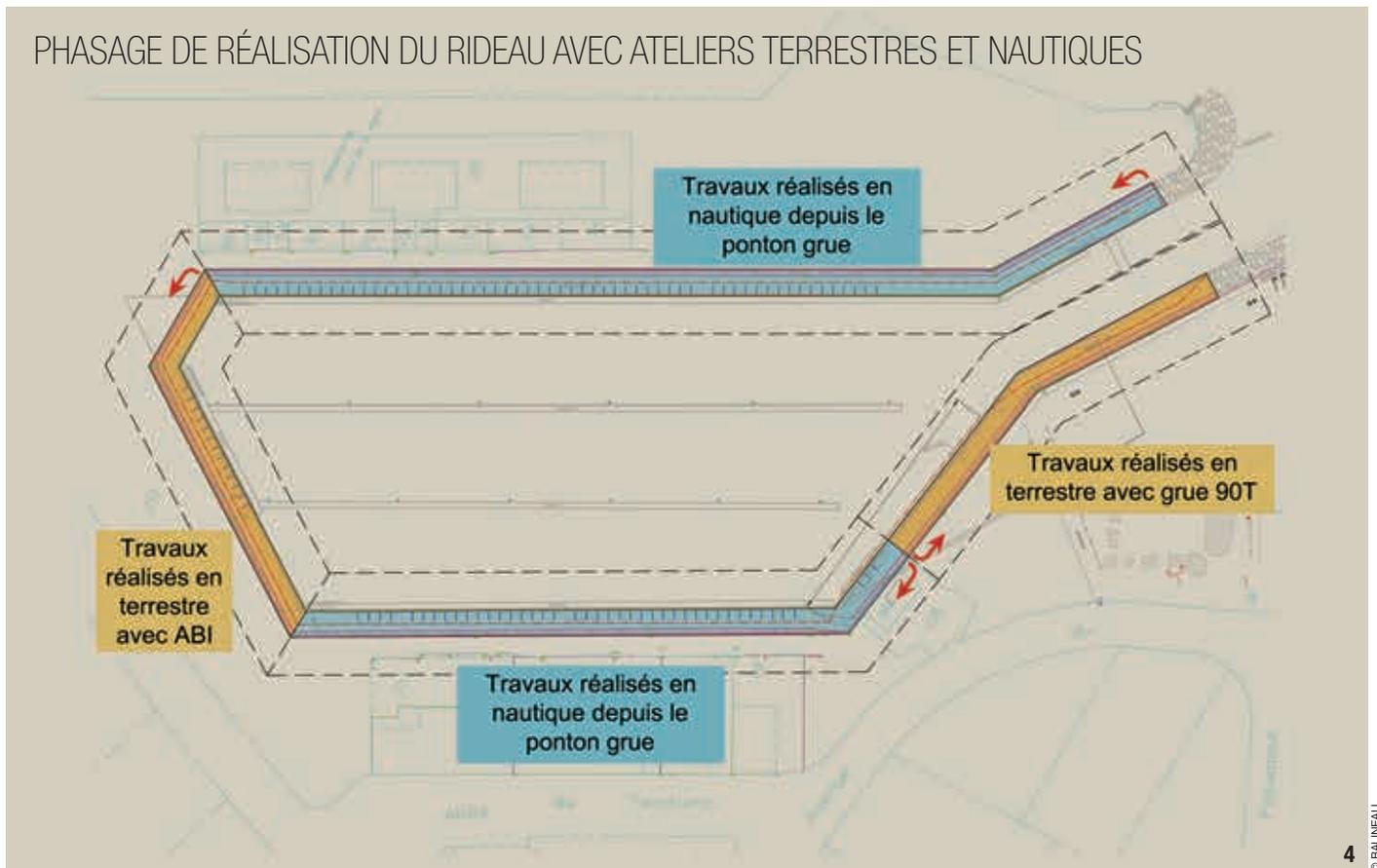
Le site présente une géologie relativement homogène constituée uniquement de sable.



3

© BALINEAU

PHASAGE DE RÉALISATION DU RIDEAU AVEC ATELIERS TERRESTRES ET NAUTIQUES



4

© BALINEAU

Les palplanches, de type PU12 de 10,7 m de longueur et revêtues ACPA IM2 sur une face, ont été mises en fiche à l'aide d'un vibrofonçeur 30-HV depuis le ponton-grue.

Des ateliers terrestres, dont une foreuse ABI, ont également travaillé en parallèle sur les quelques zones accessibles afin d'optimiser le planning (figures 4 et 5).

Le terrain se révélant plus dur sur certaines zones, un trépied de 3 t a été utilisé pour permettre le battage des palplanches au refus vibro.

Une fois les nouveaux tirants réalisés (descriptif détaillé ci-après), les ateliers ont fait un deuxième "tour de piste" : les palplanches provisoires ont été arrachées et remplacées par les palplanches définitives après découpe au chalumeau des tirants existants (figure 6).

Au fil du chantier, des mesures de vibration ont été réalisées afin de vérifier que les vitesses particulières ne dépassaient pas des seuils critiques et s'assurer ainsi que le bâti environnant n'était pas exposé.

RÉALISATION DES TIRANTS

320 tirants auto-forés ont été mis en œuvre par le sous-traitant Soltechnic afin de stabiliser le quai.



5

© BALINEAU



6

© BALINEAU

4- Phasage de réalisation du rideau avec ateliers terrestres et nautiques.

5- Mise en œuvre du rideau avec atelier terrestre ABI.

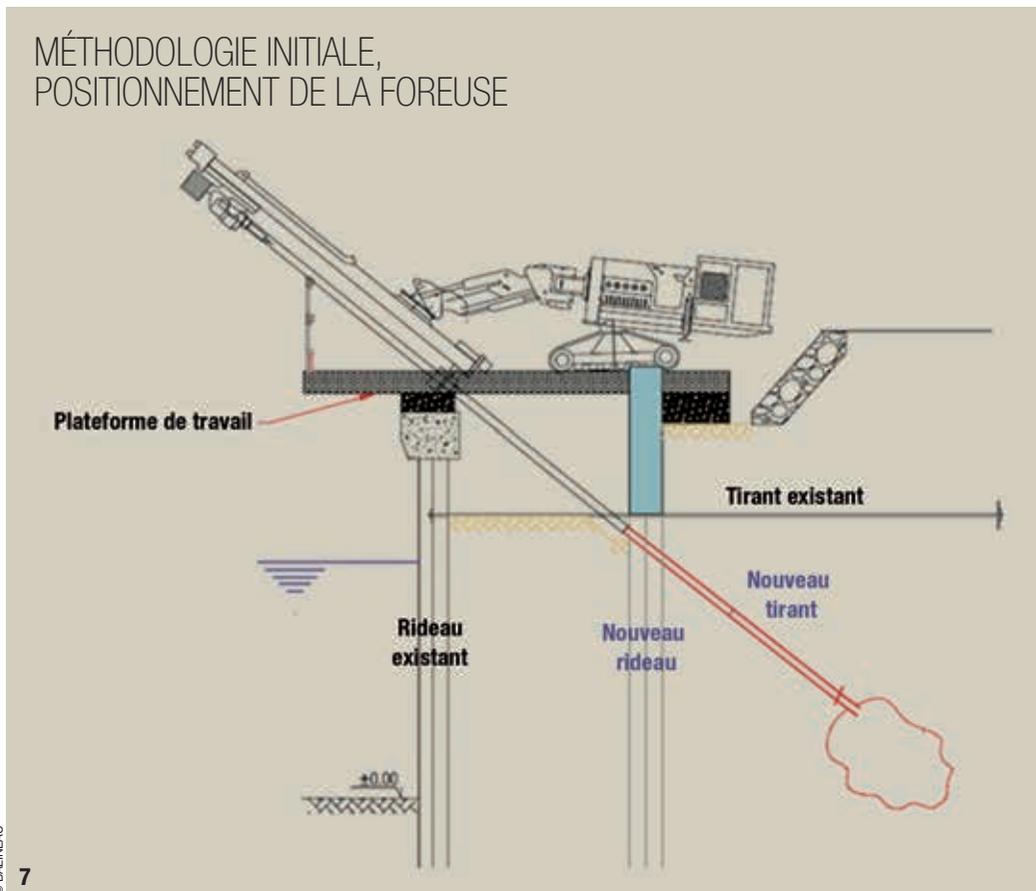
6- Remplacement des palplanches provisoires par les palplanches simples définitives tous les 2,40 m.

4- Work sequencing for execution of the screen with onshore and offshore rigs.

5- Placing the screen with ABI onshore rig.

6- Replacing the temporary sheet piling with permanent single sheet piling every 2.40 m.

MÉTHODOLOGIE INITIALE, POSITIONNEMENT DE LA FOREUSE



7- Méthodologie initiale, positionnement de la foreuse.

8- Mise en œuvre des tirants.

9- Terrassement inter-rideaux sur 5,50 m de hauteur.

10- Arrachage du rideau existant.

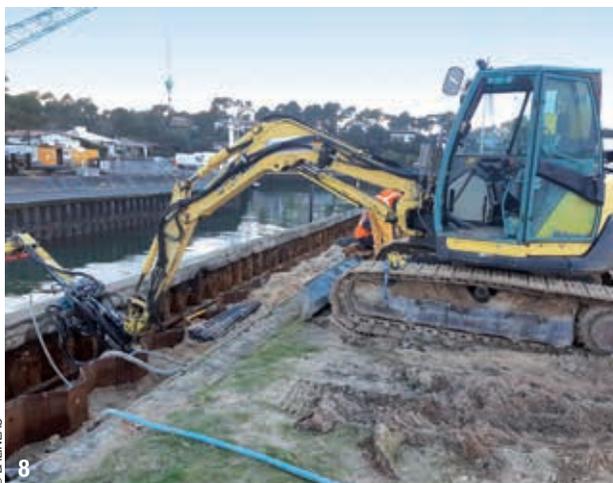
7- Initial methodology, drill positioning.

8- Placing tie anchors.

9- Inter-screen earthworks to a height of 5.50 m.

10- Pulling out the existing screen.

© BALINEAU
7



© BALINEAU
8



© BALINEAU
9



© BALINEAU
10

Les barres d'équipement des tirants de type DYWI Drill font 64 mm de diamètre et 11 m de longueur de forage D 200 mm incliné de 40° par rapport à l'horizontale et injectés de coulis C/E = 2. Ils sont calculés pour des efforts de 50 t à l'ELU.

Les valeurs de frottement retenues en hypothèses dans la note de calculs ont été vérifiées lors d'essais préliminaires d'arrachement de tirants. 2 tirants d'essai ont ainsi été réalisés en amont : traction à 75 t sans atteindre la rupture, validant les conditions de sol.

Sur certaines portions du chantier, les limites cadastrales adjacentes (résidences, restaurants) ne permettaient pas de réaliser ces longueurs de tirant. Les tirants ont alors été rapprochés tous les 1,20 m afin de réduire leur longueur à 9 m et respecter ainsi les limites de propriété. Il était initialement prévu de positionner la foreuse sur une plateforme mobile appuyée sur la poutre de couronnement (figures 7 et 8).

En début de chantier, les craintes relatives à la bonne tenue du rideau existant dont l'état de dégradation s'avérait être plus grave qu'espéré, ont amené à revoir la méthodologie en recourant à une minipelle de 10 t sur laquelle est monté le mât de forage (figure 8).



Un malaxeur, une pompe d'injection PH15, une pompe DIA SL3 et un desableur viennent compléter cet atelier de forage.

7 essais de traction non destructifs sous charge de 49 t ont également été réalisés sur des tirants définitifs choisis aléatoirement, validant ainsi les travaux.

TERRASSEMENTS ET DÉPOSE DE L'OUVRAGE EXISTANT

Les travaux de terrassement entre les rideaux représentent un volume de 8000 m³ pour une profondeur totale de 5,5 m. Réalisés par l'entreprise locale Gea Bassin, l'atelier est constitué d'une pelle 14 t et d'un mini-tombereau de 2 m³ rendu nécessaire par l'exiguïté du site et la contrainte de ne pas endommager les perrés existants avec la circulation répétitive de camions d'évacuation.

La 1^{re} phase d'excavation est réalisée avec un godet classique jusqu'à 1,5 m de profondeur (niveau du pied des palplanches intercalaires) pour permettre la découpe des tirants existants. Une fois ces palplanches provisoires courtes remplacées par les définitives, longues, le terrassement reprend jusqu'à la cote projet : -1,0 Cote Marine (CM). La géométrie de la pelle ne lui permettant pas d'atteindre la profondeur requise avec sa configuration de base, cette dernière est équipée d'un bras avec benne preneuse (figures 9 et 10).

Ensuite la poutre béton existante est déposée à l'aide d'une pelle équipée d'une pince de démolition puis le rideau existant est extrait avec un arracheur et le vibronfonceur. Du fait de la vétusté des palplanches, cette étape sensible s'est révélée très difficile technique-

ment et a nécessité différents tests et adaptations avant que la méthodologie ne soit maîtrisée.

TRAVAUX DE DRAGAGE

Étape suivante : le dragage des 10000 m³ de sédiments pollués jusqu'à la cote de -1 CM à l'intérieur du port, avec une épaisseur de vase comprise entre 0,50 m et 1 m. La nouvelle profondeur du bassin met fin à la problématique actuelle de l'échouage de certains bateaux par gros coefficients. Un arrêté préfectoral relatif au dragage définissait les contraintes, scrupuleuse-

11- Atelier de dragage.

12- Suivi de la turbidité de l'eau pendant le dragage (suit le cycle des marées).

11- Dredging rig.

12- Monitoring water turbidity during dredging (following the cycle of the tides).

ment respectées par le chantier, à respecter, notamment en terme de période de travaux et de destination finale des sédiments. Ce dragage est effectué par la société Cdes depuis une pelle 25 t à bras long équipée d'une instrumentation GPS et montée sur un ponton. La pelle charge chacune des 3 barges de stockage de 30 m³ de capacité qui sont ensuite déplacées vers la pelle à bras long terrestre qui reprend alors les sédiments pour les charger dans des camions bennes étanches (une quinzaine en rotation). Le produit de dragage, pollué, est alors évacué en

SUIVI DE LA TURBIDITÉ DE L'EAU PENDANT LE DRAGAGE

(suit le cycle des marées)





13

© BALINEAU



14

© BALINEAU

décharge agréée sur la commune du Teich à 50 km de là.

Au regard de la sensibilité environnementale du site (faune et flore du bassin, ostréiculture, plage...), les mesures préventives usuelles pour éviter les risques de pollution ont été renforcées avec la mise en place d'un barrage flottant et d'un barrage à bulles stoppant les matières en suspension. En sortie de port une sonde multi-paramètres (turbidité, salinité, PH, oxygène dissous, températures), permet de s'assurer de l'absence d'impact notamment en termes de diffusion de matières en sus-

pension. Des mesures préliminaires ont été faites avant dragage afin de définir le bruit de fond et des seuils d'alerte (ralentissement des cadences si atteint), puis d'arrêt (figure 12).

POUTRE BÉTON, TRAVAUX DE VRD ET ÉQUIPEMENTS

L'entreprise Laurière a assuré le bétonnage, par tronçons de 12 m, du couronnement de 50 cm de hauteur et 70 cm de largeur (figure 13). Un système de coffrage à aiguilles réglables permet de s'ajuster parfaitement contre le rideau de palplanches, ce dernier étant

encastré de 30 cm dans la poutre. La voie de circulation piétonne entre le perré et la poutre a ensuite été remblayée : géotextile posé sur le sable et couche de 30 cm de GNT. Puis réalisation de la couche de finition avec 5 cm d'enrobés à chaud 0/10 mm.

Les pieux de guidage des pontons ont été remis en fiche après retouche de peinture, les profilés de guidage des pontons soudés, les différents équipements de quai tels que les échelles, les défenses, les garde-corps (sous-traitant Bmi) et le nouveau ponton pare-houle positionné (figure 14). Les pontons de

plaisance ont alors pu être remis en place avec ajout de quelques éléments neufs complémentaires.

La protection cathodique a enfin équipé le rideau de palplanches et les pieux : près de 10 t d'anodes (de 60 kg/unité) soudées par l'équipe de plongeurs Romoef.

CONTRAINTE DE RESPECT DU DÉLAI

Le respect du délai, particulièrement tendu et attente forte du client, constitue un enjeu fondamental de ce chantier. Comme évoqué précédemment, ▷

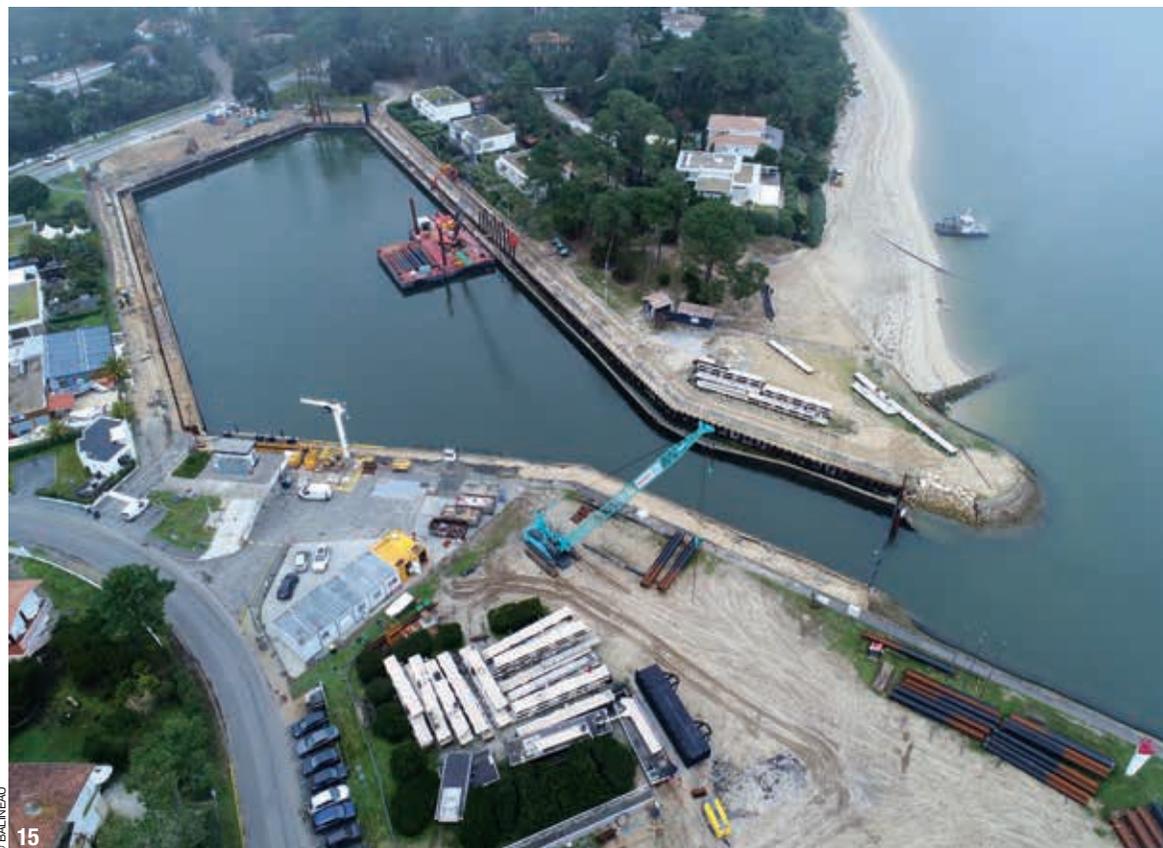
13- Bétonnage de la poutre de couronnement.

14- Nouveau ponton pare-houle à l'entrée du port.

15- Vue générale du chantier avec les différents ateliers en production concomitante (ponton grue, ABI terrestre, tirants, terrassement).

13- Capping beam concreting.
14- New wave-breaker pontoon at the harbour entrance.

15- General view of the project with the various rigs working simultaneously (floating crane, onshore ABI rig, tie anchors, earthworks).



15

© BALINEAU



16

© BALINEAU

la clé de la réussite fut l'optimisation et l'ajustement en permanence des zones de travail. Ainsi, les différents ateliers n'étaient jamais bien loin les uns des autres, tout en évitant autant que faire se peut la coactivité pour des raisons essentielles de sécurité (figure 15).

Un *time-lapse* du chantier a d'ailleurs été réalisé, il permet de visualiser l'enchaînement des différentes tâches du chantier (en ligne sur le site internet de Balineau).

Un évènement majeur est toutefois venu mettre un grain de sable dans cette mécanique jusque-là bien huilée : la crise du coronavirus. Ainsi le chantier a été arrêté et ajourné le 17 mars 2020. L'atelier de dragage, poste déjà aménagé avec de la "distanciation sociale", a pu reprendre rapidement, le 30 mars, et l'équipe Balineau a suivi en reprenant le 14 avril. Ce fut d'ailleurs le tout premier chantier à reprendre pour l'entreprise. En effet, les attentes du client et des

**16- Juin 2020,
bateaux de
retour au port.**

**16- June 2020,
boats back in
the harbour.**

usagers du port étant bien connues, tous les moyens ont été mis en œuvre pour reprendre l'activité aussi vite que possible, dans le respect des gestes

barrières naturellement, et après publication du guide de bonnes pratiques de l'Oppbtp.

Quelques adaptations méthodologiques et renforcements d'équipe ont alors permis la réouverture du bassin pour mi-juin pour le plus grand bonheur des plaisanciers et le soulagement des différents acteurs socio-économiques du port (restaurants, locations de navires, station essence, etc.), cette réouverture coïncidant avec le retour du beau temps (figure 16). □

PRINCIPALES QUANTITÉS

- Mise en fiche de 540 m de rideau de palplanches lg 10,7 m (700 t)
- Forage de 320 tirants longueur 9 à 11 m
- Terrassement : 8 000 m³ de sable
- Poutre béton armé 200 m³
- Démolition poutre existante et arrachage de 500 m d'ancien rideau
- Arrachage et remise en fiche 16 pieux de guidage de 15 m
- Dépose et repose de 600 m de ponton de plaisance
- Dragage vase polluée 10 000 m³
- Équipements de quai (défenses, bollards, échelles, garde-corps, nouveau ponton pare-houle, etc.)

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Société Nautique du Port de la Vigne

MAÎTRE D'ŒUVRE : Seaport Engineering

ENTREPRISE PRINCIPALE : Balineau.

SOUS-TRAITANTS : Bmi, Cdes, Gea Bassin, Laurière, Romoef, Soltechnic

BUREAU DE CONTRÔLE ENVIRONNEMENTAL : Iris Conseil

COORDONNATEUR SPS : Sps Bassin

MONTANT HT : 5 200 K€

DÉBUT DES TRAVAUX : octobre 2019

FIN TRAVAUX : juin 2020

EFFECTIF DU CHANTIER : 25 personnes en moyenne

ABSTRACT

MAJOR WORKS FOR PORT DE LA VIGNE AT LEGE-CAP-FERRET

SÉBASTIEN GUILLEMOTEAU, BALINEAU

The Port de la Vigne yacht harbour at Lège-Cap-Ferret has been completely renovated by the contractor Balineau. Pile setting for the new 540-metre screen was performed 3 metres behind the existing screen to enlarge the dock, and this required complex work sequencing. Temporary sheet piling was used at the level of the existing tie anchors, to be replaced by the permanent piling after drilling the new tie anchors. The old quay was then able to be removed, the new beam was cast and 10,000 m³ of sediment was dredged to allow the leisure boating pontoons to be put back in place so that the boats could return at mid-June. □

OBRAS IMPORTANTES EN EL PUERTO DE LA VIGNE, EN LEGE-CAP-FERRET

SÉBASTIEN GUILLEMOTEAU, BALINEAU

El puerto deportivo de la Vigne, en Lège-Cap-Ferret, ha sido totalmente rehabilitado por la empresa Balineau. La nueva pantalla de 540 m se ha clavado 3 m por detrás de la pantalla existente para ampliar la dársena, lo que ha exigido una compleja organización por fases. Se han utilizado tablestacas provisionales, colocadas perpendicularmente a los tirantes existentes, antes de ser sustituidas por las definitivas, una vez perforados los nuevos tirantes. Ello ha permitido retirar el antiguo muelle, colar la nueva viga y dragar 10.000 m³ de sedimentos para poder volver a instalar los pontones de las embarcaciones de recreo, que han podido volver al puerto a mediados de junio. □

LA BOÎTE À OUTILS COVID-19

Pour organiser votre activité en sécurité,
les conseils de prévention à partager et mettre en œuvre.



**Guide de préconisations
de sécurité sanitaire**



Référent COVID-19 :
supports d'information, modules elearning,
formation à distance



La boîte à outils :
Affiches, fiches, checklist et vidéos



PréventionBTP en Direct :
des réponses à vos questions, des conseillers
à votre écoute

Rendez-vous sur preventionbtp.fr

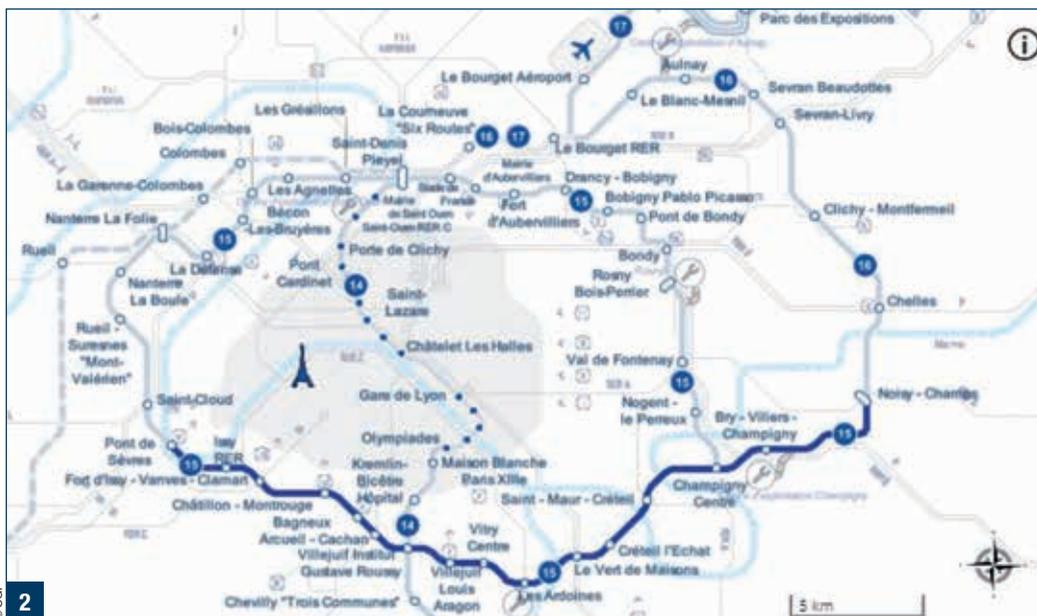




ARRACHAGE EN SEINE DES PIEUX DU PONT DE SÈVRES PROVISOIRE POUR LE CREUSEMENT DU TUNNEL DU T3A DE LA LIGNE 15 SUD

AUTEURS : CLAUDE NGUIMBI, RESPONSABLE TUNNEL, INGEROP - MARTIN CAHN, INGÉNIEUR GÉOTECHNICIEN, TERRASOL-SETEC - FRANÇOIS LE BRIS, RESPONSABLE TRAVAUX, ETPO - ÉMILIE COLIBERT, RESPONSABLE D'ÉTUDES, BYTP RÉGIONS FRANCE

LE TUNNEL, CREUSÉ AVEC UN TUNNELIER À PRESSION DE TERRE, DÉMARRE À PROXIMITÉ IMMÉDIATE DE LA SEINE DEPUIS L'OUVRAGE ANNEXE OAP13 SUR L'ÎLE DE MONSIEUR À SÈVRES. LE TUNNEL FRANCHIT À DEUX REPRISES LE FLEUVE. SOUS FAIBLE COUVERTURE, SON TRACÉ PASSE À PROXIMITÉ DE NOMBREUX OUVRAGES ANTHROPIQUES. DES TRAVAUX FLUVIAUX D'EXTRACTION DE FONDATIONS PROFONDES D'UN ANCIEN PONT PROVISOIRE ONT AINSI ÉTÉ RENDUS NÉCESSAIRES POUR PERMETTRE LA PREMIÈRE TRAVERSÉE DE LA SEINE.



CONTEXTE DES TRAVAUX

Le tronçon T3a est situé à l'extrémité Ouest de la Ligne 15 Sud (figure 2). Le tunnel de 9,8 m de diamètre excavé et de longueur 4,19 km entre l'ouvrage annexe OAP13 sur l'île de Monsieur, peu avant la station Pont-de-Sèvres et la future gare de Fort-d'Issy-Varves-Clamart, traverse la Seine deux fois. Le tracé du tunnel est en interface avec un certain nombre de points singuliers identifiés dès les phases d'étude et dont les impacts sont traités en amont du creusement. Au nombre de ces sin-

1- Arrachage de pieu en cours.

2- Lignes du Grand Paris Express et lot T3A.

1- Pulling out a pile.

2- Grand Paris Express lines and work section T3A.

gularités se trouve un groupe de pieux ayant servi de fondations à l'une des piles d'un pont de Sèvres provisoire construit en 1950.

LE PONT DE SÈVRES PROVISOIRE

Le pont de Sèvres historique, constitué de 9 voûtes en maçonnerie, a été édifié en 1822 (figures 3a et 3b). Il fut endommagé à la fois pendant le siège de Paris par les Prussiens lors de la guerre de 1870 et pendant la seconde guerre mondiale lors des bombardements des usines Renault en 1943.

Afin de permettre la construction du pont de Sèvres actuel tout en maintenant la circulation, un ouvrage provisoire en charpente clouée constitué de 11 travées fondées sur pieux en bois a été édifié en 1950 à une quinzaine de mètres de l'ouvrage actuel (figure 3c). Vu les délais importants dans la réalisation des travaux du nouveau pont de Sèvres définitif, l'exploitation du pont provisoire a nécessité un renforcement quelques années plus tard. En 1957, ses fondations sur pieux en bois ont été complétées par battage de pieux métalliques et en béton armé.

Les archives du pont ont permis de comprendre le processus de descente des charges : elles auraient été reprises par trois files de onze pieux en bois, puis par six pieux métalliques.

Les informations sur la longueur, la position précise et la nature de ces fondations présentaient toutefois des incertitudes. Les implantations de la gare de Pont-de-Sèvres et du puits de l'OA13 associées au calepinage des piles du pont provisoire et à celles des fondations du pont de Sèvres existant ne permettaient pas l'ajustement du tracé pour passer entre les différents appuis.

Au niveau du passage sous la pile du pont provisoire, avec une clef située à 8,25 NGF, le creusement du tunnel se fait dans la Craie Altérée sous alluvions et avec une couverture d'environ 13,5 m.

Cette profondeur, supérieure à un diamètre, associée à la charge d'eau de la Seine, est suffisante pour garantir le maintien du confinement à front du tunnelier ainsi que la non-flottaison du tunnel mais pas pour s'affranchir du risque de rencontre de fondations profondes. Afin de lever le doute sur la présence d'artefacts dans la trace du tunnel, qui auraient entravé sa progression (éléments métalliques, béton armé ou bois silicifié), des reconnaissances géophysiques ont été réalisées depuis une barge à la fin des études PRO par Erg et Sixens.

3a- Photographies d'archive de l'ancien Pont de Sèvres en maçonnerie et du pont de Sèvres provisoire.

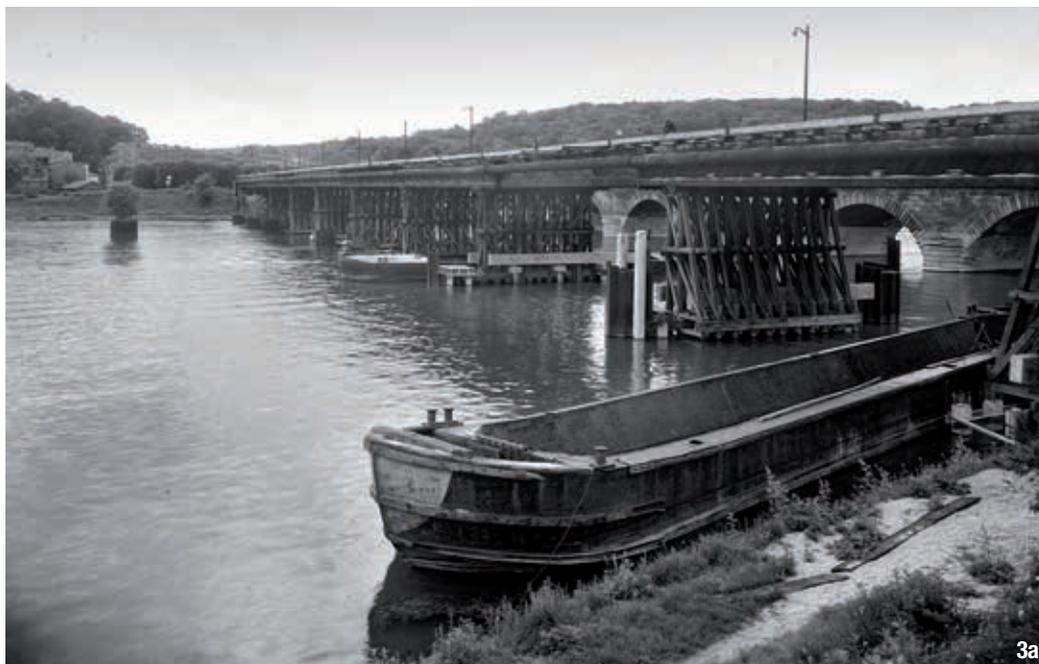
3b- Photographies d'archive : Pont historique et pont de Sèvres provisoire.

3c- Coupes archive de l'ancien pont de Sèvres.

3a- Archive photographs of the old Sèvres masonry bridge and the temporary Sèvres bridge.

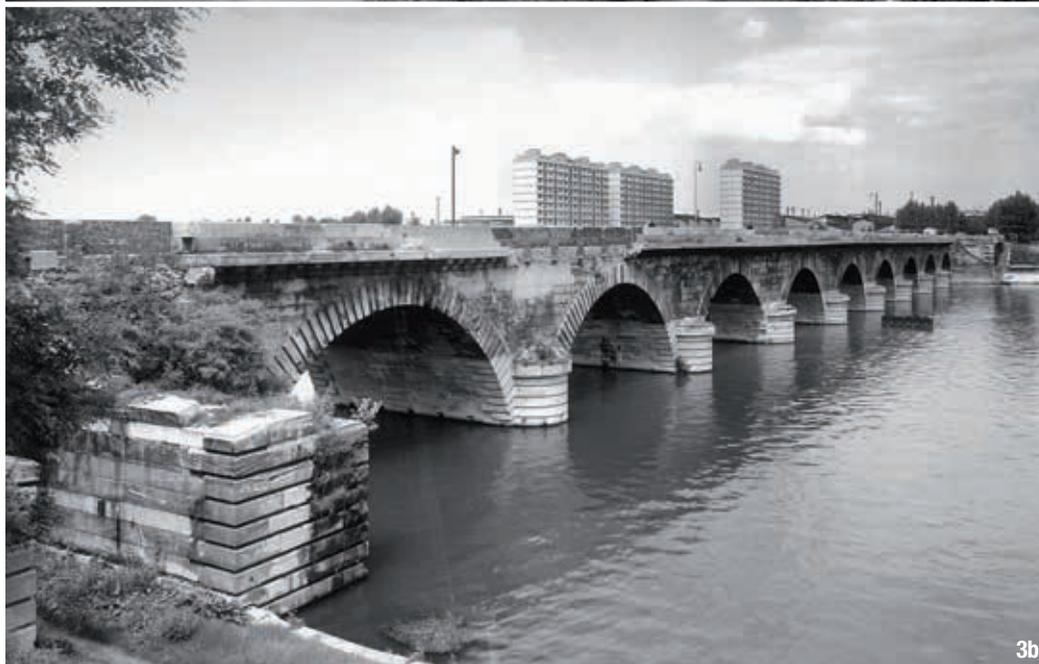
3b- Archive photographs: Historical bridge and temporary Sèvres bridge.

3c- Archive cross sections of the old Sèvres bridge.



3a

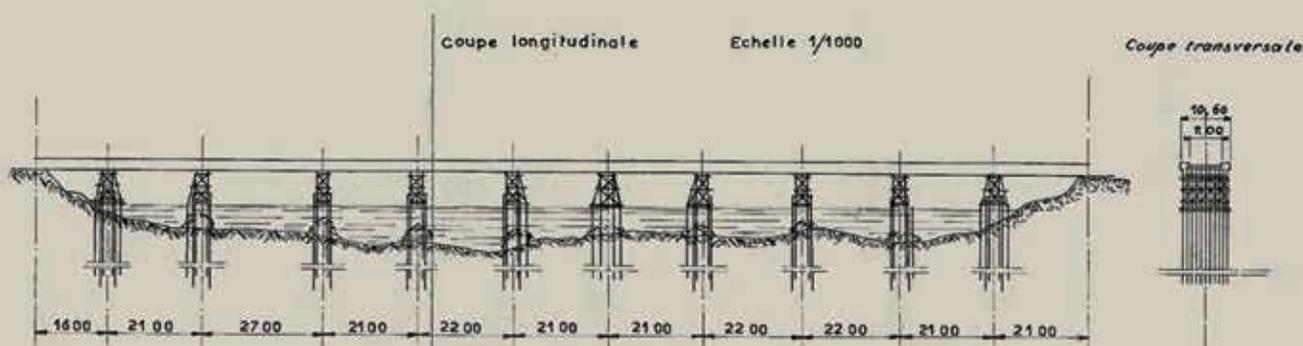
© INGEROP



3b

© INGEROP

COUPES ARCHIVE DE L'ANCIEN PONT DE SÈVRES

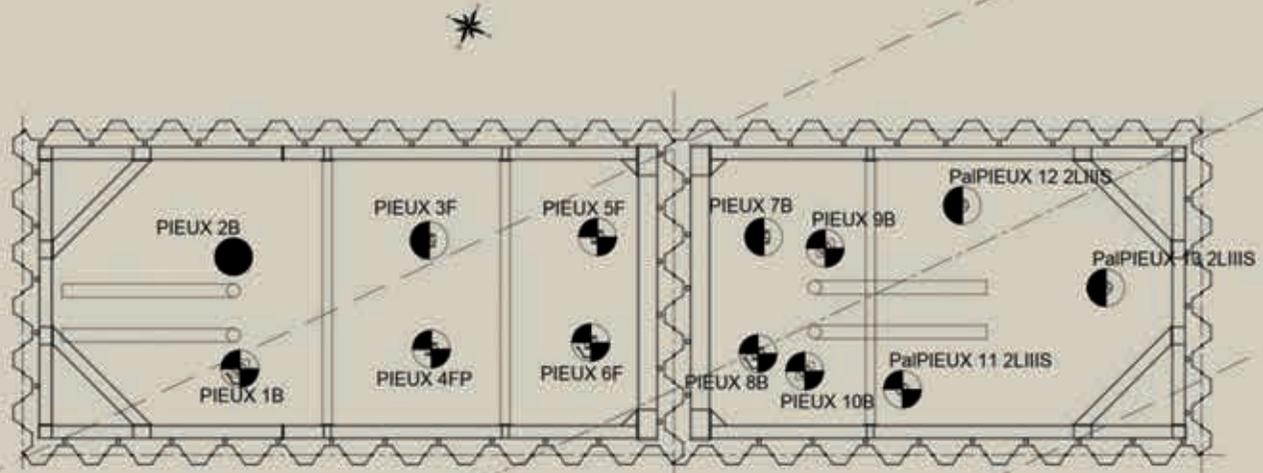


3c

© INGEROP

LOCALISATION DES PIEUX RECONNUS

Relevé des pieux suite à la reconnaissance réalisée par plongeurs



- Pieu à laisser en place
- ⊗ Pieu à arracher
- Informations complémentaires à obtenir lorsque le batardeau sera asséché afin de déterminer nécessité d'arracher (impédance plus précise, inclinaison, terrassement)

Relevé pieux existants			Géométrie		Palplanche
PIEUX	Position X	Position Y	Z tête pieux	Lg	Lg
PIEUX 10B	1643357,034	8181204,270	21,050	16,500	
PIEUX 1B	1643351,743	8181215,820	21,150	15,800	17,500
PIEUX 2B	1643353,970	8181217,001	21,250	8,500	
PIEUX 3F	1643356,144	8181213,163	21,550	16,800	
PIEUX 4FP	1643353,950	8181212,087	21,150	18,900	
PIEUX 5F	1643357,798	8181209,780	21,550	17,600	
PIEUX 6F	1643355,582	8181208,905	21,250	18,500	17,400
PIEUX 7B	1643359,363	8181208,370	20,950	13,500	
PIEUX 8B	1643358,800	8181205,388	20,750	14,700	16,600
PIEUX 9B	1643358,708	8181205,000	20,450	14,600	

© INGEPOP
4

La comparaison des résultats des méthodes magnétométriques, de résistivité électrique et radar qui, bien que n'ayant pas différencié le nombre et la position exacte des pieux, a permis d'affirmer que des éléments de fondations étaient bien présents sur le tracé du tunnel.

La nécessité de retirer ces pieux en amont du creusement du tunnel s'est donc imposée.

CONTEXTE GÉNÉRAL DES TRAVAUX

Les pieux étant localisés dans la Seine, trop éloignés du quai Georges Gorse pour envisager de réaliser des travaux depuis la rive, une organisation des travaux d'arrachage directement liée aux contraintes fluviales a dû être mise en place.

En effet, au-delà de la réflexion menée sur les méthodologies d'arrachage des pieux en propre, il a été nécessaire de s'assurer que ces travaux puissent s'inscrire dans l'environnement sensible dans lequel ils devaient être réalisés. Ainsi, les acteurs majeurs que sont le département des Hauts-de-Seine, VNF et la DRIEE ont été

4- Localisation des pieux repérés.

4- Location of identified piles.

consultés pour l'obtention des autorisations de travaux. Celles-ci ont été obtenues via la constitution d'un dossier de "porter à connaissance" (PAC), dont le délai d'instruction est d'environ 7 mois.

Ce dossier, dont les éléments constitutifs sont produits par l'entreprise de travaux, a été porté par la Société du Grand Paris en sa qualité de maître d'ouvrage.

TRAVAUX D'ARRACHAGE DES PIEUX

De manière à affiner le choix des méthodes envisageables, une nouvelle phase de reconnaissance a précédé les travaux d'arrachage. Cette campagne préalable avait pour but de préciser les

résultats des reconnaissances de phase études en identifiant la position, la nature et la profondeur des différentes fondations potentiellement impactantes.

RECONNAISSANCES COMPLÉMENTAIRES

Pour mener à bien ces travaux de reconnaissances, une levée de doute préalable vis à vis du risque pyrotechnique a été rendue nécessaire du fait de l'historique de la zone. Celle-ci a été réalisée depuis une barge par méthode magnétométrique.

Les travaux de reconnaissance proprement dits ont été effectués par des plongeurs avec l'aide d'une pelle mécanique installée sur un ponton flottant. Les reconnaissances ont permis d'identifier (figure 4) :

- 6 pieux en béton armé ;
- 3 profilés métalliques de type HEB 280 ;
- 4 palplanches servant vraisemblablement à protéger les fondations d'éventuels chocs de bateaux ;
- 2 palpieux dont un en amont de la pile servant probablement de duc d'Albe ou de dispositif anti-affouillement ;

→ De nombreux pieux en bois, de 25 cm de diamètre et de 6,00 ou 7,00 m de longueur, dont certains ont pu être extraits directement à l'aide de la pelle du ponton.

Des essais d'impédance ont été réalisés sur l'ensemble des pieux identifiés. À l'issue de cette phase de reconnaissance, il est apparu que les positions et les longueurs déterminées des différentes fondations différaient des positions théoriques des plans d'archive. De même un seul des trois palpieux constituant le duc d'Albe amont identifiables sur les plans et les photos aériennes d'archives avait pu être mis en évidence tandis que les résultats des essais d'impédance montraient une variabilité importante d'une mesure à l'autre pour un même type de fondation.

MÉTHODOLOGIES POSSIBLES DES TRAVAUX

L'enjeu de ces travaux préalables consistait à réussir à s'insérer dans un milieu naturel protégé, qui constitue également la voie navigable la plus importante de France, tout en garantissant l'extraction de la totalité des éléments de fondation.



5

© AIR SCANNER

Pour y répondre, plusieurs solutions ont été étudiées.

Arrachage depuis un ponton :

L'arrachage des pieux depuis une grue sur ponton, associé à une souille en fond de Seine, est la première solution envisageable du fait du contexte fluvial. Bien que non prescriptive, cette solution était celle initialement envisagée dans le marché. De manière à limiter les efforts d'arrachement - la craie ayant

une propension particulière à se resserrer autour des éléments de fondations - il était envisagé de limiter le frottement entre les pieux et le terrain à l'aide de forages de décompression autour des différents éléments.

Par rapport aux autres solutions envisageables, cette méthode présente l'avantage de limiter l'impact sur l'environnement : en l'absence de pompage en Seine, les autorisations associées sont

5- Vue générale du batardeau.

6- Réseau drainant du batardeau.

5- General view of the cofferdam.

6- Cofferdam drainage network.

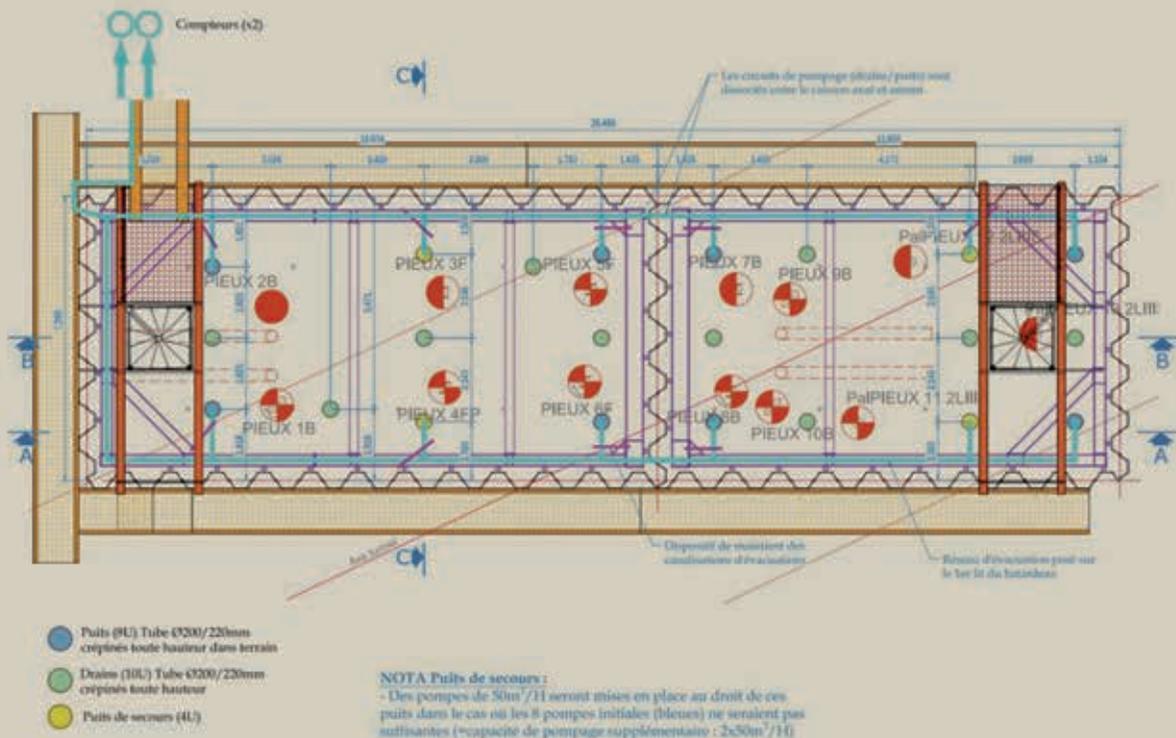
réduites. Elle se heurte cependant à un certain nombre de limites que sont : la nécessité du respect du chenal navigable à toutes les étapes du phasage, la limitation des efforts de traction pour assurer la stabilité de l'atelier et la multiplicité des interventions de plongeurs.

Arrachage depuis un batardeau :

La deuxième possibilité consiste en l'utilisation d'un système de cloisonnement par batardeau. Cette solution,

RÉSEAU DRAINANT DU BATARDEAU

Vue en plan



6

©

7a- Élévation du tunnel par rapport au batardeau.

7b- Vue du fond du batardeau.

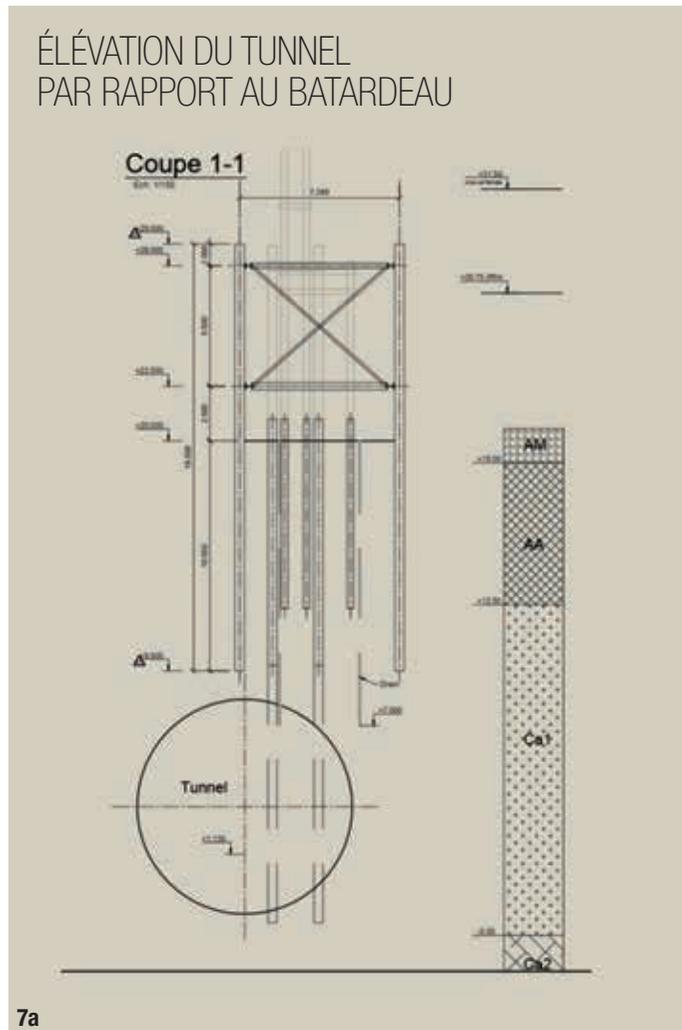
7a- Elevation view of the tunnel relative to the cofferdam.

7b- Bottom view of the cofferdam.

proposée par le groupement Horizon dans sa réponse au marché, présente les avantages suivants :

- Facilité d'accès aux têtes de pieux pour compléter les reconnaissances ;
- Isolation par rapport à la Seine et sécurité associée ;
- Équipement des têtes de pieux facilité (notamment le matage des pieux en béton pour le scellement des tiges) ;
- Stabilité des grues lors de l'arrachage (pas de contre-balancement, car la plateforme d'extraction est directement posée sur le batardeau) ;
- Facilité de réalisation des forages de décompression autour des pieux ;
- Impact réduit sur le milieu environnant (maîtrise des rejets de boue, brassage du fond de la Seine) ;
- Assurance de découvrir tous les obstacles éventuels dans l'emprise du batardeau qui n'auraient pas été identifiés lors des investigations documentaires et subaquatiques ;
- Précision du récolement des pieux. Cette méthode présente également son lot de contraintes :
- Obstacle à la circulation fluviale (dispositif lourd) ;
- Opération chronophage (temps supplémentaire pour la réalisation du batardeau) ;
- Contraintes hydrologiques (débits de pompage élevés), avec mise en place d'une centrale de traitement des eaux pour répondre aux exigences de la loi sur l'eau ;
- Long délai d'autorisation (PAC en 7 mois environ).

Malgré des travaux et des contraintes réglementaires plus lourds, la solution d'utilisation d'un batardeau a été retenue et contractualisée dans le marché du T3a au regard des incertitudes sur la position et la nature des pieux et des risques associés pour le tunnelier (figure 5).



7a



7b

© INGEROP

TRAVAUX D'ARRACHAGE DES PIEUX DEPUIS LE BATARDEAU

Dimensions :

Au vu des résultats des reconnaissances préalables et des incertitudes rémanentes, la réalisation d'un batardeau agrandi par rapport à la solution du marché a été choisie. Les dimensions retenues pour le batardeau sont de 26,5 m de long pour 7,3 m de large. Les dimensions fixées permettent notamment d'englober la trace du duc d'Albe amont dont seul un des trois appuis avait pu être mis en évidence lors des reconnaissances par plongeurs.

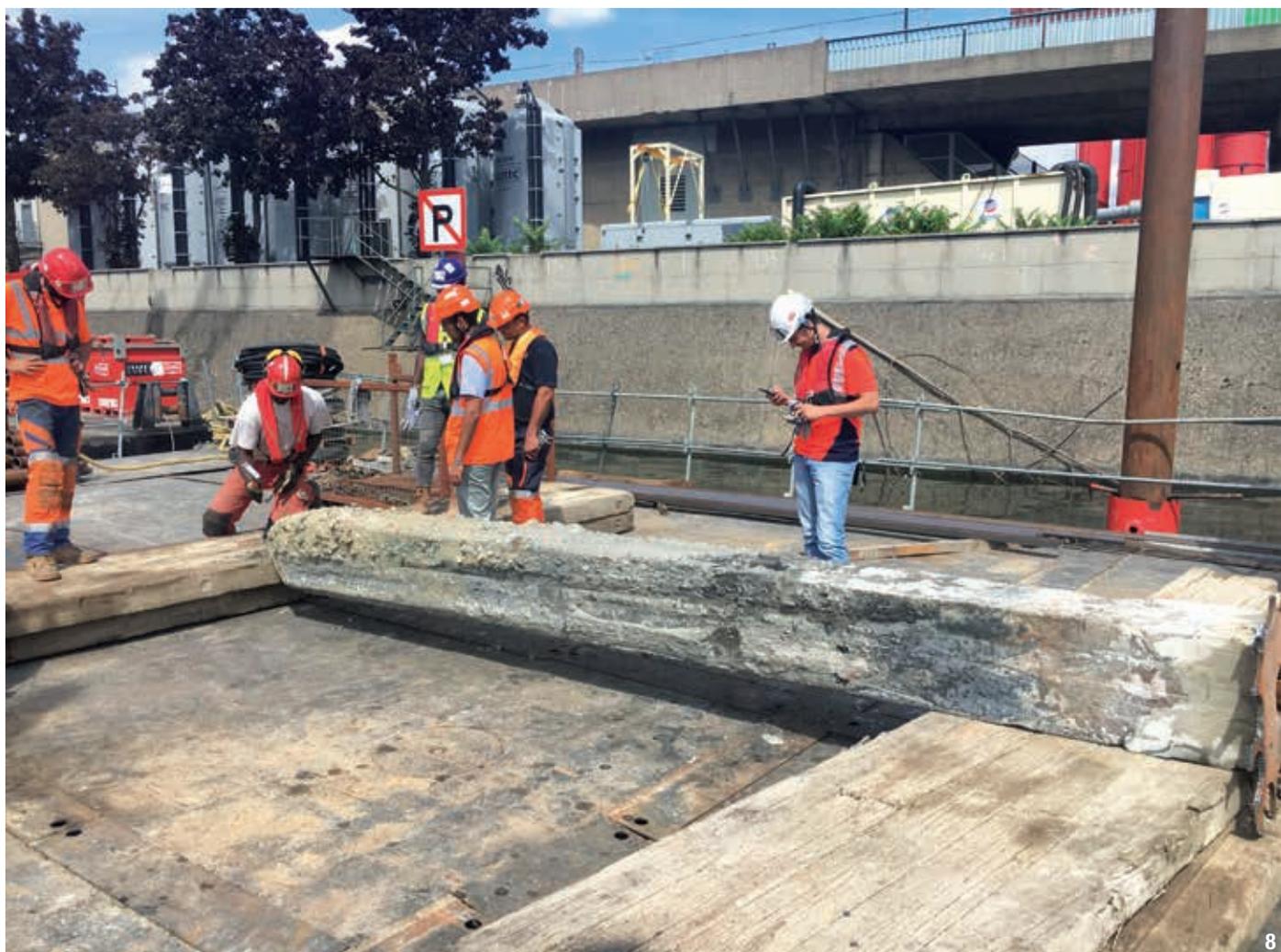
Structure du batardeau :

L'enceinte est constituée de palplanches PU18 de longueur 19,5 m, fichées sur 10,5 m en fond de Seine, dont 3 m dans la craie. Le niveau bathymétrique au droit du batardeau est situé autour de 23,3 NGF.

Afin de mettre à jour les différents éléments de fondation, un terrassement jusqu'à la cote +20 NGF est réalisé. La base des palplanches est à la cote +9,50 NGF. Le batardeau a été dimensionné en considérant l'ensemble des phases de réalisation avec le niveau de retenue normale de la Seine à +26,75 NGF puis avec un niveau de crue +29 NGF pour la phase d'exploitation. L'ensemble des vérifications tient compte en complément de la poussée d'eau hydrostatique d'un effet de courant calculé pour une vitesse de 3 m/s. L'ouvrage étant situé en dehors du chenal navigable, aucun effort de choc n'a été retenu pour le dimensionnement de l'ouvrage. Les palplanches ont en outre fait l'objet d'une vérification au flambement sous l'effort vertical de 50 t amené par le bâti support de vérins nécessaire à l'arrachage des pieux.

Les palplanches sont maintenues par deux niveaux de liernes, mises en place à +28 NGF, au-dessus du niveau de retenue normale et à +22,5 NGF, deux mètres au-dessus du fond de fouille. Le second niveau a été mis en place à sec, après pompage de l'enceinte.

L'appui de tête est constitué de butons de diamètre 220 mm, d'épaisseur 10 mm, espacés tous les 4 m ainsi que de liernes et bracons HEB300. Le second appui est constitué de butons de diamètre 323 mm, d'épaisseur 10 mm, espacés tous les 4 m appuyés sur des liernes et bracons HEB500. L'ensemble des profilés est de nuance S355. Les profilés ont été préparés en usine et assemblés sur site par boulonnage.



8
© HORIZON

La géométrie des enceintes ainsi que l'encombrement des liernes et butons ont fait l'objet d'une étude minutieuse, de manière à libérer une emprise de travail adéquate au droit de chacun des pieux à arracher.

Mise hors d'eau du batardeau :

La possibilité d'ancrer le batardeau dans la couche peu productive de Craie Saine est rendue impossible par la proximité avec le tunnel et le risque de ne pas réussir à retirer une palplanche avant le passage de ce dernier. En l'absence d'horizon peu perméable en fond de fouille et du fait de l'impossibilité de réaliser un radier injecté, les débits de pompage très importants, estimés de l'ordre de 550 m³/h, ont nécessité la mise en œuvre de dispositifs de mise hors d'eau lourds (figure 6).

Huit puits de pompage descendus à 12 NGF, équipés de pompes de 50 m³/h, complétés par quatre puits de secours et par dix drains descendus à 14 NGF et crépinés toute hauteur ont été réalisés. Ce dispositif permet également de garantir l'absence de mise en charge des Alluvions Modernes, moins per-

méables que les terrains sous-jacents et permet de limiter les écoulements ascendants qui réduiraient la butée. De manière à réduire les débits de pointe, un écran intermédiaire a été prévu à mi-longueur du batardeau pour permettre de phaser la mise hors d'eau.

Reconnaissance depuis le fond du batardeau :

Une nouvelle étape de reconnaissance a été réalisée une fois la totalité des têtes de pieux dégagée en fond de fouille. Un récolement précis, avec notamment des mesures d'inclinaison et de longueur par impédance a permis de choisir les pieux à retirer. Il a ainsi été décidé d'extraire 14 éléments, dont certains ont dû être retirés pour permettre d'accéder aux éléments plus profonds (figure 7).

Méthode d'arrachage :

Les méthodologies ont dû être adaptées en fonction de la nature des fondations. Après réalisation de l'enceinte et de forages de décompression, les pieux métalliques ont été extraits par vibrofonçage. Des précautions plus importantes ont été nécessaires pour

8- Pieu arraché.

8- Pulled-out pile.

les pieux en béton avec, en plus, des forages de décompression toute hauteur, la réalisation de scellements de tiges d'ancrages associés à un système de veinage depuis le platelage supérieur (figures 1 et 8).

Afin d'éviter le risque de rupture des pieux en béton, un effort maximal de traction a été fixé à 50 t de manière conservative sur la base du ferrailage indiqué par les plans d'archives de VNF et confirmé lors des phases de reconnaissance (4 aciers longitudinaux doux Ø 32 mm).

Dans le cas où l'extraction n'aurait pas été permise avec cet effort limite, d'autres techniques avaient été envisagées :

→ Décompression du terrain par utilisation d'un tube métallique vibrofoncé autour de chaque pieu ;

→ Utilisation d'un tube extracteur vibrofoncé autour de chaque pieu avec un outil spécifique soudé en pied permettant d'actionner hydrauliquement des mors pour emprisonner le pieu.

À la suite de l'extraction, des travaux de comblement des terrains décomprimés au droit des traces de chaque pieu ont été réalisés afin d'éviter les pertes de confinement au moment du passage du tunnelier.

Le chantier a dû faire face à un aléa rapidement après la mise au sec du batardeau. Quatre jours après la fin du terrassement, un début de renard hydraulique a été initié par une venue d'eau préférentielle localisée au droit de l'un des pieux métalliques. Une remise en eau anticipée du batardeau a été nécessaire mais n'a pas perturbé la poursuite des travaux.

RÉCOLEMENT DES LONGUEURS DES PIEUX

À l'issue de l'extraction des pieux, leur longueur a été comparée aux estimations issues des investigations préa-

Désignation	Type de fondation	Phase Reconnaissances 2013		Phase Travaux 2013			Différences Niveau / Impédance
		Méthode suite Reconnaissances 2013	Identifi Travaux 2013	Longueur fondation mesurée par impédance	Action préconisée par Groupement	Longueur réelle des pieux extraits (m)	
1B	Pieu béton armé 40x40	OUI	OUI	(Nivel: 13,9-16,8)	À extraire	5,7	-9,1
1B-Palplanche	Palplanche (devant pieu 1B)	OUI	OUI		À extraire	5,5	
2B	Pieu béton armé 40x40	OUI	OUI		À laisser en place	À laisser en place	
3F	H280	OUI	OUI	(Nivel: 15,3-18,8)	À extraire	25,4	8,6
4FP	Papier	OUI	OUI	(Nivel: 17,2-18,3) (Zénel: 5,5-6) (Zénel bit): 16,5-18,9	À extraire	21	2,1
4FP-Palplanche	Palplanche (devant papier 4FP)	NON	OUI	(Nivel: non-découverte) (Zénel): 4,8-5,4	À extraire	5,2	-10,55
5F	H280	OUI	OUI	(Nivel: 16,0-17,6) (Zénel): 14,5-16	À extraire	27	9,4
6F	HEB 280	OUI	OUI	(Nivel: 16,8-18,5) (Zénel): 15,3-17,4 (Zénel bit): 16,1-17,8	À extraire	25,5	7
6F-Palplanche	Palplanche (devant pieu 6F)	OUI	OUI		À extraire	4,3	-13,5
7B	Pieu béton armé 40x40	OUI	OUI	(Nivel: 11,3-13,5) (Zénel): 3,3-3,8 (Zénel bit): 12,6-14 (Zénel): 12,8	À extraire	6,8	-7,2
8B	Pieu béton armé 40x40	OUI	OUI	(Nivel: 12,8-14,7) (Zénel): 3,8-4,3 (Zénel): 8,5	À extraire	7,8	-6,3
8B-Palplanche	Palplanche (devant pieu 8B)	OUI	OUI	(Nivel: 15,1-16,6) (Zénel: non exploitable)	À extraire	3,6	-13
9B	Pieu béton armé 40x40	OUI	OUI	(Nivel: 12,8-14,6) (Zénel): 12,9-14,7 (Zénel): 12,8	À extraire	5,8	-8,9
10B	Pieu béton armé 40x40	OUI	OUI	(Nivel: 14,5-16,5) (Zénel): 13-13,3 (Zénel bit): 14,3-16,4 (Zénel): 11,4	À extraire	5,6	-10,8
TP	Papier	OUI	OUI	(Nivel: 16,3-17,3)	À extraire	11	-3,3
TPP	Papier potentiel	NON	NON		Non observé	Non observé	
TPP	Papier potentiel	NON	NON		Non observé	Non observé	

© INGEROP 9

lables. Bien que la mesure par impédance soit une technique courante, des différences importantes ont été mises en évidence comme le montre le tableau figure 9.

9- Récolement des longueurs des pieux.

9- Checking of pile lengths.

Au vu de l'imprécision des mesures, tant par excès que par défaut, le choix sécuritaire de retirer la quasi-totalité des pieux situés dans l'empreinte du tunnel est apparu raisonnable.

DURÉE DES TRAVAUX

Estimée à 10 mois du fait des incertitudes, la durée des travaux a été finalement de moitié. La technique choisie s'est en effet avérée parfaitement adaptée et le recours aux autres solutions envisagées n'a pas été nécessaire.

CONCLUSION

Le creusement du tunnel du lot T3A, comme tout tunnel au tunnelier, est conditionné par l'anticipation des problèmes liés à la présence d'obstacles enterrés sur le tracé du tunnel.

Les fondations de l'ancien pont de Sèvres ont nécessité un traitement particulier avec des travaux importants en Seine afin de ne pas bloquer le tunnelier peu après son lancement. Les reconnaissances menées ont permis l'identification précise des interfaces révélées en amont par les archives de l'ouvrage. Le retrait de ces pieux a constitué un défi technique et bien que tout ait été fait pour s'assurer de l'absence d'obstacles non identifiés par les archives et les investigations complémentaires, le passage du tunnelier dans la zone traitée était attendu avec une certaine tension. Mais tout s'est bien passé. □

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

- 250 t de palplanches, liernes et butons
- 1 800 m de forage de décompression Ø 110/112 mm
- 800 m³/h de capacité de la station de traitement des eaux
- 12 puits de pompage
- 10 drains passifs
- 14 fondations extraites dont 5 pieux en béton

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Société du Grand Paris (SGP)

MAÎTRISE D'ŒUVRE INFRASTRUCTURES : Ingerop

LOT T3A : groupement Bouygues TP (mandataire)/ Soletanche Bachy France/Soletanche Bachy Tunnel/Bessac/Sade

TRAVAUX DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX FLUVIAUX DU TRONÇON : groupement Etpo/Bouygues TP Régions France, sous-traitant du groupement Horizon

ABSTRACT

PULLING OUT THE PILES OF THE TEMPORARY SEVRES BRIDGE IN THE SEINE TO DRIVE THE T3A TUNNEL OF LINE 15 SOUTH

CLAUDE NGUIMBI, INGEROP - MARTIN CAHN, TERRASOL-SETEC - FRANÇOIS LE BRIS, ETPO - ÉMILIE COLIBERT, BYTP RÉGIONS FRANCE

The T3A tunnel crosses the Seine twice, which inevitably exposes it to risks of encountering underground structures. An example of this is the foundations of the temporary Sèvres Bridge of 1950. By identifying them before the works it is possible to take the necessary measures to allow trouble-free passage of the TBM, by removing the foundation piles beforehand. Given that these piles are of various types, methods had to be researched for their removal and possible adaptations. The use of a cofferdam proved to be the most appropriate technical solution for pulling out the obstructing piles. □

ARRANCADO DE LOS PILOTES DEL PUENTE PROVISIONAL DE SEVRES EN EL SENA PARA LA PERFORACIÓN DEL TÚNEL DE LA T3A DE LA LÍNEA 15 SUR

CLAUDE NGUIMBI, INGEROP - MARTIN CAHN, TERRASOL-SETEC - FRANÇOIS LE BRIS, ETPO - ÉMILIE COLIBERT, BYTP RÉGIONS FRANCE

El doble paso bajo el río Sena del túnel de la T3A lo expone inevitablemente a riesgos de coincidencia con construcciones subterráneas. Los cimientos del puente provisional de Sèvres de 1950 constituyen un ejemplo de ello. Su identificación previamente a las obras permite tomar las medidas necesarias para un paso sin obstáculos de la tuneladora, previa retirada de los pilotes de los cimientos. Las distintas naturalezas de estos pilotes han exigido una reflexión acerca de los métodos de retirada y las posibles adaptaciones. El uso de una ataguía ha resultado ser la solución técnica mejor adaptada para arrancar los pilotes que obstaculizaban el paso. □



C'est le métier qui parle

LA BANQUE PROFESSIONNELLE DU BTP

www.btp-banque.fr



1

© CÉDRIC HELSLY

L'EXTENSION DU TERMINAL À CONTENEURS 2XL À FOS-SUR-MER

AUTEUR : DAVID BILLARDON, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE

DANS LE BUT D'ACCROÎTRE L'EXPLOITATION DU TRAFIC DE CONTENEURS DANS LA RÉGION MARSEILLAISE, LE GRAND PORT MARITIME DE MARSEILLE A CONFIE AU GROUPEMENT SOLETANCHE BACHY FRANCE / BUESA / MENARD / EURO-VIA LA RÉALISATION D'UN NOUVEAU QUAÏ DE 240 m DE LONG ET DE 17 m DE TIRANT D'EAU SUR LA COMMUNE DE FOS-SUR-MER (13). LES TRAVAUX CONSISTANT À CONNECTER DEUX QUAÏS EXISTANTS EN COURS D'EXPLOITATION ONT DÉMARRÉ EN AVRIL 2018 ET SONT DORÉNAVANT SUR LE POINT DE S'ACHEVER. LA LIVRAISON TOTALE DU QUAÏ DOIT S'OPÉRER POUR LA FIN DE L'ÉTÉ 2020.

INTRODUCTION

De manière semblable à ce qui avait pu être réalisé sur les quais adjacents il y a quelques années, le marché de base prévoyait la réalisation d'un soutènement de type combi-wall (pieux tubulaires en acier et palplanches), appuyé par un niveau d'ancrages passifs (tirants métalliques et contre-rideau en palplanches).

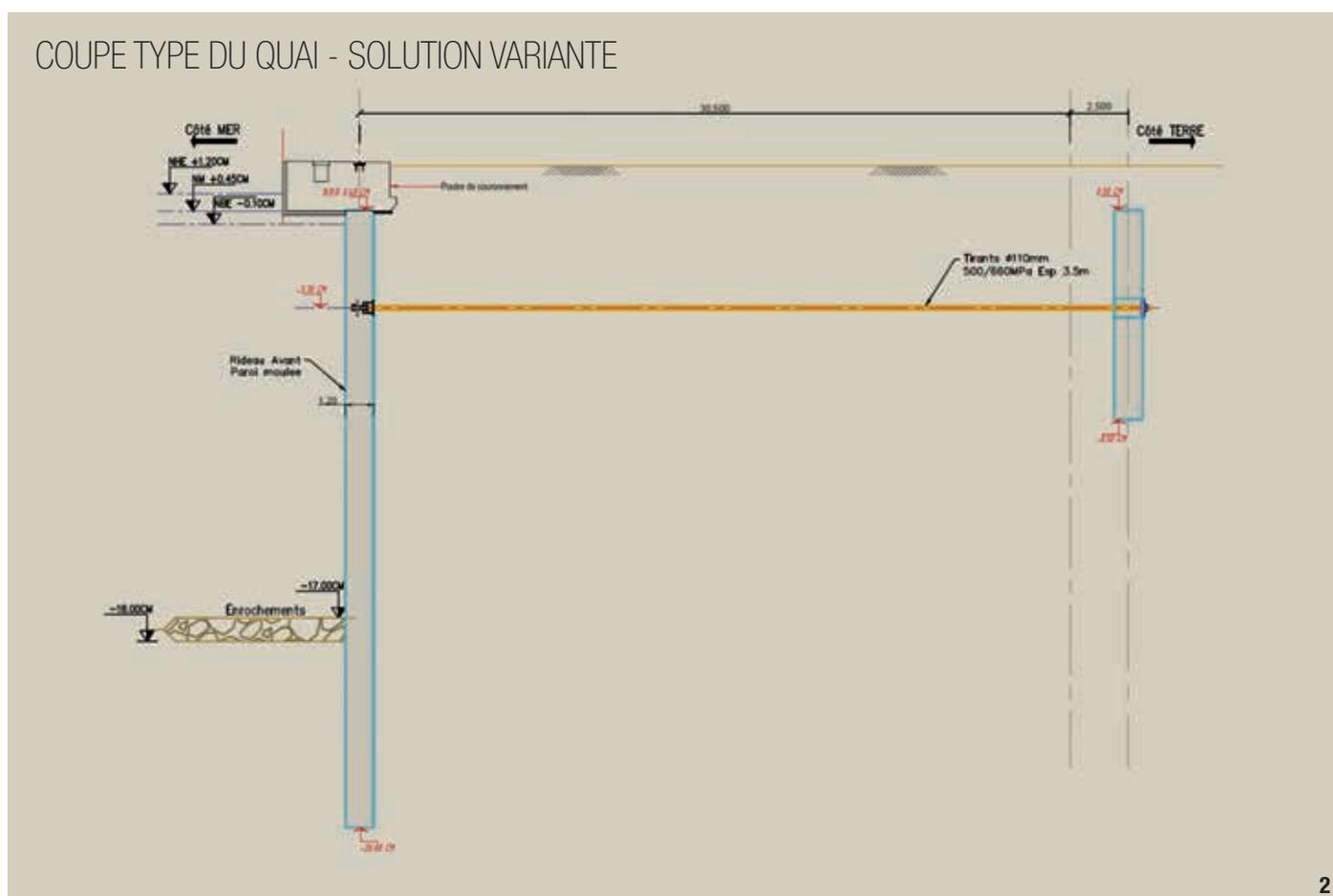
1- Vue d'ensemble du quai.

1- Overall view of the quay.

C'est finalement la solution variante développée par le groupement qui a été préférée. Cette dernière proposait notamment la réalisation d'un soutènement de type paroi moulée de 1200 mm d'épaisseur associée à une poutre de couronnement de 2,30 m de hauteur et 4,60 m de largeur. À l'image de la solution de base, le soutènement variante était également retenu par un

niveau d'ancrages passifs, constitués cette fois-ci, d'un ensemble de tirants et de pieux métalliques (figure 2). Les études géotechniques réalisées sur le site montrent une stratigraphie relativement homogène, composée en partie supérieure de sables, puis d'une épaisse couche de limons (jusqu'à -19 CM), tous deux de faible compacité. ▷

COUPE TYPE DU QUAÏ - SOLUTION VARIANTE



2

© SOLETANCHE BACHY

Ces matériaux reposent sur des alluvions compactes de type sablo-graveleuses identifiées comme des Cailloutis de Crau (substratum), et pouvant posséder un toit altéré et différents degrés de cimentation sur des épaisseurs variables.

Les études de cette solution ont été entièrement développées en interne par Soletanche Bachy, grâce notam-

ment à des supports de logiciels qui lui sont propres (Paris, Cacao), mais aussi avec des logiciels externes de référence (Plaxis, Robot) et avec l'étroite collaboration des autres membres du groupement. Pour plus de détails sur la phase de conception du projet, se référer à l'article "La Rotule du quai de Fos-sur-Mer" dans le magazine TRAVAUX n° 950 publié en avril/mai 2019.

2- Coupe type du quai - solution variante.

3- Réalisation des travaux de paroi moulée.

2- Typical cross section of the quay - variant solution.

3- Performing diaphragm wall work.

RÉALISATION DES TRAVAUX DIGUE LONGITUDINALE

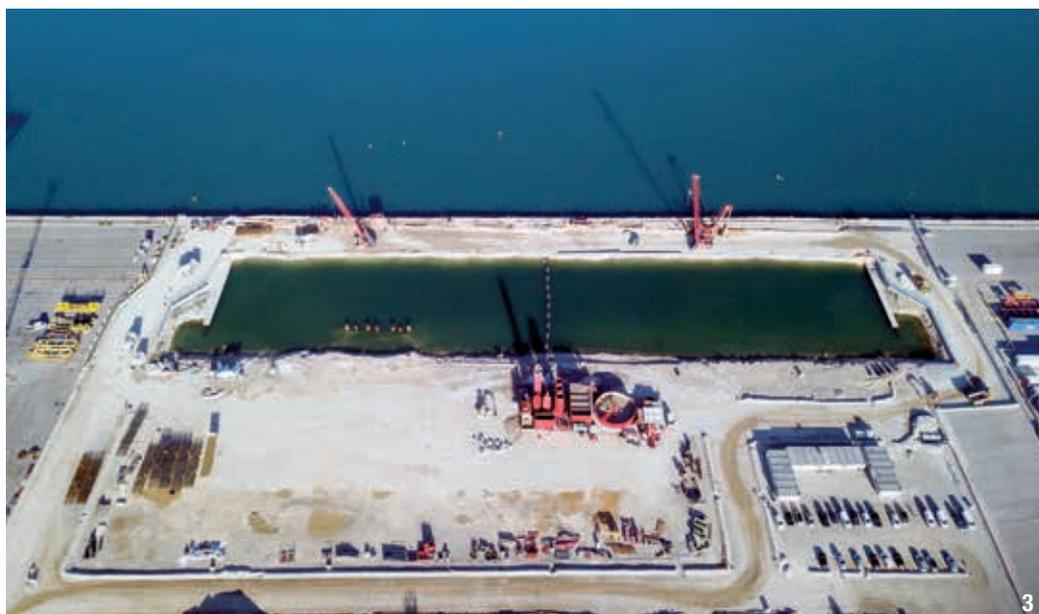
Entre juin et septembre 2018, les équipes de Buesa ont procédé à la réalisation d'une digue longitudinale provisoire composée de 400 000 t de matériaux de carrière qu'il aura fallu claper à l'aide d'une barge fendable. Les matériaux, de granulométries variées, ont été fournis par les carrières locales du massif de la Nerthe. Au total, une épaisseur de 20 m de remblais aura été mise en œuvre sur les limons, permettant ainsi la création d'une plateforme finie autour du niveau +2,5 CM.

AMÉLIORATION DE SOL

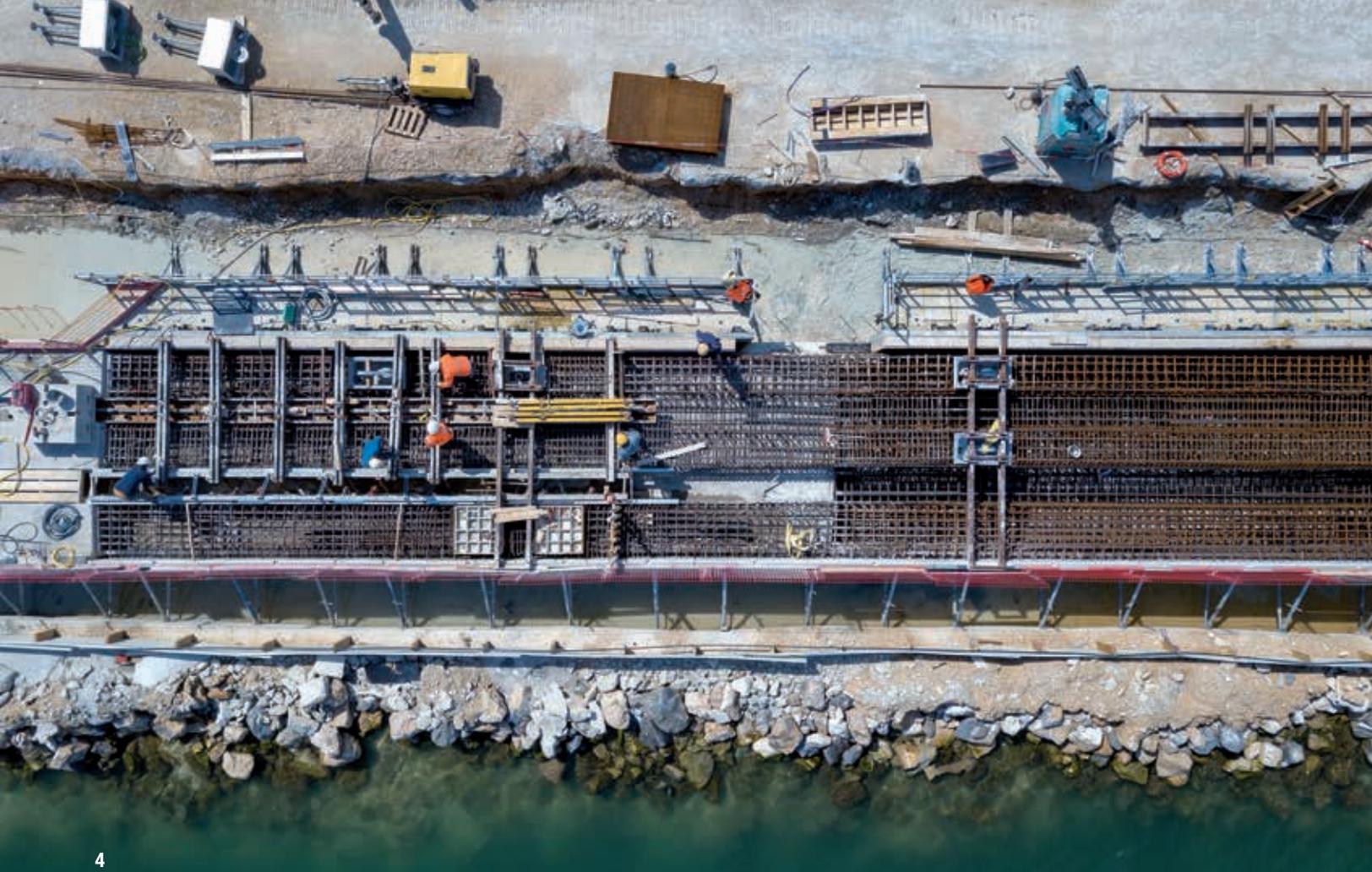
Afin d'assurer la stabilité globale de la digue ainsi créée et permettre le trafic des futurs engins de chantier, Menard a réalisé, en octobre 2018, des travaux de vibrocompaction. Les objectifs à atteindre, après passage de l'aiguille vibrante sur un maillage de 3,5 m x 3,5 m, étaient un module E_m supérieur à 20 MPa et une densité relative moyenne D_r supérieure à 60 %.

PAROI MOULÉE

Après validation des caractéristiques mécaniques de la digue suite à la vibrocompaction, les équipes de Soletanche Bachy ont pris le relais et ont alors pu



© CÉDRIC HELSLEY



4

© CÉDRIC HELSLY

démarrer les travaux de paroi moulée (figure 3). 34 panneaux de 7 m de largeur, 1,2 m d'épaisseur et 28 m de profondeur sont ainsi réalisés entre les mois de novembre 2018 et janvier 2019. Afin d'assurer la cadence et de permettre le bétonnage de 4 panneaux par semaine, le chantier a tourné en 3 postes, avec notamment 2 porteurs LB855 équipés, pour l'un d'une benne hydraulique de type KS, et pour l'autre, d'une benne lourde M8. L'encastrement de la fiche de la paroi dans le Cailloutis de Crau était assuré par les bennes lourdes et ce sont, au total, 9000 m³ de béton qui ont ainsi été coulés pour former le futur quai.

4- Réalisation de la poutre de quai.

5- Démontage de la digue arrière.

6- Travaux de vibrocompaction.

4- Execution of the quay beam.

5- Dismantling the rear dyke.

6- Vibratory compaction work.

POUTRE DE COURONNEMENT

Entre février et mai 2019, les deux centrales à béton alimentant le chantier ont continué à tourner à plein régime. La réalisation de la poutre de quai durant cette période a nécessité au préalable la mise en œuvre de béton de propreté immergé et la fabrication de 110 panneaux préfabriqués coulés sur site. Ces panneaux, disposés en "L" côté mer, sont destinés à créer une protection supplémentaire vis-à-vis des agressions du milieu marin. Lors des travaux, ils ont également permis aux armaturiers et aux équipes de génie civil de Soletanche Bachy de

travailler au sec et à l'abri des vagues. Le ferrailage de la poutre de quai était dense et majoritairement composé de barres HA40 qui ont rendu difficile l'insertion des différentes réservations et autres équipements de type bollards, voie de roulement, défenses, poste de brochage et d'ancrage (figure 4). Finalement, les bétonnages se sont faits en 2 levées de 200 m³ environ, et c'est un béton haute durabilité qui a dû être utilisé afin de satisfaire aux critères de l'ouvrage.

À ce stade, seules les deux zones de raccordement de la poutre aux quais existants n'avaient pas été coulées. ▷



5

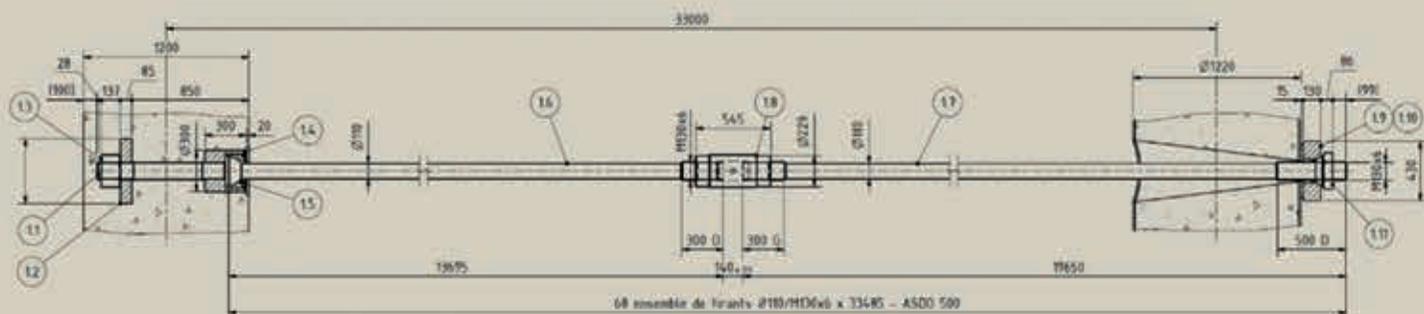
© SOLETANCHE BACHY



6

© SOLETANCHE BACHY

SCHÉMA DE PRINCIPE DU RIDEAU ARRIÈRE



7

© SOLETANCHE BACHY

En effet, en raison des déplacements pouvant être occasionnés lors des phases suivantes de travaux, il a été choisi de réaliser les jonctions en février 2020, après que les phases de déblais-remblais et de pose du rideau arrière avaient été totalement achevées.

REMBLAIS ARRIÈRE ET POMPAGE

Une fois le rideau avant terminé, le groupement pouvait alors procéder à l'aménagement de la zone côté terre, destinée à recevoir le contre-rideau et le support pour la voie de grue arrière des portiques. Dans un premier temps, il a fallu assurer le contact toute hauteur entre la paroi moulée et les tubes des combi-walls existants. Ainsi, à chaque extrémité du quai, des colonnes de Jet Grouting ont été mises en œuvre dans le but d'éviter toute fuite éventuelle de matériaux. Puis, dans un second temps, alors que Buesa démarrait les travaux de terrassement et de démontage de la digue située à l'arrière de la paroi moulée, Soletanche Bachy s'affairait aux travaux de rabattement de nappe (figure 5). L'objectif commun consistait dans la création d'une plate-forme intermédiaire à -3,50 CM, permettant le battage des 68 tubes d'ancrage et la pose des 2240 m de tirants du rideau arrière. Une fois la plate-forme terminée, une nouvelle phase de vibrocompaction a été menée par Menard, sur un maillage 3,2 m x 3,2 m cette fois, dans le but de venir à nouveau améliorer la capacité portante de l'ensemble (figure 6).

RÉALISATION DU RIDEAU ARRIÈRE

Entre juin et août 2019 ont eu lieu l'assemblage et la mise en place au fond de fouille des 68 tirants passifs de type

M130 d'Anker Schroeder constituant le contre-rideau. Une opération qui a donné du fil à retordre aux équipes qui ont expérimenté le peu de maniabilité de ces éléments de 33 m de longueur s'encastant, d'une part dans la paroi moulée grâce à un système de rotule, et d'autre part, dans un pieu métallique préalablement vibrofoncé dans les remblais (figures 7 et 8). Les tubes métalliques du rideau arrière, espacés de 3,5 m, affichaient une longueur de 9 m et un diamètre de 1 220 mm.

7- Schéma de principe du rideau arrière.
8- Pose du rideau arrière.

7- Schematic diagram of the rear curtain.
8- Placing the rear curtain.

PIEUX ET LONGRINE ARRIÈRE

Au fur et à mesure que les équipes du contre-rideau avançaient, Buesa s'affairait pour démarrer le démontage de la digue avant et permettre ainsi de combler la zone arrière entre -3,50 CM et le niveau de plate-forme +0,8 CM nécessaire à la réalisation des pieux de fondation de la longrine arrière. Pour ce faire, une pelle de type Liebherr 966, positionnée au niveau de la poutre de couronnement, travaillait à la récupération des matériaux devant



8

© SOLETANCHE BACHY



9

© CÉDRIC HELSLY

9- Travaux de démontage de la digue avant.
10- Réalisation des pieux de la longrine arrière.

9- Work for dismantling the front breakwater.
10- Execution of rear longitudinal girder piles.

le quai et à l'envoi de ces derniers en direct à pied d'œuvre. Ces matériaux étaient ensuite repris et compactés par passes de 50 cm environ, avec pour objectif un module EV2 supérieur à 70 MPa et un rapport k inférieur à 2. Très vite, au fur et à mesure de l'approfondissement de l'excavation, des moyens supplémentaires terrestres et maritimes (tombereaux, pelle, pelle sur barge, barge, grue d'excavation) ont dû être mis en œuvre dans le but d'aller chercher le matériau à -17 CM et de constituer le remblai jusqu'à 60 m derrière le quai (figure 9).

Les équipes de Soletanche Bachy Fondations Spéciales sont ensuite intervenues pour réaliser les 79 pieux Starsol diamètre 1020 mm venant soutenir la longrine et la voie de roulement arrière. Comme pour la paroi moulée auparavant, l'ancrage s'est fait dans les cailloutis de Crau situés entre



10

© SOLETANCHE BACHY

-22,5 CM et -30 CM sur cette zone. Cette profondeur a notamment imposé l'emploi d'une foreuse de type Starsol F3500, capable d'atteindre une profondeur de forage maximale de 34 m (figure 10). Afin de faciliter le travail des armaturiers de la longrine dont le ferrailage allait encore une fois s'avérer dense et riche en HA40, une cage de tête a systématiquement été mise en place sur les pieux. Cela a notamment permis une orientation plus simple des aciers en attente des pieux, supposés recevoir ensuite les aciers longitudinaux de la longrine. Malgré la présence d'une nappe artésienne ne facilitant pas les opérations de forage et d'équipement de cages, l'ensemble des pieux de la longrine a été effectué entre octobre et début décembre 2019. C'est donc durant 3 mois d'hiver (jusqu'en février 2020) que les équipes de génie civil de Soletanche Bachy ont remis pied au plancher pour venir à bout des 930 m³ supplémentaires de béton qu'il aura fallu couler pour parfaire la longrine arrière. Bien que d'une taille inférieure à la poutre de quai (2,5 m de hauteur par 1,5 m de largeur), la longrine se retrouve être plus ferrillée, avec pas moins de 364 t d'acier pour les 300 m de linéaire qu'elle mesure (figure 11). Là encore, bon nombre d'équipements ont dû être mis en place : coffrage pour voie de roulement, poste d'ancrage et poste de brochage sont à insérer avec une précision de l'ordre de 5 mm. ▷

Les bétonnages pour cet ouvrage ont en revanche pu être réalisés en une seule levée. Durant cette phase, des ouvrages annexes, tels que la fosse à lyre destinée à recevoir les câbles d'alimentation des nouveaux portiques, ont également été ferrillés et bétonnés.

POSE DES ÉQUIPEMENTS

Dès l'achèvement de la réalisation de la longrine arrière, les équipes de Soletanche Bachy se sont affairées à poser les équipements de quai nécessaires à l'accostage et au déchargement des futurs navires. C'est ainsi que 7 bollards bi-bloc 150T, 19 défenses tronconiques d'accostage, 5 échelles de quai, 300 m de caniveaux à câbles, et 600 m de voie de roulement ont été posés avec précision (figures 12 à 14).

L'ensemble de ces opérations a été achevé en juillet 2020 et ce, malgré les quelques perturbations de la crise sanitaire liée à la Covid-19 qui aura mis le chantier à l'arrêt pendant 2 mois environ.



11

© CÉDRIC HELSLY

REMBLAIS ET VOIRIES

C'est pour cette ultime étape que les équipes d'Eurovia sont entrées en jeu dans les derniers mois de chantier afin de réaliser, en même temps que s'effectuait la pose des équipements, les travaux de réseaux et de voiries. Pour parfaire cette tâche, Buesa a achevé de monter les remblais le long de la longrine jusqu'au niveau PST, afin qu'Eurovia puisse enchaîner avec les couches de forme en 0/60 et les couches de réglage en 0/20. Une partie des matériaux extraits de la digue avant a ainsi pu être concassée afin d'être réutilisée en remblais et en couche de forme. Enfin, deux couches de BBME de 10 et 9 cm d'épaisseur respectivement,

grine jusqu'au niveau PST, afin qu'Eurovia puisse enchaîner avec les couches de forme en 0/60 et les couches de réglage en 0/20. Une partie des matériaux extraits de la digue avant a ainsi pu être concassée afin d'être réutilisée en remblais et en couche de forme. Enfin, deux couches de BBME de 10 et 9 cm d'épaisseur respectivement,

11- Réalisation de la longrine arrière.

12- Pose des bollards et des défenses.

13- Pose des voies de roulement.

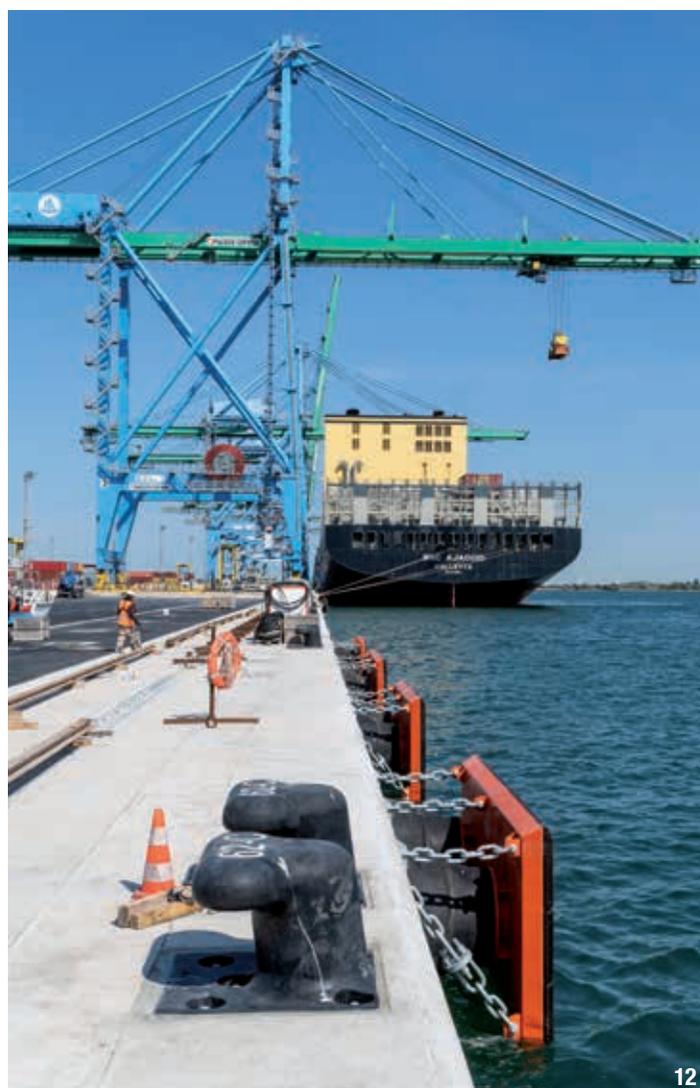
14- Pose des caniveaux à câbles.

11- Execution of rear longitudinal girder.

12- Placing bollards and protection systems.

13- Track laying.

14- Placing cable troughs.



12

© CÉDRIC HELSLY



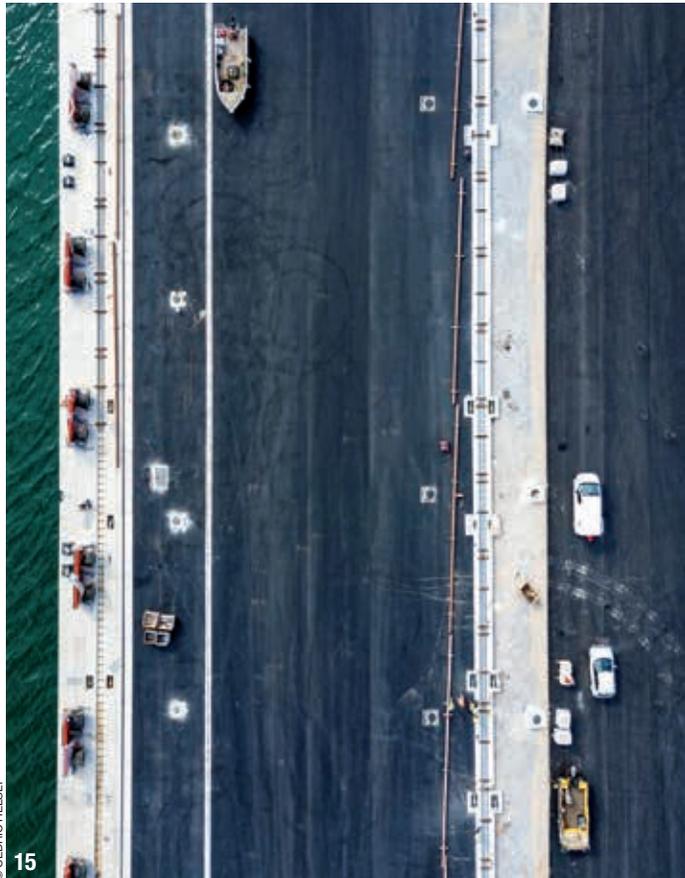
13

© CÉDRIC HELSLY



14

© CÉDRIC HELSLY



© CÉDRIC HELSILY

15

et une couche finale d'enrobé de 6 cm, ont permis de mettre le terre-plein arrière au niveau de la poutre de quai (figure 15).

UN PREMIER TEST GRANDEUR NATURE

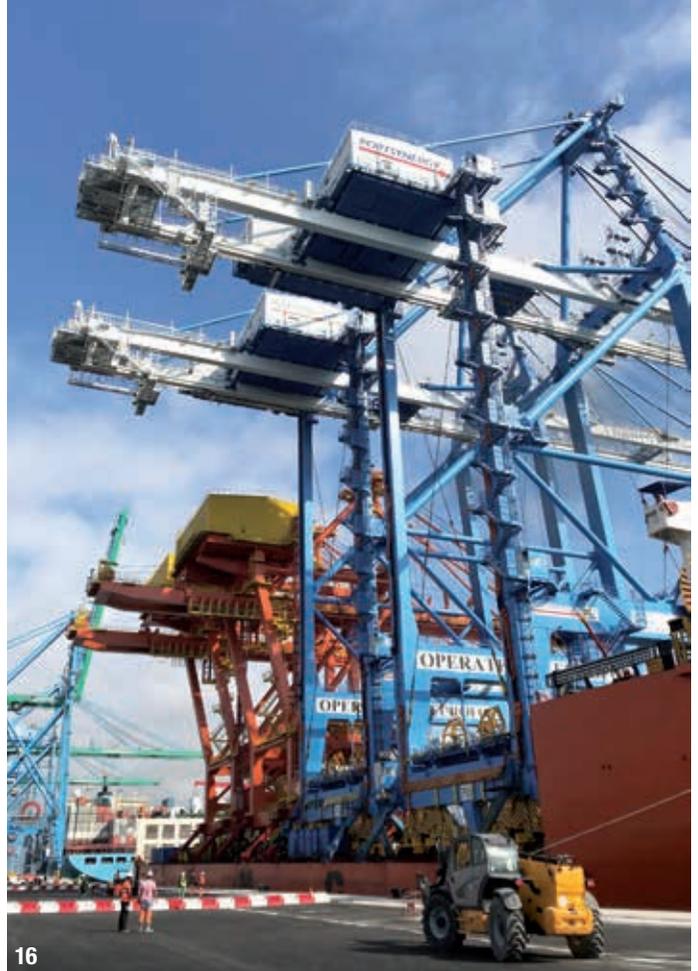
Les derniers travaux à peine achevés, il était alors possible d'apercevoir à l'horizon le navire transportant les nouveaux portiques destinés à circuler sur le quai.

En effet, le mardi 21 juillet 2020 au matin, après presque 4 mois passés en mer, un ancien pétrolier du nom de Zhen Hua 29 accostait de tout son long sur les défenses fraîchement posées.

Quelques jours plus tard, les 2 nouveaux portiques bleus étaient déchargés sur les rails du quai où ils allaient finir d'être assemblés et raccordés (figure 16). □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Grand Port Maritime de Marseille
MAÎTRE D'ŒUVRE : Grand Port Maritime de Marseille
ASSISTANCE MAÎTRISE D'ŒUVRE : Cerema / Fondasol / Bri
CSPS : Veritas
ENTRPRISES : Soletanche Bachy France (mandataire) / Buesa / Menard / Eurovia



16

© SOLETANCHE BACHY

15- Réalisation des enrobés.

16- Arrivée des nouveaux portiques.

15- Asphalt mix production.

16- Arrival of the new gantry cranes.

PRINCIPALES QUANTITÉS

DIGUE PROVISoire :

- 401 000 t de matériaux

PAROI MOULÉE :

- Longueur : 240 m
- Béton : 9 000 m³
- Acier : 1 200 t

POUTRE DE COURONNEMENT :

- Béton : 2 456 m³
- Acier : 415 t

RIDEAU ARRIERE :

- Tubes métalliques : 68 unités
- Tirants : 2 240 m

LONGRINE ARRIÈRE :

- Béton : 930 m³
- Acier : 364 t

ÉQUIPEMENTS :

- Voie de roulement : 600 m
- Bollards : 14 u
- Défenses : 19 u

ABSTRACT

EXTENSION OF THE 2XL CONTAINER TERMINAL AT FOS-SUR-MER

DAVID BILLARDON, SOLETANCHE BACHY FRANCE

At Fos-sur-Mer, for Grand Port Maritime de Marseille, work has been completed on the construction of a port quay 240 metres long with a 17-metre draught. The work began in 2018. This new quay connects two existing quays in service and will soon allow the berthing of an additional container ship in Dock 2. The variant was preferred to the basic solution, and in the end it was a diaphragm wall quay together with an inner curtain wall formed of metal tubes with passive tie anchors that was installed between the existing quays executed previously by the combi-wall technique. □

AMPLIACIÓN DE LA TERMINAL A DE CONTENEDORES 2XL EN FOS-SUR-MER

DAVID BILLARDON, SOLETANCHE BACHY FRANCE

En Fos-sur-Mer, está finalizando la realización de un muelle portuario de 240 m de longitud y 17 m de calado, cuyas obras, encargadas por Grand Port Maritime de Marseille, comenzaron en 2018. El nuevo muelle conecta dos muelles existentes y operativos, y pronto permitirá el atraque de un portacontenedores adicional en la dársena 2. Se ha optado por la variante frente a la solución de base, y finalmente se ha construido un muelle de pantalla de hormigón asociado a una contra-pantalla formada por tubos metálicos con tirantes pasivos, instalada entre los muelles existentes, previamente realizados mediante la técnica del combi-wall. □



1

© C. VIGNA

DE NOUVELLES FONDATIONS POUR LE PONT FÉLIX HOUPHOUËT-BOIGNY À ABIDJAN

AUTEURS : FRANCK BRISET, DIRECTEUR DE PROJET, SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS - FRANÇOIS LOUVEL, DIRECTEUR TECHNIQUE ET MÉTHODES, SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS - LUDOVIC PICARD, CHEF DE SECTEUR OUVRAGES D'ART, BIEP, EIFFAGE INFRASTRUCTURES

CONSTRUIT DANS LES ANNÉES 50, LE PONT FÉLIX HOUPHOUËT-BOIGNY À ABIDJAN FAIT L'OBJET D'UNE RÉHABILITATION COMPLÈTE. DE NOUVELLES FONDATIONS SONT RÉALISÉES ASSOCIANT PIEUX FORÉS TUBÉS ET COLONNES DE JET-GROUTING À 65 m DE PROFONDEUR, TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE À PARTIR DE MOYENS ADAPTÉS À LA CONFIGURATION MARITIME DU PROJET.

Le pont Félix Houphouët-Boigny est l'un des axes structurants de la capitale économique de Côte d'Ivoire : il relie le port de commerce de Treichville au cœur administratif du Plateau pour ensuite irriguer l'intérieur du pays et les pays limitrophes. Passage initialement constitué au début du XX^e siècle d'éléments flottants, l'ouvrage actuel a été construit à la fin des années 50. Sa conception ainsi que sa construction avaient alors fait l'objet d'un compte-rendu détaillé dans la revue *TRAVAUX* n° 282. De fréquentes visites d'inspection ces dernières années ont depuis mis en évidence la nécessité de procéder à sa réhabilitation et en particulier au remplacement des fondations existantes, sujet du présent article.

L'OUVRAGE EXISTANT

Le pont est composé d'un tablier à double caisson (figure 2) assurant deux niveaux de circulation : le tablier est le lieu des circulations routières et piétonnes quand le trafic ferroviaire transite par l'intérieur des caissons, avec une voie dans chaque caisson. Il repose sur sept piles en lagune, chacune de ces piles étant fondée sur 8 pieux. Afin de réduire les effets des efforts horizontaux sur les fondations, celles-ci ont été conçues sur le principe d'une association de pieux verticaux et de pieux inclinés à 15 % (figure 3). Ces pieux ont été réalisés en 1958, associant forage en louvoiement et préfabrication : le forage descendant jusqu'à près de 70 m sous le niveau

1- Vue aérienne des travaux.

1- Aerial view of the works.

de l'eau était réalisé par alternance de louvoiement d'une gaine métallique de diamètre 1,50 m et vidage de l'intérieur du tube. Une fois la cote finale atteinte, des tronçons en béton préfabriqués de diamètre 1,35 m étaient assemblés et descendus à l'intérieur du tube, liés entre eux par précontrainte longitudinale. L'annulaire créé faisait l'objet d'une injection de coulis de ciment lors de l'extraction de la gaine métallique.

L'intérieur des tronçons préfabriqués était rempli de béton.

Les conditions d'exécution difficiles n'ont pas permis l'extraction complète des gaines. Des investigations complémentaires lancées dans les années 70 ont montré des défauts quant à l'état des gaines préfabriquées et du remplissage en béton.

D'autres investigations ont par ailleurs mis en évidence des désordres sur les piles, conséquences de l'exposition à un environnement agressif, ainsi que sur le tablier où l'apparition de fissures montrait, en particulier, la nécessité de procéder à la mise en œuvre de précontrainte additionnelle.

Ainsi, si le pont dans sa structure d'origine était un concentré de solutions

techniques ingénieuses tant au niveau de la conception que de la réalisation, l'action des années rendait nécessaires les opérations de réhabilitation. L'engagement des travaux correspondants fut notifié en 2017.

LA RÉHABILITATION DU PONT

Les opérations de réhabilitation portent sur :

- **Le tablier** : pour compenser les insuffisances établies en flexion transversale et longitudinale, une précontrainte longitudinale additionnelle est installée à l'intérieur des caissons, associée à un renforcement des hourdis supérieur et inférieur.
- **Les fondations** : les inspections successives ont mis en évidence et

2- Coupe transversale du pont existant - Circulation routière en extrados du tablier et circulation ferroviaire dans les caissons.

3- Coupe longitudinale et fondations existantes.

2- Cross section of the existing bridge - Road traffic on deck extrados and rail traffic in box girders.

3- Longitudinal section and existing foundations.

confirmé des défauts sur les pieux existants. Il n'était toutefois pas possible de quantifier leur portance résiduelle. En conséquence, il a été décidé de réaliser un nouveau système de fondation devant reprendre l'intégralité des charges selon les normes en vigueur. Il se compose de poutres reprenant les charges de chacune des huit travées isostatiques et les reportant directement sur de nouvelles semelles construites de part et d'autre des piles existantes. Ces semelles sont fondées sur de nouveaux pieux réalisés à proximité des pieux existants (figure 4).

Ces principes de conception ont été décrits dans un précédent article de la revue *TRAVAUX* n° 946.

L'ENVIRONNEMENT ET LE CONTEXTE GÉOTECHNIQUE

Le pont assure la traversée de la lagune Ebrié entre le quartier administratif du Plateau et le quartier de Treichville. L'amplitude du marnage dans la lagune est faible : de l'ordre de 1,2 m entre les plus basses eaux et les plus hautes eaux. Mais, compte tenu de la surface importante de la lagune en amont du pont et du goulet d'étranglement que présente la zone du pont, le courant à marée descendante peut être important, pouvant atteindre jusqu'à 3 m/s en saison des pluies.

Le fond de lagune se situe au droit des piles entre 10 à 15 m sous le niveau de l'eau. Le compte-rendu des travaux d'origine permettait d'avoir une première idée de la géologie au droit des ouvrages. Ceci a été complété par différentes campagnes géotechniques, en phase conception et en phase exécution, au travers de sondages carottés, pressiométriques Ménard et pénétrométriques type CPTu. Ces campagnes ont été réalisées au droit de chaque pile, à l'amont et à l'aval du pont. Il ressort de l'analyse des sondages la stratigraphie suivante (figure 5) :

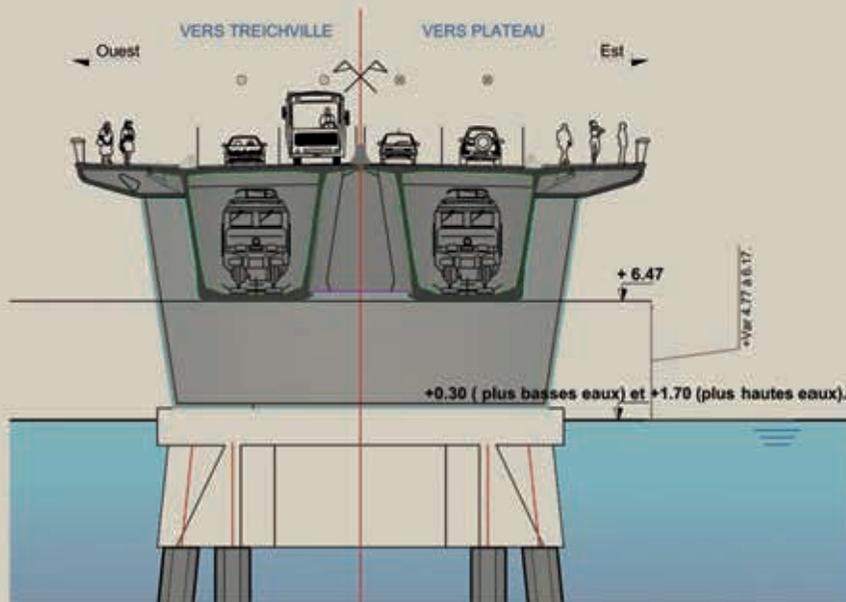
- Vase fluente et molle sur 10 à 20 m.
- Succession de couches très peu compactes de sable, limon et argile (pression limite inférieure à 0,3 MPa et module inférieur à 5 MPa) avec toutefois présence ponctuelle de lentilles sableuses compactes.
- Couche de sables blancs à grisâtres, moyens à grossiers présentant une meilleure compacité : pression limite supérieure à 2,5 MPa et module pressiométrique supérieur à 40 MPa, ces valeurs augmentant avec la profondeur.

LES CONTRAINTES DU PROJET ET LEURS CONSÉQUENCES SUR LE DIMENSIONNEMENT

Comme déjà exposé, le pont est une artère vitale d'Abidjan : seuls trois ponts permettent actuellement la traversée de la lagune Ebrié et seul le pont Félix Houphouët-Boigny assure une circulation ferroviaire avec le quartier de Treichville. Dans ces conditions, les travaux de réhabilitation ne doivent pas présenter de risques quant au maintien de la circulation entre les deux rives et fragiliser un ouvrage déjà sensible. Aussi, une des contraintes du cahier des charges était de ne pas avoir de nouvelles fondations plus profondes que les pieux existants pour éviter tout risque de déchaussement en cours de travaux. Il en découle deux problématiques : ▷

COUPE TRANSVERSALE DU PONT EXISTANT

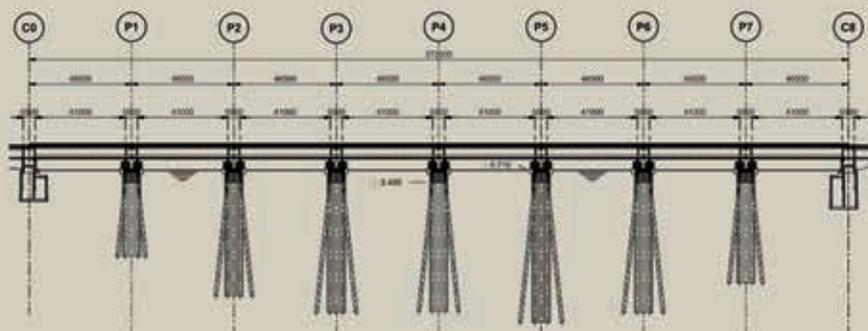
Circulation routière en extrados du tablier et circulation ferroviaire dans les caissons



© EIFFAGE

2

COUPE LONGITUDINALE ET FONDATIONS EXISTANTES



© EGIS

3

- Connaître la profondeur des pieux existants ;
- Assurer la portance nécessaire à cette cote.

Afin d'établir l'arase basse des pieux existants, des investigations basées sur la technique de la sismique parallèle selon la norme NF P 94-103 ont été mises en œuvre.

Le principe est le suivant : un sondage est réalisé parallèlement à la fondation à tester, dépassant la base de celui-ci d'environ cinq mètres (figure 6). Il est ensuite équipé d'un tube PVC scellé au terrain.

Une sonde est descendue au travers de ce tubage selon un pas de 0,50 à 1 m. À chaque position, une vibration est produite par un choc émis en tête de fondation, en l'occurrence l'intérieur du caisson semelle de la pile existante à laquelle les pieux existants sont scellés.

L'onde se propage alors au travers du pieu et le signal est enregistré par la sonde de réception placée dans le tube. On reporte ensuite graphiquement le temps de parcours de l'onde en fonction de la profondeur testée. Apparaît alors sur le graphique une rupture de pente qui correspond à



4

© EIFFAGE

l'arase inférieure de la fondation testée (figure 7).

Ces investigations ont été menées sur chacune des piles à l'amont et à l'aval et ont donné des résultats satis-

faisants, confirmant les informations de récolement à disposition : la base des pieux se situe à une profondeur comprise entre 40 et 68 m sous le niveau de la lagune.

4- Implantation des nouvelles fondations.

5- Stratigraphie au droit du pont Houphouët-Boigny.

4- Location of new foundations.
5- Stratigraphy at the level of Houphouët-Boigny Bridge.

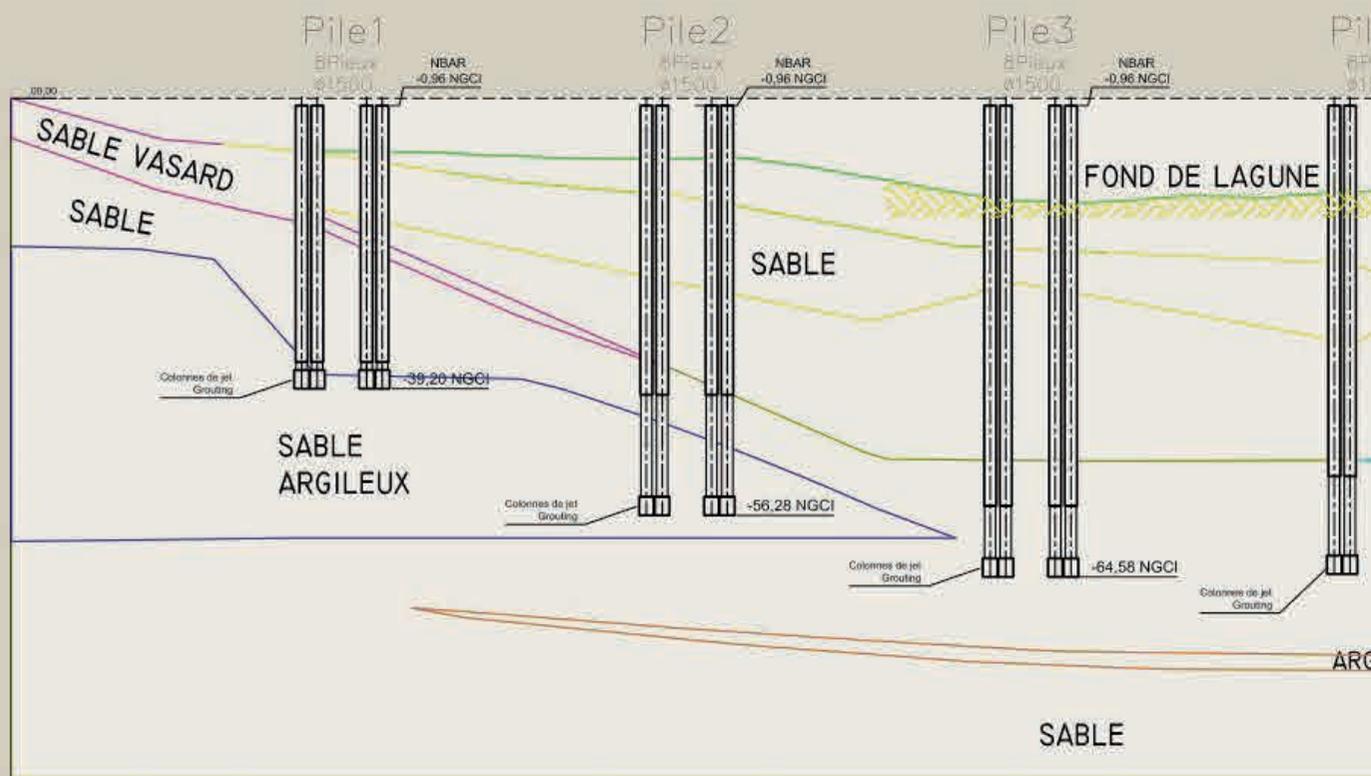
AMÉLIORATION EN POINTE DES PIEUX

Une fois la cote de la fondation connue, se pose donc la question d'assurer la portance à cette profondeur. En effet, les arasés de pieux existants se situent en tête de la couche de sable compacte évoquée. Les couches supérieures étant de nature vaseuse ou sableuse peu compacte, elles n'offrent que très peu de réaction en frottement latéral. La majeure partie de la portance doit donc être assurée par la pointe des fondations. De ce fait, une augmentation de la section de la partie

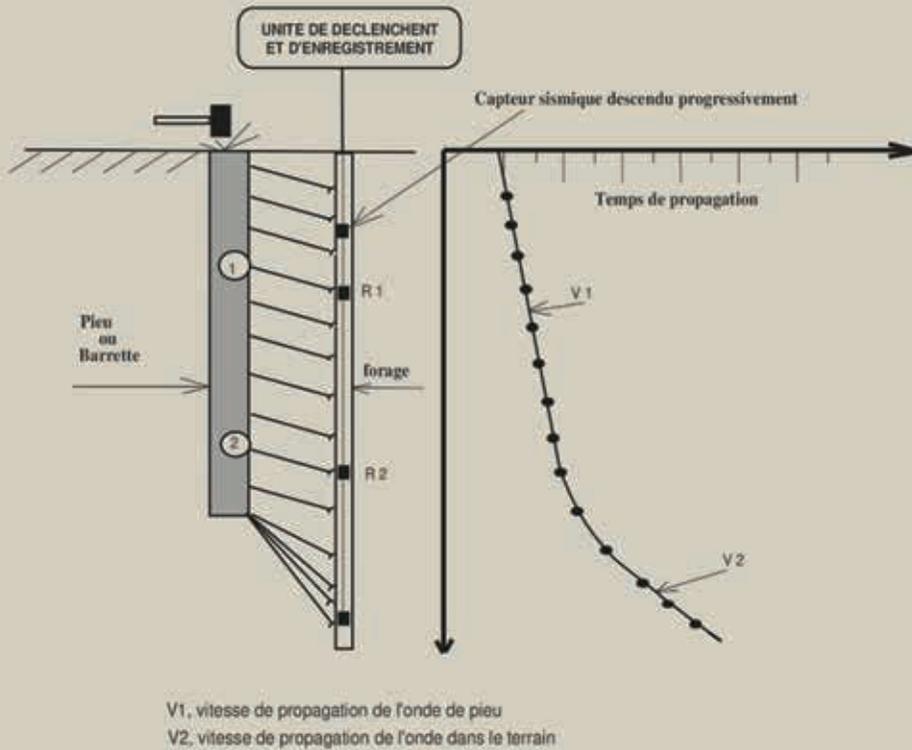
© SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS

5

STRATIGRAPHIE AU DROIT DU PONT HOUPHOUËT-BOIGNY



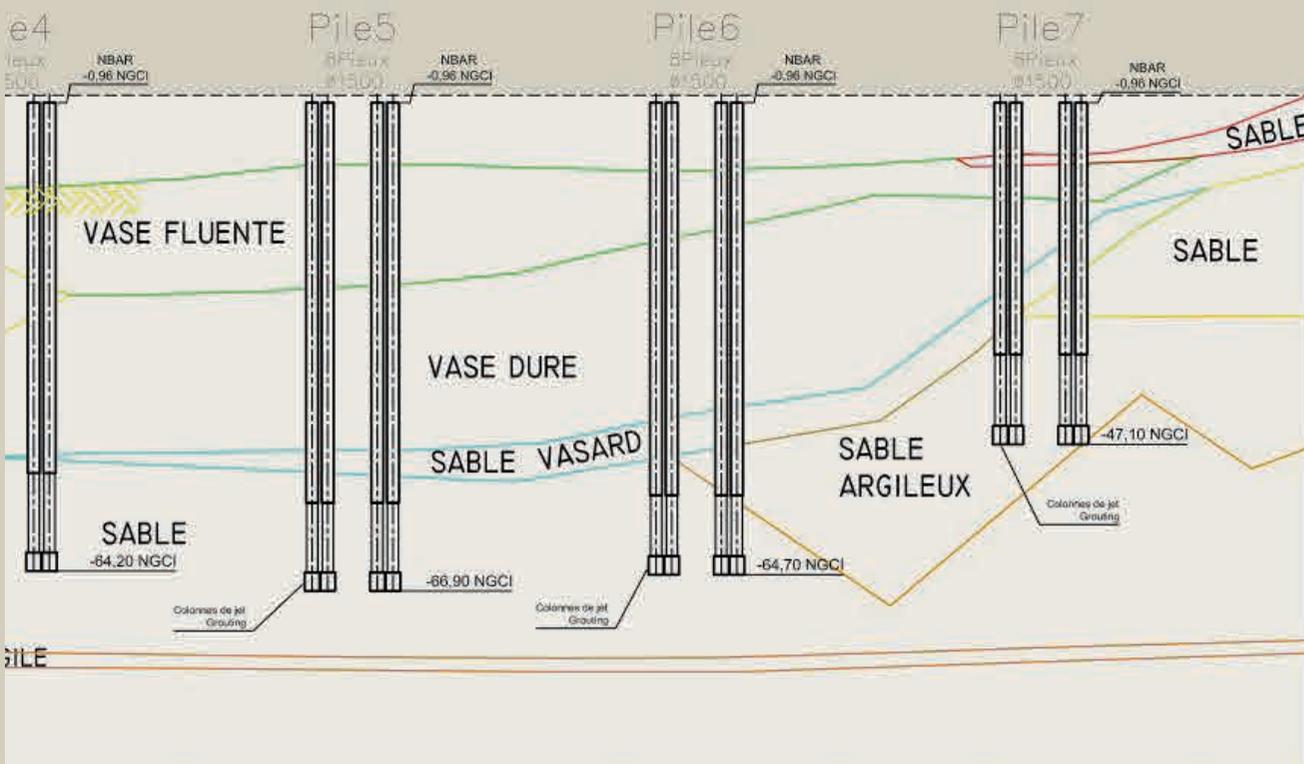
PRINCIPE DE LA MÉTHODE SISMIQUE PARALLÈLE



6- Principe de la méthode sismique parallèle.

6- Principle of the parallel seismic method.

supérieure des fondations ne joue que très peu sur la reprise des charges en frottement quand la surface de pointe doit, elle, être la plus grande possible. En conséquence, il a été envisagé, dès la conception, une amélioration de sol en pointe des fondations sous la forme de colonnes de jet-grouting : plusieurs colonnes de jet-grouting sont réalisées à la base des nouveaux pieux et permettent d'assurer une meilleure portance en pointe, sans recourir à des pieux de trop grand diamètre. Cette technique présentant peu de références, des essais en vraie grandeur ont été menés préalablement à la mise en œuvre de la technique sur les pieux d'ouvrage. Des essais de chargement en compression verticale selon la norme NF-P 94-150-1 ont été menés jusqu'à 700 t sur des pieux comportant ou non une amélioration en pointe. ▷

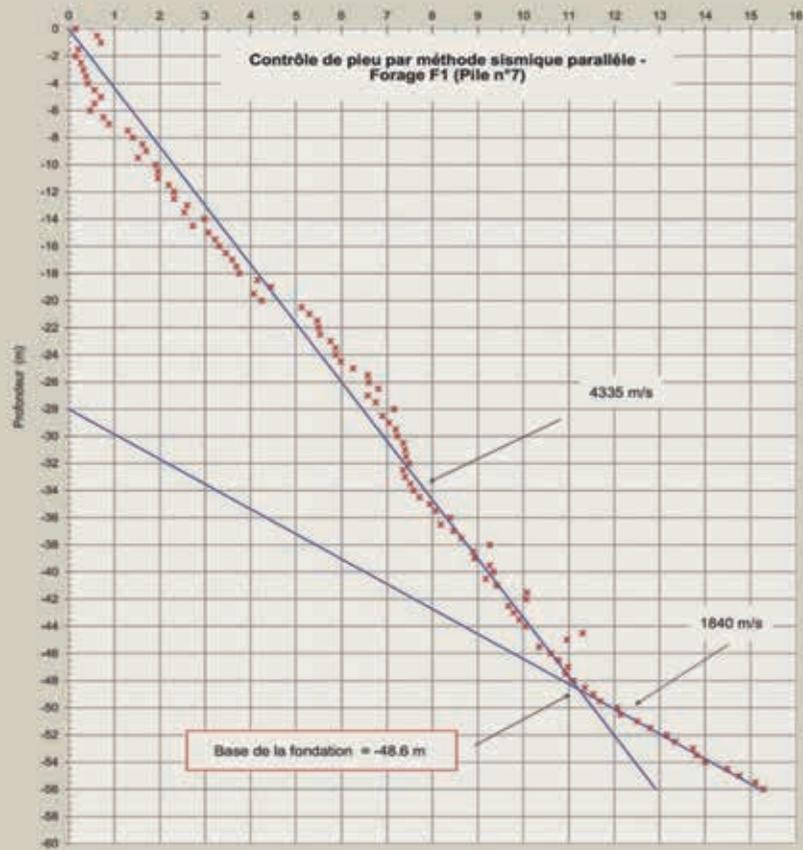


Initialement, plusieurs sondages presiométriques avaient été réalisés afin de déterminer les caractéristiques des couches de terrain et déterminer les effets de pointe à considérer. Il ressort de la mise en œuvre de jet-grouting en pied de pieu une amélioration notable de la raideur du pieu et une diminution des tassements à effort comparable entre pieu classique et pieu traité. Cette amélioration a été corrélée aux dispositions réglementaires de dimensionnement, en l'occurrence le fascicule 62 titre V : le pieu avec traitement en jet-grouting a été assimilé à un pieu de type refoulé et un k_p de 3 a été retenu pour le dimensionnement de l'effort admissible en pointe.

7- Calcul de la profondeur d'un pieu par la méthode sismique parallèle.
8- Forage à proximité du tablier existant.

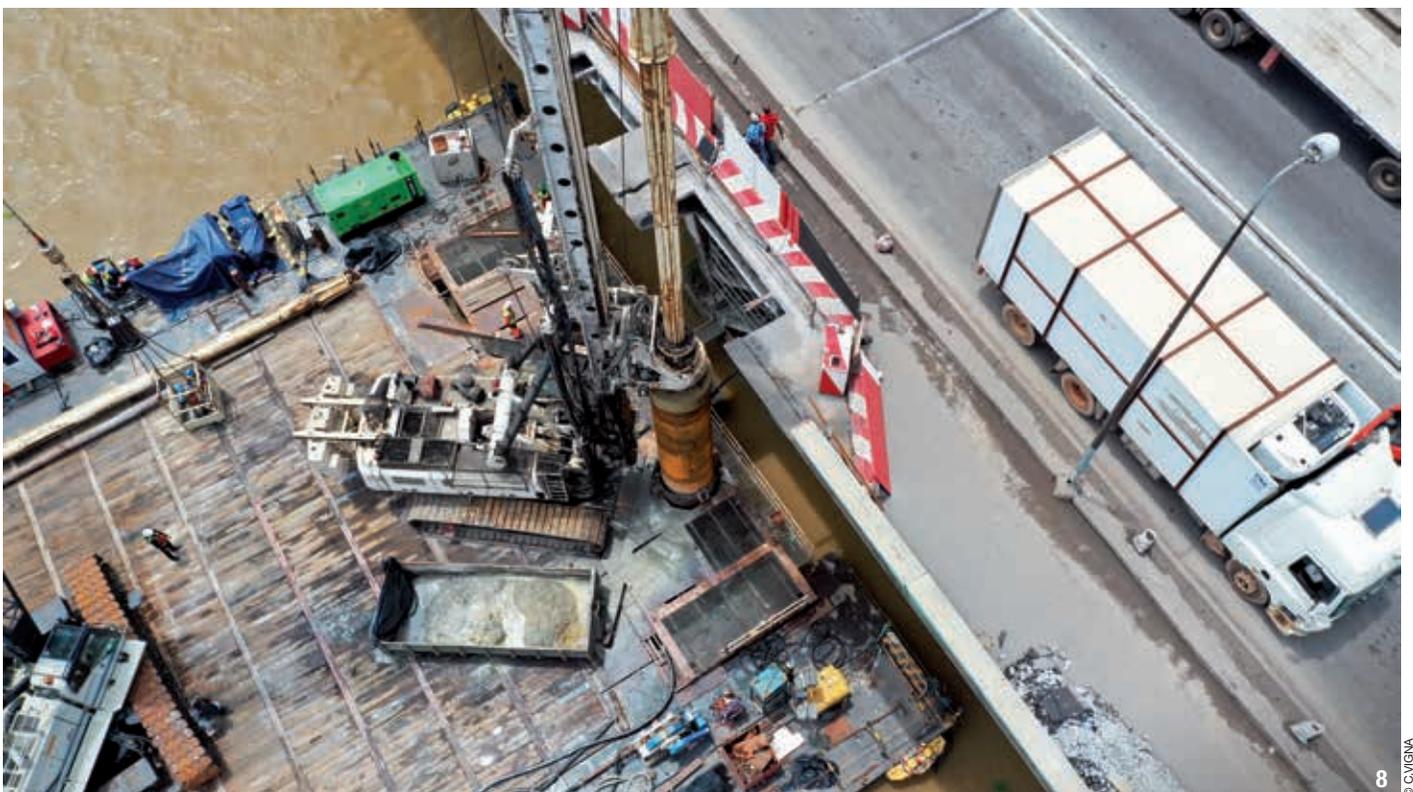
7- Calculation of a pile's depth by the parallel seismic method.
8- Drilling near the existing deck.

CALCUL DE LA PROFONDEUR D'UN PIEU PAR LA MÉTHODE SISMIQUE PARALLÈLE



7

© IMG



8

© C. VIGNA



9

© C.VIGNA

IMPLANTATION DES PIEUX

Afin de limiter les efforts parasites et par conséquent les dimensions des structures de reprise, il est indispensable d'implanter les nouvelles fondations au plus proche du pont, ceci sans perturber les fondations existantes et sans engendrer des risques quant au maintien des trafics routier et ferroviaire.

Pour se faire, un récolement de l'implantation des pieux existants a été établi au moyen d'une imagerie acoustique par caméra. Sur la base de ce relevé et en intégrant les tolérances d'exécution

9- Ponton pieux avec foreuse.

10- Vue aérienne de la zone d'installation en berge Sud.

9- Pile pontoon with drill.

10- Aerial view of installation area on South bank.

de pieux forés, l'implantation des nouveaux pieux a pu être établie.

LES TRAVAUX DE PIEUX

Les nouveaux pieux sont constitués d'une gaine métallique définitive qui assure le maintien du forage sur les parties supérieures, évite les surconsommations de béton et assure en phase de service une protection des pieux vis-à-vis de l'agressivité des eaux de la lagune.

Une des spécificités des travaux est le fait de les réaliser à proximité d'un ouvrage.

Aussi, pour ne pas créer de désordre sur les fondations avoisinantes, les gaines métalliques ne sont pas mises en œuvre par vibrofonçage comme usuellement mais par rotation au moyen de la foreuse.

Pour certains appuis, les nouveaux pieux sont proches du tablier et il est donc nécessaire de procéder au préalable à la démolition des débords de tablier, celui-ci se trouvant à l'aplomb des fondations à réaliser (figure 8). Ces débords de tablier sont ensuite reconstitués lors de la réhabilitation des superstructures. ▶



© C.VIGNA

10

11- Implantation des colonnes de jet-grouting sous pieu et tube de contrôle du carottage.

12- Opérations de jet-grouting depuis une plateforme provisoire.

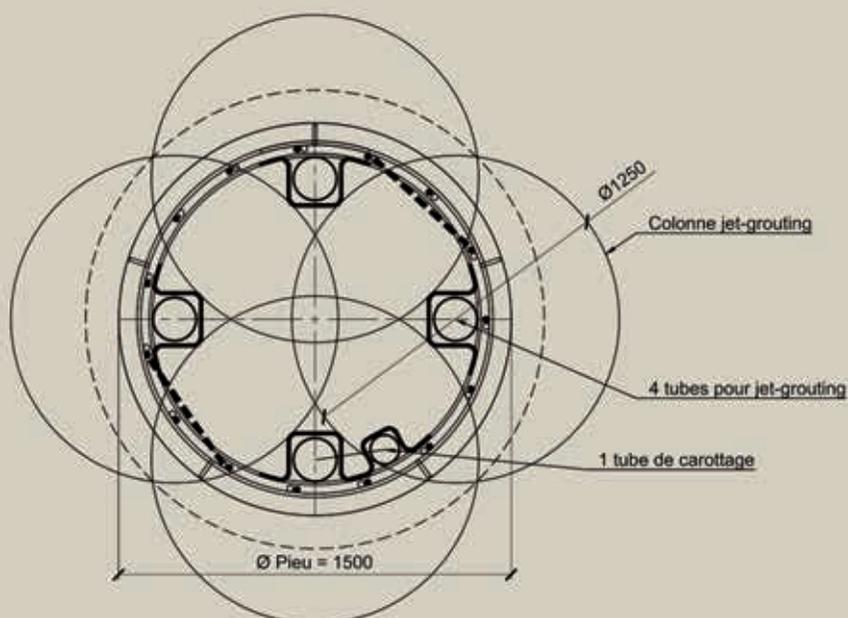
11- Location of jet-grouting columns under pile and core sampling test tube.

12- Jet-grouting operations from a temporary platform.

Une fois les premiers éléments de gaine métallique fichés dans le terrain, le forage progresse alternativement par vidage du tube au moyen d'un bucket et descente du tube. La gaine métallique est mise en œuvre par tronçon de 12 m avec enture en position par soudure. Une fois les couches de sable compact atteintes, la mise en œuvre de gaine métallique est arrêtée et le forage se poursuit classiquement sous fluide bentonitique.

Ces travaux sont réalisés depuis un ponton de 1 000 m² (figure 9) sur lequel évoluent une foreuse hydraulique Bauer BG40 équipée d'un kelly télescopique de 80 m et une grue de manutention Hitachi-Sumitomo SCX1500 avec une flèche treillis de 36 m. La boue de forage est fabriquée en rive Sud sur la zone d'installation générale (figure 10) et stockée dans des bacs sur le même ponton. La stabilité du ponton a été étudiée pour chacune des étapes de réalisation en modélisant le mouvement des engins ainsi que la répartition des charges fixes et d'exploitation, ce qui a guidé la conception même du ponton dans l'assemblage des différents modules. Comme évoqué précédemment, le courant dans la lagune peut être relativement puissant et il est pourtant nécessaire de garantir la stabilité du ponton pour assurer ces différentes opérations et une implantation à 15 cm près des pieux. Compte tenu du tirant d'eau et de la forte épaisseur de vases, un ancrage par pieds n'était pas envisageable : il a donc été retenu un ancrage par la mise en œuvre d'ancres à chaque coin du ponton, chacune étant associée à un treuil électrique sur le ponton. Une première implantation du ponton

IMPLANTATION DES COLONNES DE JET-GROUTING SOUS PIEU ET TUBE DE CONTRÔLE DU CAROTTAGE



se fait par le biais de ce système associé à l'action du bateau pousseur. Le réglage fin se fait ensuite au travers du guide de forage installé sur le ponton permettant d'assurer une implantation dans les tolérances requises. Après recyclage de la boue au moyen d'un dessableur installé sur le ponton

principal, la cage d'armatures est descendue par tronçons de 24 m. Celle-ci comprend quatre tubes de réservation pour réalisation des essais soniques puis des colonnes de jet-grouting ainsi qu'un tube supplémentaire permettant le contrôle de la qualité de réalisation de ces colonnes (figure 11).

Les éléments de tubes et de cages d'armatures ainsi que les déblais sont transportés entre la rive Sud et le ponton pieux par le biais d'une barge de 200 m² spécifiquement dédiée à cette logistique. Les opérations de bétonnage sont ensuite lancées. Une centrale de chan-





© SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS

13

tier dédiée est installée en berge Sud et permet d'assurer une cadence de production de 20 à 30 m³/h pour des volumes de bétonnage d'environ 140 m³.

DES COLONNES DE JET-GROUTING À -65 MÈTRES

Une fois les pieux d'une même demi-pile bétonnés, le ponton principal est déplacé sur la pile suivante. Les essais soniques sont réalisés une semaine après bétonnage du dernier pieu. Les opérations de jet-grouting prennent alors place. Deux configurations sont mises en œuvre : en fonction de l'avancement général de l'opération, les travaux de jet-grouting sont réalisés soit depuis une plate-forme métallique provisoire montée sur les pieux (figure 12) soit depuis la semelle

13- Foreuse de jet-grouting sur nouvelle semelle.

13- Jet-grouting drill on new foundation slab.

définitive protégée par un platelage bois (figure 13), ce qui a nécessité de faire remonter les 5 tubes de réservation à travers la semelle. L'opération consiste à réaliser 4 colonnes de jet-grouting d'une hauteur de 2,50 m sous la base du pieu. Le diamètre théorique attendu des colonnes est de 1,25 m. Une première colonne est d'abord réalisée sous chacun des 4 pieux d'une demi-pile. Après un temps de séchage d'une semaine environ, on procède au carot-

tage via le tube de réservation situé à distance du rayon théorique de la colonne afin de vérifier in situ l'atteinte du diamètre théorique de colonne ainsi que le bon contact entre le béton de pieu et la colonne de jet-grouting.

Une fois cette opération validée, il est procédé à la réalisation des trois autres colonnes de jet-grouting avec des temps d'attente entre colonnes contiguës.

Outre le diamètre, la résistance du jet-grouting est aussi un point de contrôle : pour assurer le transfert des charges entre pieu et colonnes, le jet-grouting doit avoir une résistance minimale de 10 MPa. Les résultats sur l'ensemble des piles, par contrôles sur carottages et spoils, montrent que cet objectif est atteint.

Les moyens employés sont les suivants :

- Une foreuse Klemm KR804 ;
- Une unité de fabrication de coulis Tecniwell TWM20 ;
- Une pompe haute pression Tecniwell TW400. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

- 56 pieux forés de diamètre 1,50 m et de profondeur 40 à 68 m
- Longueur forée totale : 3 030 m
- Béton : 6 000 m³
- Gaine métallique définitive : 2 800 m
- 224 colonnes de jet-grouting

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Ministère de l'Équipement et de l'Entretien Routier de Côte d'Ivoire

MAÎTRE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉ : Agence de Gestion des Routes (Ageroute)

AMO/CONCEPTION : Egis Jmi

MAÎTRE D'ŒUVRE TRAVAUX : Sgi/Setec tpi/Ietf sous-traitant Terrasol pour les fondations

ENTREPRISE : Groupement Eiffage Génie Civil/Spie Batignolles Fondations

ABSTRACT

NEW FOUNDATIONS FOR FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY BRIDGE IN ABIDJAN

FRANCK BRISSET, SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS - FRANÇOIS LOUVEL, SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS - LUDOVIC PICARD, EIFFAGE INFRASTRUCTURES

From the outset, an innovative design and construction processes that were bold at the time were employed for the Félix Houphouët-Boigny Bridge. Following on from this, to meet the constraints of work in a lagoon on an existing structure, the current renovation project uses an original combination of special foundation techniques applied in a maritime work environment. □

NUEVOS CIMIENTOS PARA EL PUENTE FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY, EN ABIYÁN

FRANCK BRISSET, SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS - FRANÇOIS LOUVEL, SPIE BATIGNOLLES FONDATIONS - LUDOVIC PICARD, EIFFAGE INFRASTRUCTURES

Desde su origen, el puente Félix Houphouët-Boigny puede presumir de un diseño innovador y de audaces procesos de realización para su época. En esta línea, para responder a las restricciones para operar en una construcción existentes en la laguna, la rehabilitación actual se basa en una original combinación de técnicas de cimentaciones especiales, aplicadas en un contexto de obras marítimas. □



1
© CÉDRIC HELSLY

UN QUAI ÉOLIEN À PORT-LA NOUVELLE

AUTEUR : ALEXIS SIGNALS, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE

ALORS QU'UN VENT DE TRANSITION ÉCOLOGIQUE SOUFFLE SUR LA FRANCE, UN QUAI ET DES TERRE-PLEINS VONT ÊTRE CRÉÉS, AU SEIN D'UN NOUVEAU BASSIN PORTUAIRE À PORT-LA NOUVELLE, AFIN D'OFFRIR LES INFRASTRUCTURES NÉCESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION ET LE MONTAGE D'ÉOLIENNES FLOTTANTES DANS LE CADRE D'UN PROJET PILOTE. SOLETANCHE BACHY FRANCE VA CONSTRUIRE CE QUAI EN PAROI MOULÉE, EN ÉTANT MANDATAIRE DU GROUPEMENT D'ENTREPRISES MENARD / BUESA / BUESA TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX / VINCI CONSTRUCTION MARITIME ET FLUVIAL / GTM SUD-OUEST TRAVAUX PUBLICS ET GÉNIE CIVIL / SDI, CHARGÉ DE LA RÉALISATION DU QUAI LOURD ET DES DRAGAGES ASSOCIÉS. CE VASTE CHANTIER A DÉBUTÉ EN SEPTEMBRE 2019 ET S'ÉTENDRA JUSQU'À MI-2021. SOLETANCHE BACHY FRANCE CONFIRME AINSI SA CONTRIBUTION À L'EXPERTISE PORTUAIRE MONDIALE DU GROUPE SOLETANCHE BACHY, RASSEMBLÉE DEPUIS 2019 SOUS LA MARQUE FORSHORE, EN UTILISANT AVEC SUCCÈS DEUX DES QUATRE PILIERS DE LA MARQUE : LA CONCEPTION ET LA CONSTRUCTION EN ENTREPRISE GÉNÉRALE.

DE FORTS ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Le projet d'extension du port est situé dans un contexte riche sur le plan naturel se traduisant par plusieurs zonages environnementaux (ZNIEFF, Natura 2000, réserve naturelle de Sainte-Lucie). Le chantier se situe à l'interface de plusieurs milieux sensibles :

→ Au niveau maritime : la mer Méditerranée, le chenal et l'étang de Bages-Sigean ;

→ Au niveau terrestre : les installations portuaires classées Seveso, les salins au nord et une zone neutralisée pour conserver la nidification de certaines espèces volatiles en plein cœur du chantier.

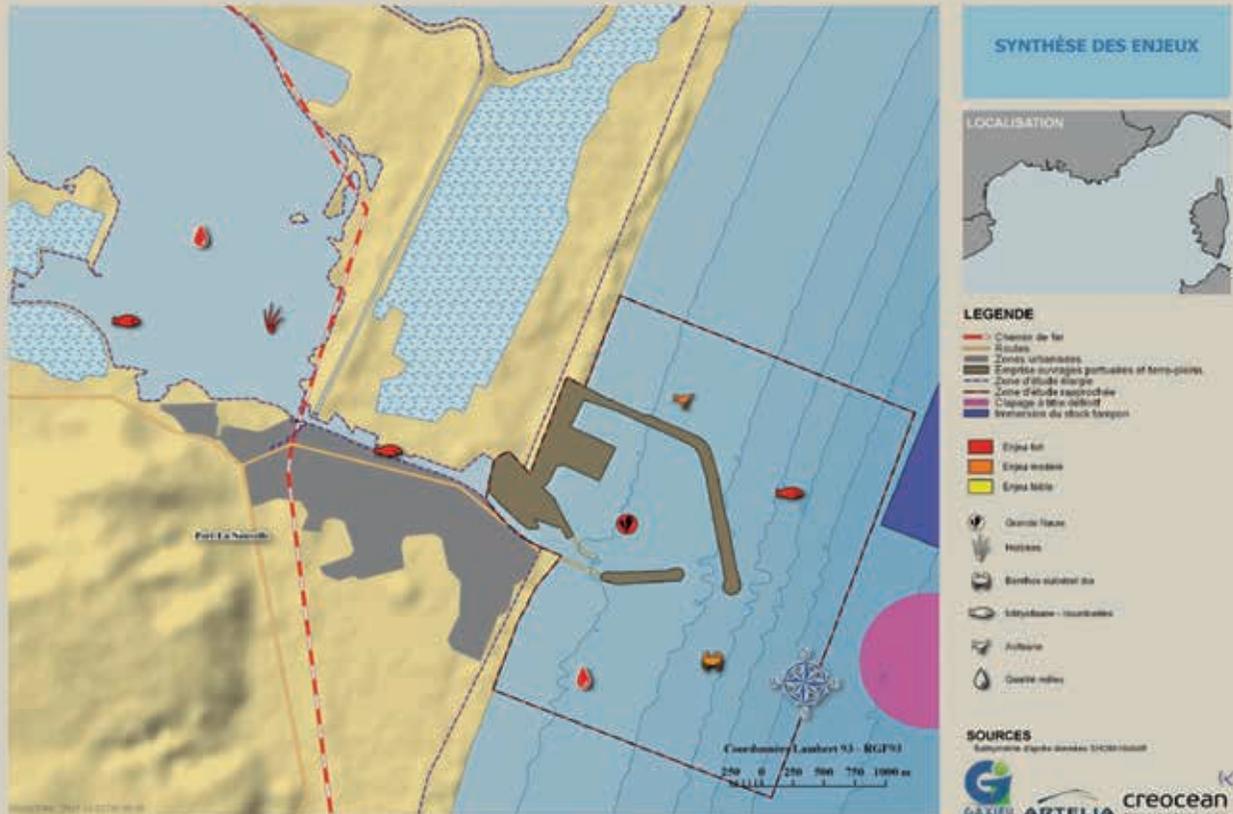
Les enjeux les plus forts sont concentrés au niveau de la lagune de Bages-Sigean, des salins, et au niveau du chenal et de la zone marine. Ils sont liés essentiellement à la flore lagunaire (herbiers), à la présence d'habitats essen-

1 - Vue d'ensemble des travaux.

1 - Overall view of the works.

tiels pour les poissons au niveau de la lagune et de la mer et à la présence de l'espèce protégée de la Grande Nacre dans la zone marine. La qualité physique des milieux qui est à préserver constitue également un enjeu fort indirect sur les écosystèmes (figure 2). Afin de respecter ces importants enjeux environnementaux, le projet a été organisé en conséquence. Le maître d'ouvrage a mandaté un coordinateur environnemental en charge du suivi de

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET D'EXTENSION DU PORT



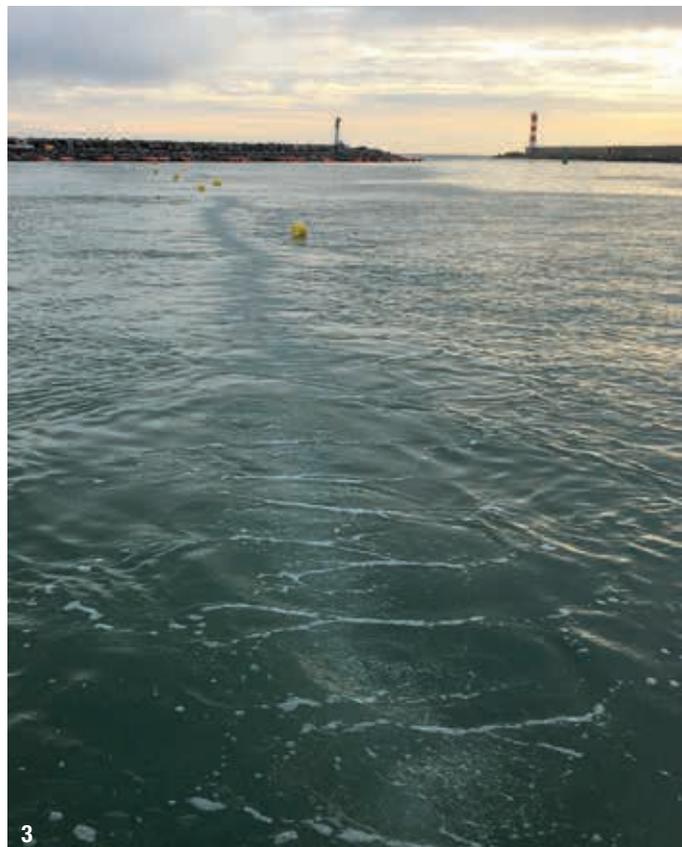
© REGION OCCITANIE

2

2- Enjeux environnementaux du projet d'extension du port.
3- Rideau de bulles.

2- Environmental challenges of the port extension project.
3- Bubble curtain.

l'exécution des travaux et de la liaison avec le maître d'ouvrage et un comité de suivi scientifique. Du côté des entreprises du groupement, un référent environnement est nommé pour la durée des travaux afin d'interagir avec le coordinateur environnemental sur tous les sujets environnementaux. Une démarche "chantier vert" est adoptée par chaque entreprise intervenante et soulignée par la signature d'une charte environnementale. Cette charte rappelle de manière visuelle et succincte les enjeux du chantier et les mesures préventives que le



3

© SOLETANCHE BACHY

groupement s'engage à respecter. Ce chantier a aussi été choisi par Soletanche Bachy France pour tester une mesure innovante de limitation de la turbidité vers le chenal, lien primordial entre la mer et l'étang. Un rideau de bulles est installé, lesté sur les fonds marins, entre la zone chantier et le chenal d'entrée. En complément de la réduction des niveaux sonores que l'écran de bulles entraîne, la barrière souple de bulles qui remontent de façon continue de l'eau vers la surface (figure 3) génère un contre-courant permettant de limiter la diffusion de matières en suspension vers le chenal.

DÉBUT DES TRAVAUX

Les travaux ont débuté dès juillet 2019 avec une campagne de reconnaissance géotechnique complémentaire. Celle-ci a permis à Soletanche Bachy France d'affiner les études d'exécution du quai en paroi moulée tirantée sur un rideau arrière composé de pieux acier (figure 4). Le bureau d'études interne de Soletanche Bachy France était attentif à la prise en considération de la couche d'argile prévisible.

Les essais complémentaires composés de sondages pressiométriques et carottés ont permis de confirmer les horizons argileux et leur profondeur. La paroi moulée sera fichée à environ 25 m de profondeur, mais un ancrage partiel sous la couche d'argile sera nécessaire. En effet, en raison des charges d'exploitation, d'accostage et d'amarrage, ainsi que des charges hydrauliques, une couche compressible sous la base de la paroi moulée aurait induit, en phase d'exploitation, des tassements trop importants. La technique choisie est une paroi en jambes de pantalon permettant un ancrage jusqu'à 1,5 m sous la couche d'argile. L'emplacement du futur quai et des

terre-pleins associés était jusqu'alors la plage d'amortissement du port de Port-la Nouvelle. Peu à peu, un fond vasard s'est créé sur cette plage. En prenant possession des lieux, Buesa Travaux Maritimes et Fluviaux et Vinci Construction Maritime et Fluvial ont alors retiré les sables vasards au droit de la paroi moulée et des terre-pleins les plus chargés. Pour cela, une pelle mécanique positionnée sur ponton a transféré les matériaux de faible qualité dans un chaland fendable chargé de les claper au large. Cela représentait 20 000 m³ de matériaux dragués, transportés, puis clapés lors de 125 allers-retours de barge. Cette opération a nécessité un suivi écologique

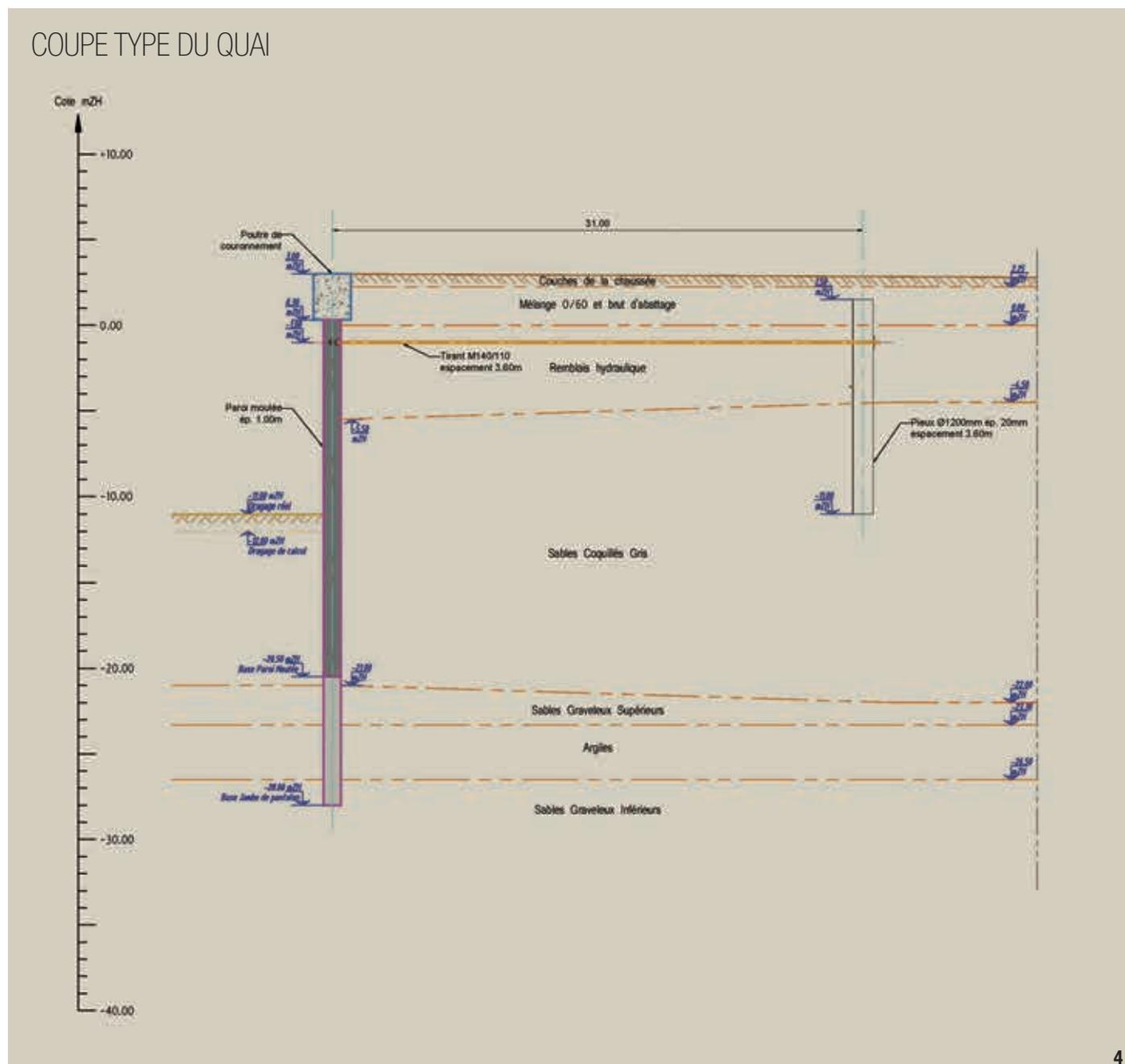
poussé. Un rideau anti-MES, pour limiter la diffusion des matières en suspension, a été installé pendant les travaux. Un contrôle de la qualité de l'eau a été pris en charge à la fois par l'entreprise et par le coordinateur environnemental via un suivi en continu de la turbidité de l'eau du chenal. L'objectif étant de limiter la diffusion d'un panache turbide vers le chenal, puis vers l'étang. Les travaux ont pu être adaptés en

fonction de l'évolution des mesures. Une digue provisoire a ensuite été construite en remblai terrestre avec des enrochements de protection anti-batillage et anti-houle (figure 5). Environ 25 000 m³ de matériau d'apport de carrière ont été nécessaires pour construire cette digue. Le choix du matériau devait respecter deux critères fondamentaux : permettre la stabilité de la digue en phase d'exécution des travaux, et présenter une granulométrie continue permettant la bonne exécution de l'excavation de la paroi moulée sous fluide bentonitique. Cette digue fait aussi office de digue d'enclosure pour un remblai hydraulique exécuté à partir de décembre 2019. Une drague aspiratrice

4- Coupe type du quai.

4- Typical cross section of the quay.

COUPE TYPE DU QUAI





5

© CÉDRIC HELSLY

stationnaire récupère des sables marins au large pour les déverser sur l'ancienne plage d'amortissement du port. Environ 145 000 m³ de sable marin très fin (98 % d'éléments sous 0,2 mm) ont été dragués pour ce remblai. Ces travaux maritimes en conditions difficiles de temps et de houle à cette période de l'année ont permis de préparer la plate-forme nécessaire aux travaux de paroi moulée, plate-forme qui doit être traitée par vibrocompactage. Soletanche Bachy France a mis en

5- Benne hydraulique de type KS.
6- Travaux sur la digue provisoire.

5- KS type hydraulic bucket.

6- Work on temporary breakwater.

œuvre un traitement de la digue provisoire avant excavation de la paroi moulée. Ce traitement consiste en une injection gravitaire d'un coulis de bentonite/ciment (C/E de 0,25). L'objectif est d'éviter des hors-profils pouvant entamer les gabarits nautiques des futures embarcations et de s'affranchir des infiltrations vers le milieu naturel. C'est ainsi que 200 forages de 4 à 8,50 m de profondeur ont été réalisés jusqu'à la base de la digue provisoire. Cet écran étanche au-devant du quai

étant complété, l'excavation de la paroi moulée pouvait débuter.

UNE PAROI MOULÉE EN JAMBES DE PANTALON

Dans les terrains meubles de Port-la-Nouvelle, une benne hydraulique type KS est l'outil de perforation idéal (figure 6). Afin de réaliser les 284 m de quai, Soletanche Bachy France a découpé la paroi moulée en 40 panneaux d'épaisseur 1,00 m et jusqu'à 7,2 m de longueur. ▷



6

© CÉDRIC HELSLY



7
© CÉDRIC HELSLY

La plupart des panneaux seront forés en 2 passes (et un merlon) avec la benne de 2,8 m de longueur. Celle-ci est aussi utilisée pour le forage de la jambe de pantalon au niveau du merlon de chaque panneau (figure 7). Néanmoins, pour 8 unités, les panneaux seront plus courts et sans jambe de pantalon. En phase d'exécution, les opérateurs consignent les profondeurs de la couche d'argile sur chaque panneau. La géologie retenue dans les études d'exécution a ainsi pu être confirmée in situ pour validation de la solution retenue.

Le soutènement est ferrailé jusqu'à la fiche mécanique, alors que la jambe de pantalon ne reprenant que des efforts de portance ne l'est pas. Les panneaux de 7,2 m de longueur sont équipés de deux cages d'armatures, chacune mesurant 2,85 m de longueur par 0,85 m d'épaisseur (figure 8). Les armatures sont reçues coupées et façonnées sur le site afin d'y être assemblées (figure 9). Ce n'est pas moins de 80 cages qui ont été montées sur place par une équipe d'une douzaine de personnes. Une boîte à rotule est insérée dans chaque cage (hauteur allant jusqu'à 24 m et poids jusqu'à 10 t). Cette boîte recevra le filetage forgé refoulé du tirant d'ancrage passif qui sera liaisonné au pieu acier battu du rideau arrière, formant ainsi le système d'ancrage de la paroi moulée. Chaque cage d'armature est levée et équipée au moyen d'une grue de manutention dans le panneau dont le fluide de forage a été auparavant desablé dans la centrale de traitement de boue capable de gérer jusqu'à 270 m³/h (figure 10). Le bétonnage se déroule de bas en haut, sous le fluide bentonitique, par le biais de colonnes

maintenues immergées dans le béton (figure 11). Deux centrales à béton se sont relayées et une trentaine de rotations de toupies par jour ont été nécessaires pour tenir les cadences importantes. De classe XS3 et de résistance C35/45, le béton a été formulé spécifiquement avec des caractéristiques d'ouvrabilité et de rhéologie permettant une mise en œuvre d'un volume pouvant aller jusqu'à 220 m³ par panneau. L'utilisation d'un ciment CEM V permet de produire un béton bas carbone (teneur en clinker limitée) qui rentre dans la logique à la fois de Soletanche Bachy (réduire son impact environnemental) et du client (exécuter un chantier vert).

7- Excavation en cours.

8- Cages d'armatures.

7- Excavation in progress.

8- Concrete reinforcing cages.

Parallèlement, la future plate-forme utile de 7 hectares remblayée fait l'objet d'une amélioration de sol. Les équipes de Menard ont choisi le vibrocompactage du sable de remblai afin de respecter le cahier des charges

(figure 12). L'aiguille vibrante réalisera plus de 2000 impacts afin d'obtenir un module de sol au-dessus de 20 MPa et une densité relative moyenne supérieure à 70%. La maille de traitement de 4 m par 4 m a permis de surpasser les objectifs avec un module œdométrique au-delà de 40 MPa.

Les prochains travaux débuteront par la poutre de couronnement, exécutée par Gtm Sud-Ouest Travaux Publics et Génie Civil, coiffant la paroi moulée qui viendra rigidifier cette dernière. Plus de 200 t d'acier formeront le ferrailage de cette poutre qui doit reprendre en partie les efforts d'amarrage et d'accostage. Des inserts seront installés simultanément aux cages d'armature pour y fixer



8

© CÉDRIC HELSLY



9
© CÉDRIC HELSLY

les bollards, défenses et échelles de quai. La poutre de largeur 2,2 m et de hauteur 2,7 m sera bétonnée par plots avec des joints de type tenon-mortaise pour assurer la liaison.

ANCRAGE DU QUAÏ ET REMBLAIEMENT DU TERRE-PLEIN

Les travaux restants se suivront de manière intense afin de respecter les délais de livraison du quai.

9- Soudure des armatures.

10- Centrale de traitement des boues de forage.

9- Rebar welding.

10- Drilling sludge treatment plant.



10
© CÉDRIC HELSLY

Le terrassement, réalisé par Buesa sous rabattement de nappe, permettra d'atteindre la côte altimétrique de pose des tirants d'ancrage. Les pieux du rideau arrière seront vibrofoncés à l'avancement du terrassement. Il s'agit de pieux acier de diamètre 1 200 mm, d'épaisseur 20 à 22 mm et ancrés à -11 mZH dans les sables coquillers. Une fois les pieux battus par Vinci Construction Maritime et Fluvial, Soletanche

Bachy suivra en installant les tirants d'ancrage. L'entraxe des tirants sur la paroi moulée sera de 3,6 m. L'extrémité refoulée sera insérée dans la boîte à rotule, incluse au préalable dans le ferrailage de la paroi moulée avant bétonnage, qui sera découverte à la côte altimétrique -1 mZH (figure 13). Chaque unité de diamètre 90 à 115 mm est formée de deux éléments pour un ensemble de 31 m de longueur. ▷

TÉMOIGNAGE DE LA MAÎTRISE D'OUVRAGE

La Région Occitanie réalise un ambitieux projet d'extension portuaire à Port-la-Nouvelle. Une enveloppe travaux de 241 M€ HT est allouée à ce projet lancé en travaux depuis l'été dernier. Les travaux ont été attribués sous la forme de 5 lots dont le lot 2, pour 30 M€ HT, comprenant la construction d'un nouveau quai lourd de 250 m de long, la création de 7 ha de terre-pleins attenants, ainsi que les opérations de dragage (2 millions de m³) permettant la réalisation du nouveau chenal d'accès au port et au nouveau quai. Un groupement d'entreprises polyvalent regroupant de nombreuses compétences a été retenu pour ce lot, il réunit les entreprises Soletanche Bachy France - Menard - Buesa - Buesa Travaux Maritimes et Fluviaux - Société de Dragage International - Vinci Construction Maritime et Fluvial - Gtm Sud-Ouest Travaux Publics et Génie Civil ; celles-ci doivent aujourd'hui relever un double défi.

→ **Premier défi** : savoir réaliser ces travaux de haute technicité dans un environnement complexe ; le maintien de l'exploitation du port existant voisin du chantier reste en effet prioritaire et les contraintes environnementales imposées au chantier sont nombreuses. De multiples paramètres environnementaux, à la fois physiques (eau, air, bruit, trait de côte) et biologiques (faune terrestre, marine, stock halieutique...) doivent être continuellement suivis et les divers seuils d'alerte, déterminés en concertation avec les scientifiques, scrupuleusement respectés. L'impact du chantier doit être neutre pour l'environnement, certains dispositifs innovants pour la protection de l'environnement rendent même ce chantier vertueux !

→ **Second défi** : être au rendez-vous du démarrage des activités éoliennes pour la livraison du quai. En effet, ce nouveau quai doit permettre d'accueillir les prochaines opérations de construction et d'assemblage des fermes pilotes d'éoliennes en mer flottantes qui doivent

être installées au large de Gruissan et de Leucate/Barcarès. Le projet d'extension portuaire et de ses nouvelles infrastructures est ainsi mené en lien étroit avec les deux consortiums attributaires des fermes pilotes. Ainsi, ce futur quai lourd offrira 200 m de bord à quai à 11 m de tirant d'eau, ainsi que des capacités portantes sur les terre-pleins qui pourront atteindre jusqu'à 15 t/m² en bord à quai, voire localement 30 t/m² pour les besoins du matériel de levage qui sera utilisé pour le montage des mâts, turbines et pales des éoliennes. La région Occitanie contribue ainsi à l'expérimentation d'une nouvelle technologie liée à l'éolien flottant. Chaque ferme comprendra trois éoliennes, chacune de 10 MW l'unité, raccordées entre elles et connectées à la terre au moyen d'un câble sous-marin.

Ce chantier maritime de très grande envergure exige de la part de l'équipe de maîtrise d'ouvrage un important travail de coordination entre les divers acteurs du chantier : entreprises, maître d'œuvre, CSPPS, écologues, services de l'État, œuvrent tous à la réussite de ce chantier dont les perspectives vont au-delà de la mise en service des fermes pilotes, puisque la région se prépare et s'organise dès à présent pour être en capacité d'accueillir les activités liées aux futures fermes commerciales d'éoliennes flottantes d'Occitanie. Le projet d'extension portuaire de Port-la-Nouvelle s'inscrit pleinement dans le nouveau modèle économique pour la transition écologique (Green New Deal) enclenché par la région Occitanie qui vise à devenir la première région à énergie positive (REPOS) à l'horizon 2050 !

VALÉRIE ROUQUIER - RÉGION OCCITANIE - DIRECTION DE LA MER
RESPONSABLE DU SERVICE MAÎTRISE D'OUVRAGE PORTUAIRE



11 © CEDRIC HELSLY

L'autre extrémité du tirant sera articulée au niveau des tubes par une rotule sphérique ancrée dans un bouchon béton permettant d'éviter le voilement du pieu arrière.

Le système d'ancrage du quai est ainsi complété pour permettre le remblaiement compacté par passe entre les deux rideaux.

Menard réalisera des colonnes à module contrôlé au niveau de la zone la plus chargée (30 t/m²). La surface de 1 600 m² sera renforcée par environ 400 colonnes afin d'accueillir des grues sur patins et sur chenilles pour l'exploitation du quai éolien. La plateforme remblayée et améliorée, soit par vibrocompactage, soit grâce aux colonnes à module contrôlé, sera livrée à d'autres lots de travaux en charge de la réalisation de la voirie et des divers réseaux.

DRAGAGES

Suite à diverses analyses in situ des fonds marins, des sédiments contaminés principalement aux hydrocarbures seront retirés par Buesa travaux Maritimes et Fluviaux et Vinci Construction Maritime et Fluvial. La technique d'extraction retenue, demandant une précision accrue et un contrôle par GPS, est un retrait par pelle mécanique long bras sur ponton dit dipper. Afin de répondre aux exigences environnementales du projet, des modes opératoires spécifiques, des contrôles et moyens de prévention sont mis en place lors des différentes étapes. Lorsque la pelle drague les matériaux, un barrage anti-MES est placé autour de celle-ci, ancré sur le ponton. Un contrôle régulier de la turbidité est assuré par l'entreprise. Les sédiments sont récupérés par un godet équipé d'un clapet de fermeture

11- Bétonnage en cours.

12- Vibrocompactage du terre-plein.

13- Boîte à rotule insérée dans la cage d'armatures de la paroi moulée.

11- Concreting in progress.

12- Vibratory compaction of the earth platform.

13- Ball joint casing inserted in the diaphragm-wall concrete reinforcing cage.

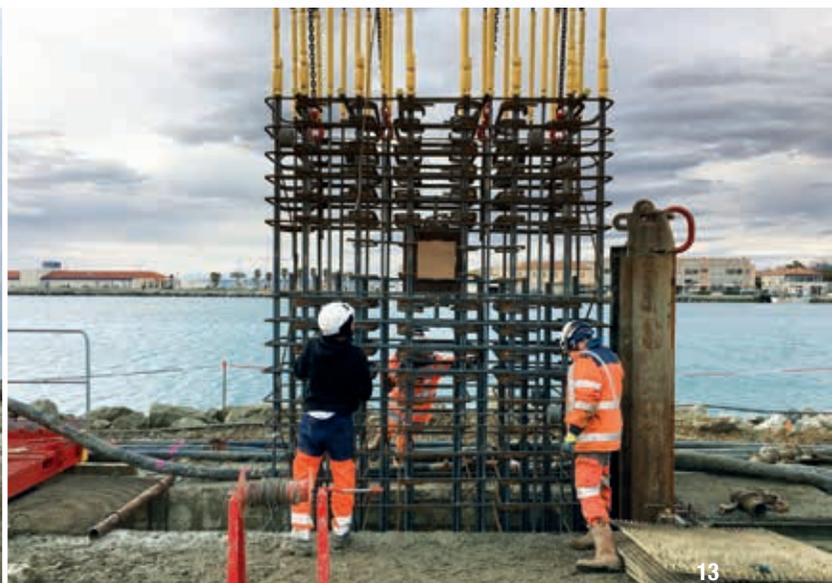
fabriqué sur mesure. Ce dispositif permet d'éviter la dispersion de matières en suspension. Un clapet, dont l'étanchéité aux matériaux est contrôlée en phase d'exécution, transporte les sédiments contaminés jusqu'à leur quai de déchargement. Ils seront stockés dans une zone de confinement étanchée de manière durable. Le principe est d'englober les sédiments dans une couverture composée de géotextile et géomembrane thermo-soudée pour assurer son étanchéité. Avant la fermeture de l'étanchéité de couverture, un ressuyage complet des matériaux est requis. Des tests sur les eaux de ressuyage permettront à l'entreprise Buesa de les traiter de manière adéquate avant leur rejet.

Suite à l'enlèvement des quelque 21 000 m³ de sédiments contaminés, la drague aspiratrice en marche



12

© SOLETANCHE BACHY



13

© SOLETANCHE BACHY



14

© CÉDRIC HELSLY

de Société de Dragage International prendra possession du plan d'eau pour assurer les dragages en bord à quai, dans le chenal et la nouvelle passe d'entrée du port (figure 14). Ce ne sont pas moins de 1 000 000 de m³ de matériaux qui seront dragués,

14- Vue du plan d'eau.

14- View over the water.

afin de permettre l'arrivée d'embarcations nautiques au tirant d'eau pouvant aller jusqu'à 14,5 m. Le retrait devra être précis aux alentours des digues de la passe d'entrée, du bord à quai, ou encore des talus de protection créés. Les périodes de dragage ont été étudiées dès la phase d'appel d'offres pour ne pas intercepter les périodes de montaison et dévalaison des civelles, larves de l'anguille européenne qui est menacée d'extinction. De plus, les

techniques de dragage sont adaptées selon les zones de travail pour limiter au maximum l'extension de panache turbide, afin de ne pas affecter les milieux sensibles de la lagune de Bages-Sigean. Alors que les premiers travaux de mise en œuvre des voiries sont prévus en fin d'année 2020 pour débiter la préparation et l'installation des opérateurs éoliens, le quai "colis lourds" et les dragages associés seront terminés au deuxième trimestre 2021. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

DIGUE PROVISOIRE : 25 000 m³

PAROI MOULÉE :

- Longueur : 284 m
- Béton : 8 000 m³
- Acier : 700 t

POUTRE DE COURONNEMENT :

- Béton : 1 700 m³
- Acier : 235 t

TIRANTS : 75 unités de 31 m

PIEUX : 75 unités (diamètre 1 200 mm)

DRAGAGES :

- 21 000 m³ de sédiments contaminés à extraire
- 1 685 000 m³ de matériaux à retirer en grande masse

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Région Occitanie

ASSISTANT MAÎTRE D'OUVRAGE : Arac Occitanie

MAÎTRE D'ŒUVRE : Artelia Eau & Environnement / Gaxie

CSPS : Dekra Industrial

COORDINATEUR ENVIRONNEMENTAL : Suez Consulting (mandataire) / Seaneo / Ecomed / Ramboll / Venathec / Chorus acoustique / Ecocean

ENTREPRISES : Soletanche Bachy France (mandataire) / Menard / Buesa / Buesa Travaux Maritimes et Fluviaux / Vinci Construction Maritime et Fluvial / Gtm Sud-Ouest Travaux Publics et Génie Civil / Société de Dragage International

ABSTRACT

A WIND TURBINE QUAY AT PORT-LA NOUVELLE

ALEXIS SIGNALS, SOLETANCHE BACHY FRANCE

As part of the port extension work at Port-la Nouvelle, Soletanche Bachy France is the leader of a consortium to construct a diaphragm wall quay anchored to a rear screen by means of passive tie anchors. The quay, 284 m long, will be completed by a platform of useful area 7 ha, treated by vibratory compaction or strengthened by Controlled Modulus Columns. The project is performed complying with the environmental context of the project, particularly in the dredging work needed for port operation and in loading the floating wind turbines which will be assembled on-site. □

UN MUELLE EÓLICO EN PORT-LA NOUVELLE

ALEXIS SIGNALS, SOLETANCHE BACHY FRANCE

En el marco de la ampliación del puerto de Port-la Nouvelle, Soletanche Bachy France, a la cabeza de un consorcio de empresas, está construyendo un muelle de pantalla de hormigón anclado a una pantalla posterior mediante tirantes pasivos. De 284 m de longitud, se completará con una plataforma útil de 7 ha, tratada por vibrocompactado o reforzada mediante columnas de módulo controlado. La obra se está ejecutando respetando el contexto medioambiental del proyecto, en especial en los dragados necesarios para la explotación del puerto y la carga de las turbinas eólicas flotantes, que se ensamblarán in situ. □

MONACO - URBANISATION EN MER - ANSE DU PORTIER - INSTALLATION DES CAISSONS

AUTEURS : ANTOINE RENAUD, DIRECTEUR DE PROJET, EIFFAGE GÉNIE CIVIL MARINE -
EMMANUEL BERGER, DIRECTEUR DE TRAVAUX, EIFFAGE GÉNIE CIVIL MARINE

DANS LE CADRE DE LA CRÉATION D'UN NOUVEL ÉCO-QUARTIER DE 6 ha EN AVANCÉE SUR LA MER, EIFFAGE GÉNIE CIVIL MARINE ÉTAIT EN CHARGE DU TRANSPORT DEPUIS MARSEILLE ET DE L'INSTALLATION À MONACO DES 18 CAISSONS EN BÉTON ARMÉ D'ENVIRON 10 000 t CHACUN CONSTITUANT LA CEINTURE DE CETTE EXTENSION. LES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DRASTIQUES AINSI QUE LA PROXIMITÉ DU CŒUR DE VILLE DE MONACO ONT DICTÉ LES MÉTHODES D'EXÉCUTION. DE FAIT, CES TRAVAUX ONT ÉTÉ RÉALISÉS EXCLUSIVEMENT PAR VOIE MARITIME ET ONT NÉCESSITÉ LA MOBILISATION D'UNE FLOTTE DE 17 UNITÉS MARITIMES.



© BOUYGUES TP MC

INTRODUCTION

Pour étendre son territoire enclavé de la Côte d'Azur, Monaco n'a pas d'autre choix que de gagner du foncier sur la mer. Coutumière de cette technique (plusieurs extensions ont déjà été réalisées et notamment le quartier

de Fontvieille entre 1966 et 1973), la Principauté signe à travers le projet d'extension en mer de l'Anse du Portier (et récemment baptisé Mareterra) un nouveau défi technique d'envergure. L'emplacement choisi pour créer ce nouvel éco-quartier de 6 ha redessi-

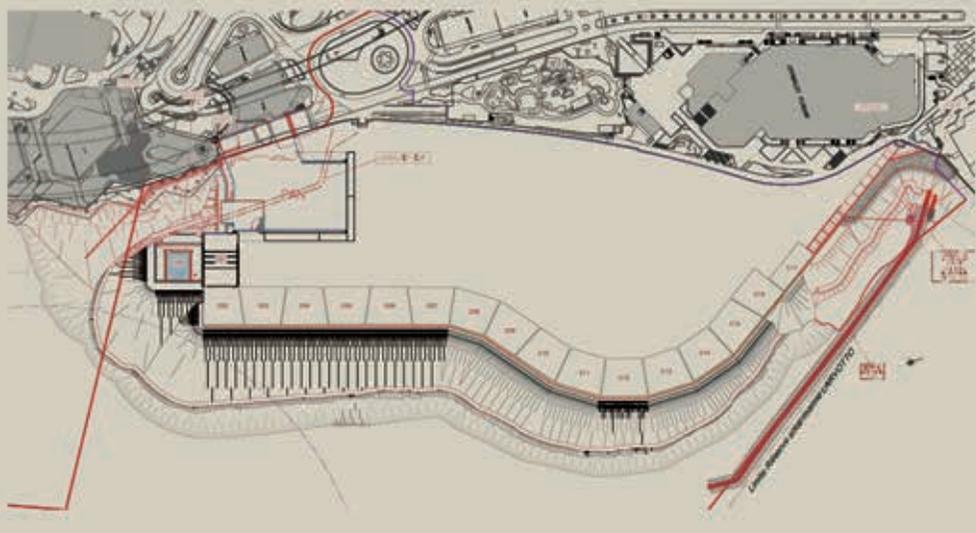
1- Ceinture de caissons terminée - Monaco.

1- Complété caisson protective belt - Monaco.

nant le littoral monégasque présente, en effet, des contraintes techniques à plus d'un titre !

D'un point de vue géomorphologique tout d'abord avec la présence de tombants atteignant des profondeurs de plus 50 m à seulement quelques

PLAN MASSE DE LA CEINTURE DE CAISSONS



© ANSE DU PORTIER

dizaines de mètres de la côte. La réalisation d'une plateforme nécessite ainsi la création d'une digue d'enclosure en caissons (ou ceinture) aux proportions titanesques en comparaison à la superficie gagnée sur la mer : 1 500 000 t de remblai 20-180 mm pour la digue d'assise et 18 caissons en béton armé de 10 000 t en moyenne (30 m de côté et 25 m de hauteur soit l'équivalent d'un immeuble de 8 étages pour chaque caisson).
D'un point de vue environnemental d'autre part, avec l'existence de part

2- Plan masse de la ceinture de caissons.

3- Coupe type de la ceinture de caissons.

2- Layout plan of the caisson protective belt.

3- Typical section of the caisson protective belt.

et d'autre du projet de deux réserves naturelles sous-marines (Réserves du Larvotto au nord et Tombant des Spélugues au sud) où nichent une faune et une flore extrêmement sensibles et protégées. Ces zones, en limite directe du chantier, sont interdites aux mouillages et à la navigation et ne tolèrent aucune perturbation en termes de luminosité et de transparence des eaux.
Enfin, la densité de la ville de Monaco et son infrastructure routière excluant totalement les approvisionnements massifs par voie terrestre, tout devait transiter

par la mer. De même, aucune installation de chantier sur site n'était possible. La base marine, point logistique charnière entre le terrestre et le maritime, a dû être délocalisée au port de Fontvieille soit à plus de 1,5 mile nautique du site et l'aire de préparation du matériel (Fos-sur-Mer) se situait à près de 176 miles nautiques des côtes monégasques. C'est dans ce contexte très contraignant que les équipes d'Eiffage Génie Civil Marine, en sous-traitance de Bouygues Travaux Publics, entreprise générale titulaire du lot Infrastructure Maritime, ont œuvré pendant près de 3 ans (2017 à 2020) pour préparer, transporter et installer les 18 caissons en béton armé constituant la ceinture de la plateforme puis sécuriser l'ouvrage en réalisant la carapace en enrochement de tous les talus du remblai d'assise des caissons (RAC). À noter qu'Eiffage Génie Civil Marine participait également à la réalisation des digues de fermeture de part et d'autre de la ceinture (digue du Fairmont et digue du Larvotto) représentant ainsi une part significative du projet. Cet article se concentre uniquement sur les travaux d'installation des caissons et de la carapace en enrochement du RAC.

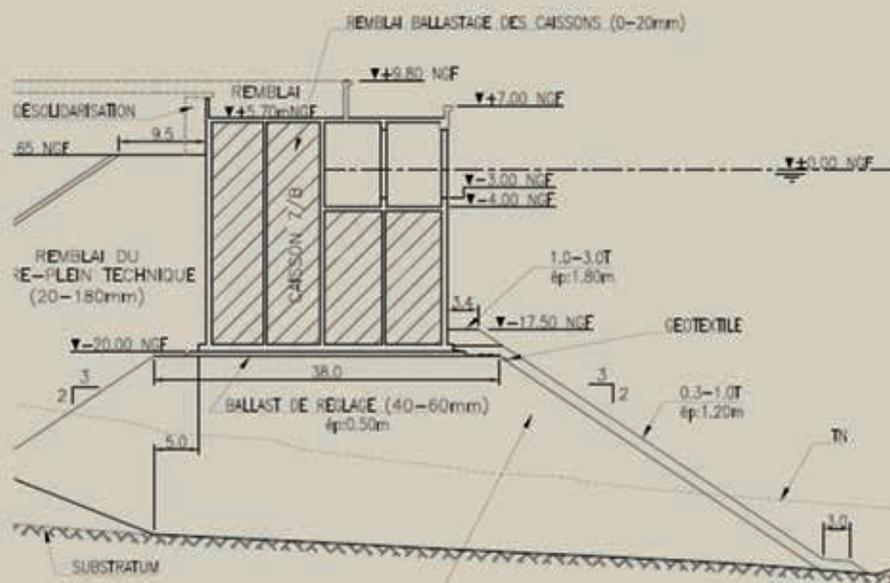
PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

La plateforme de 6 ha est ceinturée par une digue à caissons (figure 2). Les 18 caissons en béton armé sont de forme variable (9 types différents) et sont numérotés de 00 à 17.

En coupe (figure 3), les caissons sont posés à -20 m NGF sur une fine couche de ballast en 20/40 mm (épaisseur nominale de 50 cm). Le remblai d'assise des caissons (RAC) formant la digue sous-marine est constitué de matériau 20-180 mm vibrocompacté reposant directement sur un substratum rocheux allant jusqu'à -50 m NGF. La protection du talus sous-marin du RAC est garantie par une carapace en enrochement de 2 catégories 0,3/1 t et 1/3 t. Les enrochements en partie haute du talus ont également pour rôle d'assurer l'anti-affouillement en pied des caissons.

En partie haute des caissons et face mer, des chambres Jarlan sont intégrées pour absorber l'énergie de la houle. Le ballastage solide à l'intérieur des caissons est toute hauteur pour les cellules côté terre et s'arrête au niveau des dalles inférieures des chambres Jarlan côté mer. La figure 1 présente une vue aérienne de l'ouvrage avec les 18 caissons posés.

COUPE TYPE DE LA CEINTURE DE CAISSONS



© ANSE DU PORTIER

3



4

© EIFFAGE

DES CONTRAINTES " OFFSHORE " EN ZONE URBAINE

À Monaco, la place manque aussi bien sur terre que sur mer. Une approche logistique et organisationnelle s'apparentant aux projets orientés offshore était nécessaire pour assurer le bon déroulement de ce chantier hors normes :

- Tous les travaux maritimes ont été priorités à l'extérieur de Monaco lorsque cela était possible. Entre autre :
 - Toute la préparation des caissons pour le remorquage et l'installation des 18 caissons a été décentralisée à Marseille dans l'enceinte du

Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) ;

- La totalité des approvisionnements en matériel a été réalisée par voie maritime en provenance de Nice (12000 t de ballast 20/40 mm) et La Seyne-sur-Mer (350000 t de sable 0/20 mm), avec des moyens spécifiques dédiés ;
 - Tous les armements et préparations de l'ensemble des pontons (ponton/grue et pontons de transport) et des outils provisoires (niveleur de ballast notamment) à Fos-sur-Mer ou en Italie.
- Le site ne comportait aucun accès direct par voie terrestre avant la réalisation des remblais de la plate-

4- Nivellement des assises - Monaco.

5- Schéma de principe du nivellement sous-marin.

4- Foundation levelling - Monaco.

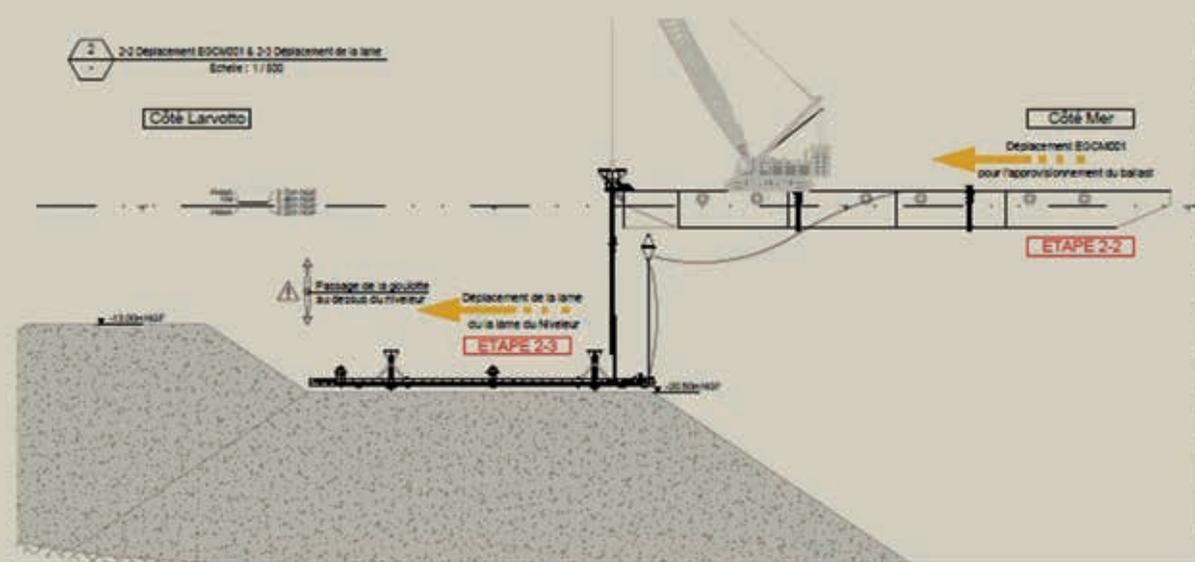
5- Schematic diagram of under-sea levelling.

personnel sur les pontons s'effectuait par des navettes de transport dédiées. Tous les petits approvisionnements (petit matériel, consommables, accastillages, appareils divers) transitaient par cette base marine et devaient être chargés sur des remorqueurs multicats avant d'être livrés sur site.

- Toute la pose des caissons s'est faite en condition de mer ouverte donc fortement exposée à la houle sans port de repli dédié.
- Le taux d'occupation du port Hercule ne permettait pas d'assurer un abri permanent pour la flotte du projet en cas de mauvaise météo. Les autres ports de la région étant

forme. L'accès unique au chantier était réalisé depuis une base marine au port de Fontvieille à 1,5 mile nautique jusqu'à la création de la plateforme. La mobilisation du

SCHÉMA DE PRINCIPE DU NIVELLEMENT SOUS-MARIN



5

© EIFFAGE



© EIFFAGE
6

également fortement impactés par la croisière et le yachting, aucune solution pérenne de repli dans un site dédié n'a pu être mise en place. Ainsi, pour chaque événement météo, un repli était organisé dans les différents ports de la région en fonction du nombre de places disponibles. Les temps de repli des unités marines (pouvant atteindre une dizaine de pontons) dépendent de la distance du port d'accueil, une anticipation des replis météo était impérative car la décision de repli devait nécessairement être prise en cohérence avec le délai de démobilitation. Sur les deux hivers 2018/2019 et 2019/2020, c'est plus de 20 replis météo qui ont été organisés dans 7 ports différents dont certains étaient à plus de 100 miles nautiques.

Pour limiter ces temps de repli à amplitude variable, des mouillages temporaires à proximité du site ont été installés notamment à l'ouest

6- Test niveleur - Fos sur Mer.

7- Caisson équipé avant remorquage - Marseille.

8- Sortie caisson du port de Marseille.

6- Grader test - Fos sur Mer.

7- Equipped caisson before towing - Marseille.

8- Caisson leaving the port of Marseille.

du Cap Martin. Néanmoins, ces mouillages n'avaient pas la capacité d'accueillir toutes les unités de la flotte et n'étaient abrités que pour les coups de mer venant d'est (~10% des événements).

→ Le ravitaillement en carburant des pontons a également représenté

un vrai défi logistique. Initialement, ces ravitaillements par voie maritime étaient interdits sur les eaux territoriales monégasques et toutes les unités devaient retourner dans les ports environnants pour remplir leurs cuves. Les temps d'escale dans les ports pour ravitaillement et la fréquence des remplissages rendaient vite l'équation incompatible avec le planning d'exécution. Ainsi, en accord avec les autorités maritimes, une procédure de ravitaillement en mer basée sur les standards *Oil & Gas* a été validée spécifiquement pour les besoins du projet. Cette procédure impliquait notamment le déploiement systématique d'un écran anti-pollution, l'utilisation de connexion type aéronautique entre le flexible de remplissage et les cuves de stockage, la présence d'un écrémeur oléophile et des équipes formées CEDRE (formation spécialisée dans la lutte anti-pollution en mer).

DÉTAIL DES TRAVAUX DE POSE DES CAISSONS

LA PRÉPARATION DES ASSISES DES CAISSONS

La préparation des assises est une étape primordiale car elle conditionne la qualité de pose des caissons.

La digue sous-marine d'assise des caissons en 20-180 mm ayant nécessité au préalable un traitement par vibrocompactage, la rugosité résiduelle de l'ordre du mètre. Les opérations de nivellement sous-marin devaient permettre de ramener cette plateforme à un niveau réglé à +/- 5 cm.

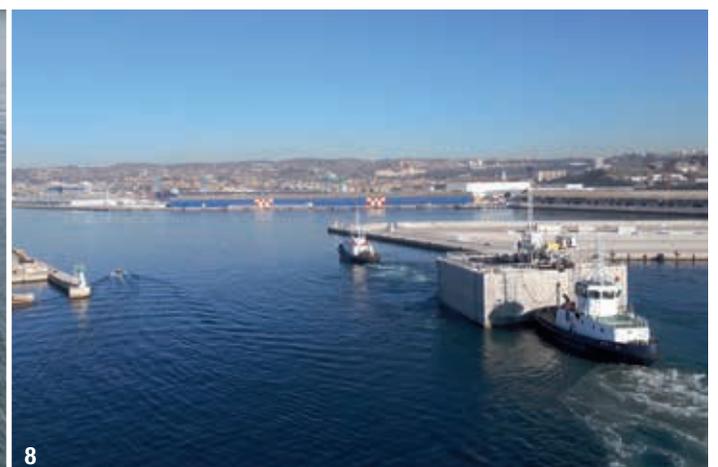
Pour cela, les travaux de réglage se sont déroulés en deux temps :

Une première opération d'écrêtage primaire à la benne mécanique assurant un réglage du matériau 20-180 mm à +/- 25 cm. Le principe est que les matériaux excédentaires au-dessus du profil cible sont récupérés pour combler les zones déficitaires. Un ponton grue de 60x22 m a été mobilisé spécifiquement pour cette activité (travaux sous-traités à la société Trasomar).

Une deuxième opération de nivellement à +/- 5 cm effectuée par apport d'un matériau d'assise (ballast 20-40 mm) réglé à l'aide d'un niveleur hydraulique sous-marin. Ce niveleur est une structure métallique monobloc de conception interne Eiffage Génie Civil Marine, issue de l'expérience des projets précédents similaires comme Tanger Med 1 et 2 ou bien la réalisation de la digue flottante de Monaco. Le niveleur pour ce projet mesurait 35x17 m pour plus de 35 t, et était équipé d'une lame mécanisée se déplaçant sur toute la longueur de la structure. Le ballast était alimenté à l'intérieur de la structure de manière progressive juste devant la lame qui règle le matériau au fur et mesure de sa translation sur la structure. ▷



7
© EIFFAGE



8
© EIFFAGE



© EIFFAGE

© EIFFAGE

Ce niveleur était opéré depuis un autre ponton grue de 60x22 m via un ombilical hydraulique de 50 m de longueur. La figure 4 présente l'atelier maritime de nivellement des assises (ponton de travail 60x22 m et ponton de transport de ballast 50x20 m). La figure 5 montre le schéma de principe de nivellement (extrait de la note méthodologique). Le niveleur est monté sur 4 pieds hydrauliques à réglage indépendant et l'assiette est monitorée par un système de capteurs de pressions couplés à une centrale inertielle pour corriger des effets de la houle.

Les déplacements du niveleur d'une position à l'autre étaient assurés par des treuils électriques installés sur le ponton permettant de lever le niveleur directement sous le ponton. Une fois levé, le déplacement du niveleur s'effectuait en déplaçant le ponton sur ses ancres (papillonage) jusqu'à l'aplomb de la position théorique suivante. Au total, 45 positions de niveleur hydraulique ont été nécessaires pour couvrir toute la surface de pose des caissons représentant près de 16000 m².

Les spécificités de ce projet, notamment en terme d'environnement, ont nécessité d'améliorer les modes opératoires et d'adapter l'outil notamment :

- Par l'utilisation d'huile biodégradable pour la motorisation sous-marine tout en conservant les garanties du constructeur ;
- Par la mise en place de connexions avec clapets anti-retour ;
- Par la réalisation de tests hors d'eau sur la base marine d'Eiffage de Fos-sur-Mer pour vérifier notamment l'étanchéité du circuit hydraulique (figure 6).

LA PRÉPARATION DES CAISSONS

La préparation des caissons pour le remorquage et pour leur installation à

Monaco était totalement décentralisée à Marseille au niveau du poste 121 dans l'enceinte du GPMM. L'atelier de préparation des caissons était constitué d'un ponton de 60x22 m faisant office de ras-débordeur (plateforme flottante permettant de s'écarter du quai et ainsi gagner de la profondeur d'eau) et de plateforme de travail. La grue à treillis montée sur le ponton était d'une capacité de 300 t (grue Liebherr LR 1300 avec une flèche de 56 m).

3 jeux complets d'équipement confectionnés "sur mesure" ont été utilisés pour assurer le remorquage et la pose des 18 caissons (figure 7). Ces 3 jeux permettaient d'assurer un cycle de rotation des équipements entre Marseille et Monaco en cohérence avec les contraintes du planning.

Chaque jeu était constitué principalement de :

- 4 platines de remorquages (950 kg pièce) ;

9 & 10- Pose caisson - Monaco.

11- Visuel au poste de commandes pendant pose des caissons.

9 & 10- Caisson placing - Monaco.

11- Control station display during caisson placing.

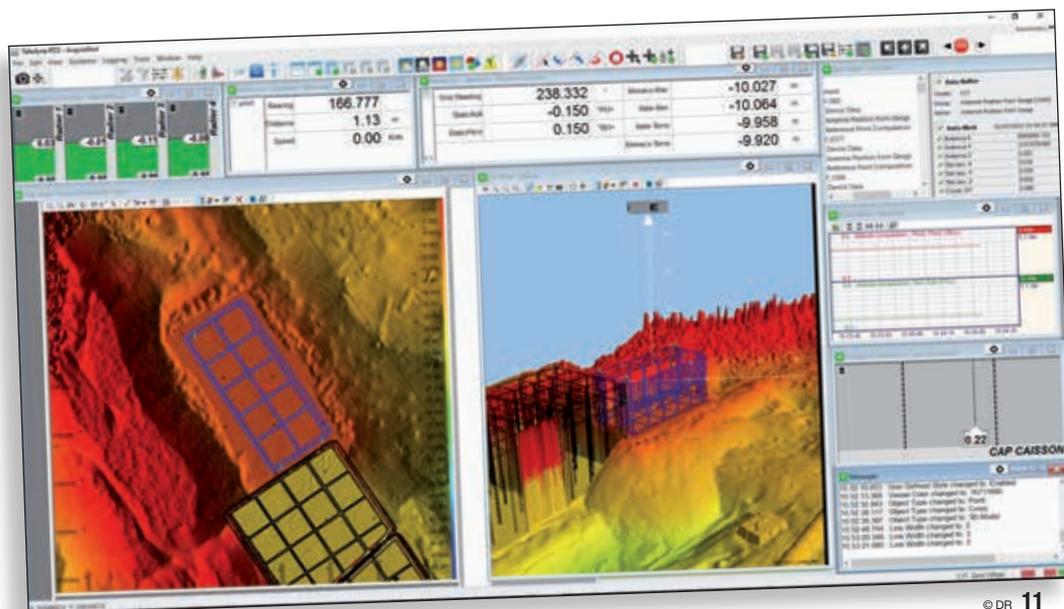
- Les gréements de remorquage (patte d'oie des remorques principales et de secours) ;
- A minima 12 platines complémentaires pour les différents besoin d'amarrages, le guidage par chauxmards et l'installation des poulies de renvoi des lignes de pose ;

→ Des passerelles en encorbellement sur tout le périmètre du caisson pour assurer la circulation du personnel pendant la phase d'installation à Monaco ;

→ Des plateformes métalliques sur 2 niveaux pour positionner tout le matériel de pose (6 treuils hydrauliques, réseau de pompage pour le ballastage et le déballastage des caissons, groupe électrogène, local topo, cabine de supervision des manœuvres, etc.).

Au total, c'était plus 90 t d'équipements à installer sur chaque caisson.

La difficulté majeure a résidé dans la conception des équipements afin de les rendre les plus polyvalents possible aux 9 géométries différentes de caissons. L'absence de polyvalence aurait impliqué un nombre de jeu d'équipement beaucoup plus importants, des surfaces de stockage très étendues et un coût d'équipement par caisson disproportionné.



© DR 11

POSE DU CAISSON DE FERMETURE - CAISSON CLÉ DE VOÛTE - figures 12 & 13

Pour des raisons d'optimisation du planning, la séquence de pose des caissons ne s'est pas faite de manière continue de C00 à C17 mais par progression sur deux fronts en même temps. Cette modification a eu pour conséquence de devoir fermer la ceinture de caisson par un caisson intercalé en "clé de voûte".

Une refonte de la séquence de pose a été nécessaire dans la mesure où les contraintes de pose étaient démultipliées. La phase d'approche était beaucoup plus délicate car contrainte sur 2 faces avec la présence des caissons de part et d'autre. Pour éviter d'enfermer le multicat de tête à l'intérieur de la ceinture, celui-ci a été remplacé par un treuil connecté à un des caissons déjà posé.



12

© BOUYGUES TP MC

tionné. Le design de ces structures a été réalisé en interne par le bureau d'études d'Eiffage Génie Civil Marine à Lima (Pérou). La fabrication de ces structures a également été assurée par les ressources internes du groupe via l'usine d'Eiffage Métal à Fos-sur-Mer.

LE REMORQUAGE DES CAISSONS

Le remorquage des caissons de Marseille à Monaco représente un trajet de plus de 120 miles nautiques soit près de 72 heures d'opération.

Les 18 remorquages ont été réalisés avec un seul remorqueur de tête de 90 t BP mobilisé spécialement du

12- Pose du caisson du fermeture - Monaco.

13- Vue d'ensemble des équipements des caissons lors de la pose - Monaco.

12- Placing the closing caisson - Monaco.

13- Overall view of caisson equipment during placing - Monaco.

Golfe du Mexique pour ces opérations. Le convoi de remorquage en haute mer pouvait atteindre plus de 800 m de long. Seules les manœuvres maritimes de sortie des caissons de la passe Nord du port de Marseille ont nécessité la mobilisation de 2 remorqueurs (figure 8).

Le délai de remorquage de 3 jours implique d'avoir une fenêtre météo favorable sur l'ensemble du parcours. Le planning de pose s'étalant sur 1 an, une partie des caissons a dû être remorquée en hiver. Or, les fenêtres de remorquage ne sont pas si fréquentes durant cette période. Statistiquement,

sur la base des 20 dernières années, le nombre de fenêtres sur certains mois pouvait ainsi être inférieur au besoin (en raisonnement probabilistique P90). Il n'était donc pas envisageable de perdre une seule possibilité de remorquer les caissons au risque de pénaliser de manière conséquente le planning du projet. Dans ces conditions, en collaboration avec des experts de Météo France et sous couvert d'une validation des Affaires Maritimes françaises par arrêté préfectoral, plusieurs modèles de prévision étaient corrélés pour identifier le plus en amont possible les périodes favorables et les tracés les plus appropriés (passage au sud ou au nord des îles d'Hyères, adaptation selon la puissance du courant de Ligure...) tout en prenant en compte les contraintes environnementales fortes (traversée du parc national de Port-Cros, navigation dans le sanctuaire Pélagos).

En complément, 7 zones d'abri ont été définies tout au long du tracé de manière à s'assurer que le convoi se situe toujours à moins de 24 miles nautiques d'un de ces abris (soit à moins de 12h). Processus nécessaire pour garantir le niveau de sécurité requis.

INSTALLATION DES CAISSONS À MONACO

Les opérations de pose d'un caisson durent en moyenne une douzaine d'heures (36h pour le premier et 8h pour la pose la plus rapide). Tout comme le remorquage, cette opération n'est possible qu'avec des conditions de mer favorable (Hs=0,8 m).

Les opérations de pose se déroulent selon les étapes principales suivantes : Une **1^{re} phase** d'approche du caisson vers sa zone de pose par remorquage avec 2 remorqueurs de type multcats (30 t BP pour le navire de tête et 15 t BP pour le navire de queue).



© BOUYGUES TP MC

13

Une **2^e phase** de positionnement plus précis sur la zone de pose en jouant sur la tension d'un jeu de 6 lignes de 6 treuils hydrauliques déployé et connecté soit sur le caisson N-1 soit sur des lignes de mouillages préalablement installées (figures 9 & 10). L'ensemble de ces treuils est commandé directement depuis la cabine de supervision des manœuvres. Quand le caisson est à sa position cible, celui-ci est bridé et immobilisé par tension maximale sur 6 lignes de treuils.

Une **3^e phase** de ballastage liquide du caisson pour l'échouer progressivement sur son assise. Cette phase est la plus délicate car les tolérances de pose sont de l'ordre de 10 cm (à comparer aux dimensions des caissons de 30 m de côté par 25 m de haut et de 10 000 t chacun). La maîtrise de l'opération réside dans le monitoring en temps réel du ballastage liquide et du positionnement.

Les contraintes de ballastage (maintien à l'assiette pendant toute la phase d'échouage, 2^e de gîte maximum) étaient maîtrisées grâce à un réseau de distribution d'eau dimensionné pour chaque caisson, assurant une répartition de l'eau dans les cellules et donc un équilibrage du caisson en temps réel. L'eau de ballastage est de l'eau de mer directement pompée au droit des caissons. Pour suivre les niveaux d'eau dans le caisson, des sondes piézométriques étaient installées dans chaque cellule.

Le positionnement était également suivi de manière numérique à travers une modélisation 3D préalable du caisson et une visualisation en temps réel de sa position à l'instant t par rapport à sa position cible (figure 11).

En parallèle, une assistance par plongeur était faite lors de la phase ultime de pose pour s'assurer que la réalité (à - 20 m de profondeur) correspondait bien aux données informatisées remontées en surface.

BALLASTAGE SOLIDE DES CAISSONS

Le ballastage liquide du caisson est une étape temporaire. Pour des raisons de stabilité générale de l'ouvrage, les caissons sont ballastés en solide (matériau granulaire 0-20 mm) en phase définitive.

Cette phase de remplissage a été réalisée avec le navire Tertnes, vraquier de 9 000 t de capacité équipé d'un bras de déchargement déporté orientable d'une capacité de 1 000 t/h (figures 14, 15 & 16).



14

14 & 15- Manœuvre d'approche du Tertnes - Monaco.

14 & 15- Tertnes approach manoeuvre - Monaco.

Une quarantaine de voyages étalés sur 1 an a été nécessaire pour transporter les 350 000 t de sable de ballastage depuis La Seyne-sur-Mer.

Les opérations de mise en œuvre dans les caissons duraient en moyenne 12 h. Le remplissage classique dans ce type d'opération consiste à substituer le ballastage liquide par le ballastage solide moyennant une évacuation de l'eau par surverse. Cette technique n'était pas envisageable sur le site en raison des contraintes environnementales (turbidité interdite pour la préservation des 2 réserves naturelles).

Le remplissage des caissons a été réalisé en intégrant dans le cycle de déballastage/ballastage des temps de décantation de la matière en suspension (MES) de manière à ne rejeter par pompage que de l'eau claire. La déter-

mination des vitesses de décantation a fait l'objet de tests en laboratoire et des prélèvements réguliers *in situ* étaient réalisés en phase opérationnelle pour vérifier le comportement de l'eau en conditions réelles.

Les émissions de poussière étaient limitées grâce à un capitonnage étanche complet du tapis convoyeur et un sys-

tème d'asperseurs en sortie de goulotte. En parallèle, des équipements complémentaires ont été ajoutés directement sur le navire Tertnes notamment :

- Un système de pesage embarqué relié au tapis convoyeur du bras de déchargement afin de maîtriser les quantités de ballast mises en œuvre pour chaque cellule de caisson (et par extrapolation les volumes d'eau de déballastage à pomper) ;
- Une caméra en tête de bras de déchargement pour faciliter la visée dans les cellules ;
- La mise en place d'aussières de type Dyneema pour le mouillage du Tertnes sur site. Ce navire maintient son positionnement sur les différentes cellules à remplir par papillonage sur 4 lignes de mouillages et des propulseurs azimutaux pilotés manuellement.

CARAPACE EN ENROCHEMENT

La carapace de protection du RAC représente près de 85 000 t d'enrochements répartis en 2 blocométries 0,3/1 t et 1/3 t.

Tous ces enrochements ont été approvisionnés par voie maritime depuis les ports d'Imperia et Piombino en Italie par cargos-barges (1 100 t de capacité en moyenne) remorquées. Les transports en provenance de Piombino nécessitaient de traverser le golfe de Gênes en remorquage hauturier.

Comme les autres transports maritimes du projet, les aléas météo, notamment pendant la période hivernale, ont été une vraie contrainte logistique. De ce fait, la flotte dédiée pour effectuer ses



15

© EIFFAGE



© CSL
16

transports a été surdimensionnée pour pouvoir faire passer plusieurs convois sur la même fenêtre météo.

Ainsi, pour les 80 voyages d'enrochements, la flotte est montée jusqu'à 4 cargos-barges et 3 remorqueurs hauturiers (30 t BP) en pointe pour assurer les rendements de livraison sur Monaco.

L'installation s'est réalisée en utilisant deux pontons grues de 60x22 m

16- Ballastage solide des caissons avec le Tertnes - Monaco.

16- Solid ballasting of caissons with the Tertnes - Monaco.

équipés de grues de 300 t avec outil d'aide à la pose par GPS RTK (un ponton appartenant à Eiffage Génie Civil Marine et un ponton de la société Trasomar).

La ceinture des caissons a été livrée en septembre 2019 et la protection des talus a été complétée en mai 2020, soit 8 mois après.

CONCLUSION

Les grands projets réalisés en principauté offrent de formidables défis techniques, logistiques et environnementaux. Le projet de l'Anse du Portier n'a pas failli à cette réputation. Il a permis à Eiffage Génie Civil Marine de repousser encore les limites de l'exécution de projet d'installation de structures gravitaires. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

- 18 caissons préfabriqués de 10 000 t chacun forment la ceinture de l'extension
- 600 000 m³ de matériaux dragués
- 1 500 000 t de matériaux d'assise des caissons
- 70 000 m³ d'enrochement de protection
- 550 000 m³ de remblai technique
- 450 000 m³ de remblai pour les terre-pleins
- 20 000 m² d'écrêtage à la benne à câble
- 16 000 m² de nivellement sous-marin avec niveleur hydraulique

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : SAM Anse du Portier

MAÎTRISE D'ŒUVRE : Groupement Egis / Bouygues TP

TITULAIRE DU SOUS-CONTRAT - INFRASTRUCTURE MARITIME : SAM Bouygues TP Monaco

CONTRÔLEUR TECHNIQUE : Groupement Socotec - Cowi

COORDINATEUR SANTÉ - SÉCURITÉ : Bureau Veritas

SOUS-TRAITANT TRANSPORT ET POSE DES CAISSONS, RÉALISATION DES DIGUES D'ACCROCHE ET PROTECTION DES TALUS : Eiffage Génie Civil Marine

SOUS-TRAITANT DRAGAGE & REMBLAI : Jan de Nul

SOUS-TRAITANT VIBROCOMPACTAGE PAR VOIE MARITIME : Groupement Ménard - Bouygues TP

ABSTRACT

MONACO - OFFSHORE URBANISATION - ANSE DU PORTIER - CAISSON INSTALLATION

ANTOINE RENAUD, EIFFAGE - EMMANUEL BERGER, EIFFAGE

Eiffage Génie Civil Marine installed the 18 reinforced concrete caissons (each weighing about 10,000 tonnes) forming a protective belt around the land won from the sea. To allow for environmental constraints (in particular the presence of protected undersea reserves on either side of the site) and the specific features of the city of Monaco, the project adopted an organisation resembling that used for offshore projects. The work took nearly three years and required the deployment of 17 floating units. The main stages were preparation of the caisson foundations by trimming and then levelling using an undersea hydraulic grader, equipment of the caissons outsourced in Marseille, transport to Monaco by towing with a 90-tonne BP tug boat, placing with a system of six hydraulic winches and then solid ballasting with a bulk carrier ship equipped with an unloading arm. The final stage involved securing the structure by putting in place 0.3 to 3 tonnes of protective rockfill down to a depth of 45 metres. □

MÓNACO - URBANIZACIÓN EN EL MAR - ANSE DU PORTIER - INSTALACIÓN DE LOS CAJONES

ANTOINE RENAUD, EIFFAGE - EMMANUEL BERGER, EIFFAGE

Eiffage Génie Civil Marine ha instalado los 18 cajones de hormigón armado (de unas 10.000 t cada uno) que constituyen el cinturón de la plataforma ganada al mar. La integración de las limitaciones medioambientales (en especial, la presencia de reservas submarinas protegidas a ambos lados del emplazamiento) y las especificidades de la ciudad de Mónaco ha exigido una orientación del proyecto similar a la de los proyectos offshore. Las obras se han prolongado cerca de 3 años y han precisado la movilización de 17 unidades marítimas. Las principales etapas han sido la preparación de las bases de los cajones por descrestado, seguidamente igualadas mediante un nivelador hidráulico submarino, el equipamiento de los cajones, externalizado en Marsella, el transporte hasta Mónaco por remolque, utilizando un remolcador tipo tractor de 90 t BP, la instalación mediante una red de 6 cabrestantes hidráulicos y, finalmente, el balastrado sólido con un granelero equipado con un brazo de descarga. La última etapa consiste en asegurar la obra instalando un cinturón de escollera de 0,3 t a 3 t hasta 45 m de profundidad. □



RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE DU PARC ÉOLIEN EN MER DE SAINT-NAZAIRE - TRAVAUX D'ATERRAGE

AUTEURS : DENIS RAOUL, DIRECTEUR EXPLOITATION, ETMF SUD - ALEXANDRE BERAS, CHEF DE PROJET, ETMF OUEST - BERTRAND HAENTJENS, DIRECTEUR, ETMF - MICKAËL DUPONT, DIRECTEUR D'AGENCE, ETMF SUD

LE PROJET DE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE DU PARC ÉOLIEN EN MER DE SAINT NAZAIRE, SITUÉ DANS LE DÉPARTEMENT DE LOIRE-ATLANTIQUE, COMPREND LA RÉALISATION D'UNE LIAISON DOUBLE SOUS-MARINE ET SOUTERRAINE À 225 000 VOLTS DE 61 km ENTRE LE FUTUR PARC ÉOLIEN ET LE FUTUR POSTE DE RACCORDEMENT AU RÉSEAU PUBLIC DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ À CRÉER SUR LA COMMUNE DE PRINQUIAU. CES OUVRAGES, QUI ACCOMPAGNENT LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, PERMETTRONT DE TRANSPORTER L'ÉNERGIE D'ÉLECTRICITÉ RENOUELEBLE PRODUITE PAR LE PARC ÉOLIEN EN MER DE ST NAZAIRE QUI S'INSCRIT DANS LE CADRE DU PREMIER APPEL D'OFFRES " ÉOLIEN EN MER " LANCÉ PAR LE GOUVERNEMENT EN JUILLET 2011.

ZONE ALLOUÉE POUR LES TRAVAUX, PLAGE DE LA COURANCE (44)



Zone d'atterrage

1- Mise en place des fourreaux à La Courance (44).
2- Zone allouée pour les travaux, plage de La Courance.

1- Duct laying at La Courance.
2- Area allocated for the work, La Courance beach.

Le raccordement du parc éolien en mer nécessite la création des ouvrages suivants :

- Une liaison sous-marine à deux circuits 225 000 volts reliant le poste électrique en mer au point d'atterrage sur le littoral (33 km environ) ;
- Deux jonctions d'atterrage (une par circuit), pour réaliser la transition entre les câbles sous-marins et les câbles terrestres ;
- Une liaison souterraine à deux circuits 225 000 volts reliant le point d'atterrage au poste de raccordement au réseau public de transport d'électricité (28 km environ).

CONTEXTE DU CHANTIER

- La plage de La Courance a été retenue pour la réalisation de l'atterrage par le Maître d'Ouvrage à l'issue de nombreuses études d'impact environnemental et économique, bien que les conditions d'exposition aux aléas météo-océaniques y soient très importants.
- Une campagne de diagnostic pyrotechnique en mer a été menée au démarrage des travaux sur l'emprise du futur ouvrage. Cette campagne a révélé la présence de très nombreuses cibles immergées potentielles. Les contraintes de planning n'ayant pas permis de dépolluer toutes les cibles, les méthodes de travail maritime ont donc dû être adaptées en conséquence.
- Les contraintes environnementales et locales (usagers, surfeurs, pêcheurs, riverains) étant très fortes, un Chargé de Concertation à plein temps a œuvré en amont et pendant toute la durée du chantier pour le compte de RTE afin que les travaux puissent être réalisés dans le temps imparti, et ce malgré la pandémie de la Covid-19.
- La pandémie de la Covid-19 est venue perturber le planning du chantier. Cependant l'équipe ETMF



a pu redémarrer très vite après seulement 3 semaines d'interruption grâce à une mise en place immédiate des mesures préconisées par le CSPS, l'OPBBTP et le service prévention d'Eiffage. La pandémie n'aura ainsi eu que très peu d'impact sur le planning global du projet.

FONCTION DES OUVRAGES

ETMF a eu en charge les travaux suivants qui consistent en :

→ Plage :

- Réalisation de deux chambres de jonctions entre les liaisons sous-marine et terrestre ;

3- Mise en fiche des palplanches par Movax.

4- Chambres de jonction en cours de ferrillage à l'extrémité du batardeau.

3- Sheet piling setting by Movax.

4- Junction chambers undergoing reinforcement at the end of the cofferdam.

- Réalisation de deux chambres Télécom ;
- Réalisation d'une tranchée soutenue à l'aide d'un batardeau de 100 m de long jusqu'à la côte 2 m LAT.

→ En mer :

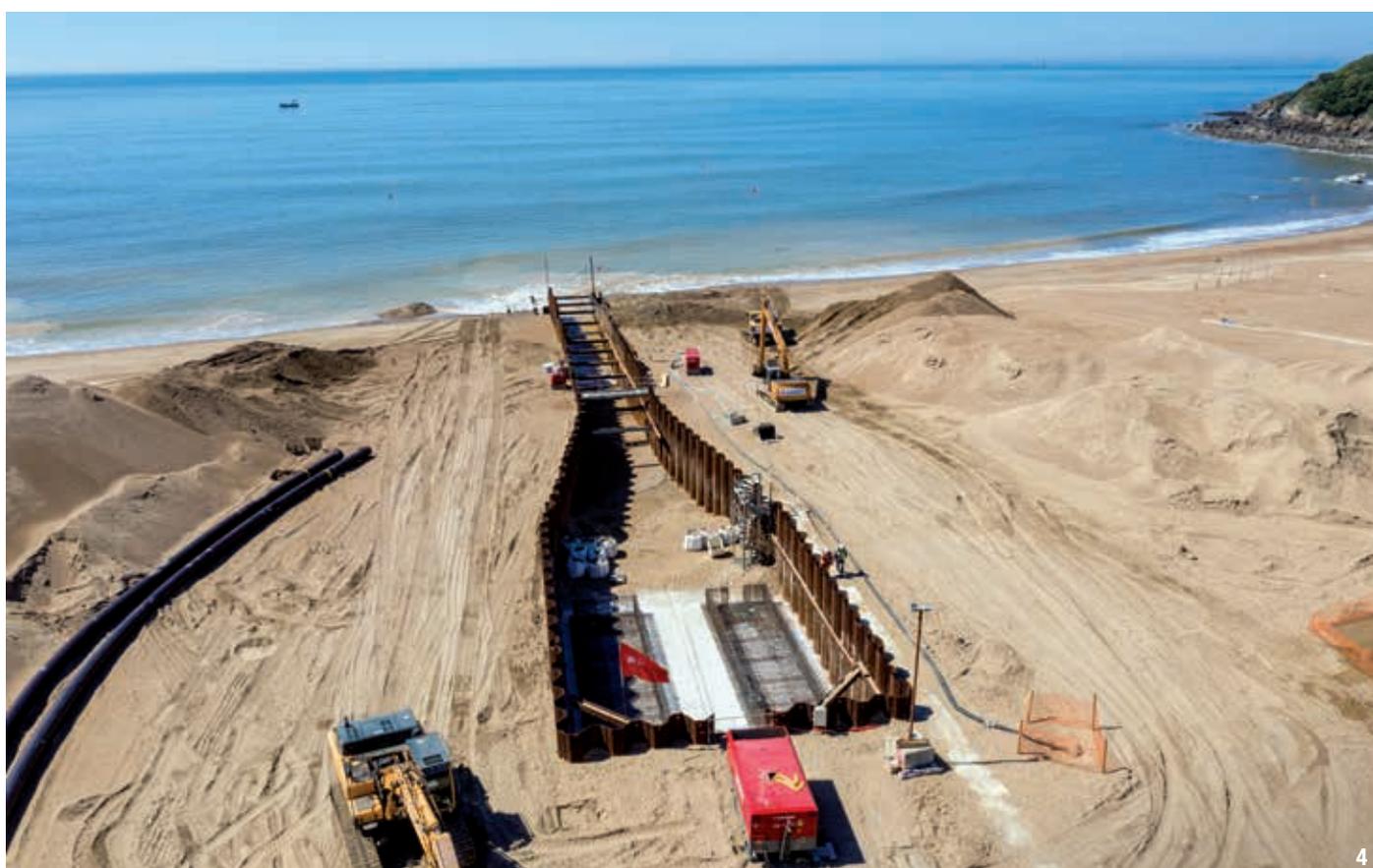
- Réalisation d'une tranchée de 260 m destinées à accueillir un double fourreau PEHD ;
- Installation du double fourreau PEHD en fond de tranchée une fois celle-ci achevée ;
- Remblaiement au-dessus des conduites à l'aide du matériau excavé sur site ;
- Couverture du remblai par des matelas en béton articulés et destinés à assurer la stabilité de la tranchée et empêcher son affouillement.

CONTEXTE GÉOTECHNIQUE

DONNÉES DISPONIBLES

Plusieurs campagnes géotechniques et géophysiques ont été réalisées entre 2011 et 2013 aussi bien à terre qu'en mer, et ont permis de caractériser de manière précises les conditions de sol.

Le but des premières campagnes étaient de choisir le lieu le plus propice à la réalisation des atterrages





5

© ETMF - AUTEURS DE VUES

en fonction des contraintes locales, données de sol, environnement, etc. En début de chantier, ETMF a par ailleurs procédé à la réalisation d'une campagne géotechnique en mer avec l'entreprise GEOTEC, sur le tracé exact des futurs câbles. Cette campagne a permis de réaliser des prélèvements (carottages) de sol sur la hauteur des futures tranchées. ETMF a ainsi pu définir au mieux les méthodes de dragage

5- Préparation des conduites PEHD.

6- Barge en cours de dragage.

5- Preparation of HDPE conduits.

6- Barge during dredging.

et d'excavation à prévoir, en anticipant notamment l'affouillement naturel de la tranchée à chaque mouvement de marée.

Les campagnes suivantes auront au final été menées :

- Sondage multifaisceaux,
- Sismique réflexion,
- CPTs,
- Carottages et essais laboratoires,
- Sondeur à sédiment.

CARACTÉRISATION DU SOL

L'analyse des carottages a révélé la présence d'alternance de différents faciès non homogènes, avec des niveaux sans cohésion : graviers, sables, arènes et altérites, granites et gneiss altérés et très fracturés. Les travaux d'excavation ont par ailleurs révélé des zones localisées avec des roches dures dépassant une dureté de 50 MPa.

POINTS SUR LES ÉTUDES TECHNIQUES

Les enjeux techniques du chantier étaient de plusieurs ordres :

- Garantir une tenue de 40 ans des éléments constitutifs de l'ouvrage final ;
- Réaliser les travaux dans un temps défini, l'accès au site étant autorisé par arrêté du 15 septembre au 15 juin uniquement ;
- Prévoir des équipements de constructions maritimes les plus adaptés permettant d'optimiser les bonnes fenêtres météo disponibles sur site, tout en garantissant un niveau de sécurité maximal.

PRINCIPAUX TRAVAUX RÉALISÉS DANS LE CADRE DU CHANTIER

RÉALISATION D'UN BATARDEAU EN PALPLANCHES AU14, LONGUEUR 100 m

Les données géotechniques ont permis d'anticiper une faible fiche des palplanches sur toute la longueur du batardeau.



© ETMF

6

Plusieurs méthodes ont donc été employées pour garantir la tenue de ce dernier, notamment face aux forts coups de houle : liernes et butons, double rideau tirant.

La mise en fiche des palplanches a été réalisée par MOVAX (vibreux à préhension latéral) et par marteau pneumatique Pajot 2800. L'ensemble de ces outils ont été opérés à l'aide de pelles 20 t à 50 t (figure 3).

RÉALISATION DE DEUX CHAMBRES DE JONCTION

Deux chambres de dimension 16 m x 3,3 m x 1,4 m ont été réalisées en béton armé coulé en place (figure 4). Ces chambres sont destinées à assurer le raccordement entre les câbles électriques offshore et la liaison électrique terrestre. Une fois le raccordement effectué ces chambres sont destinées à être recouvertes du sable de la plage et ne seront ainsi plus visibles.

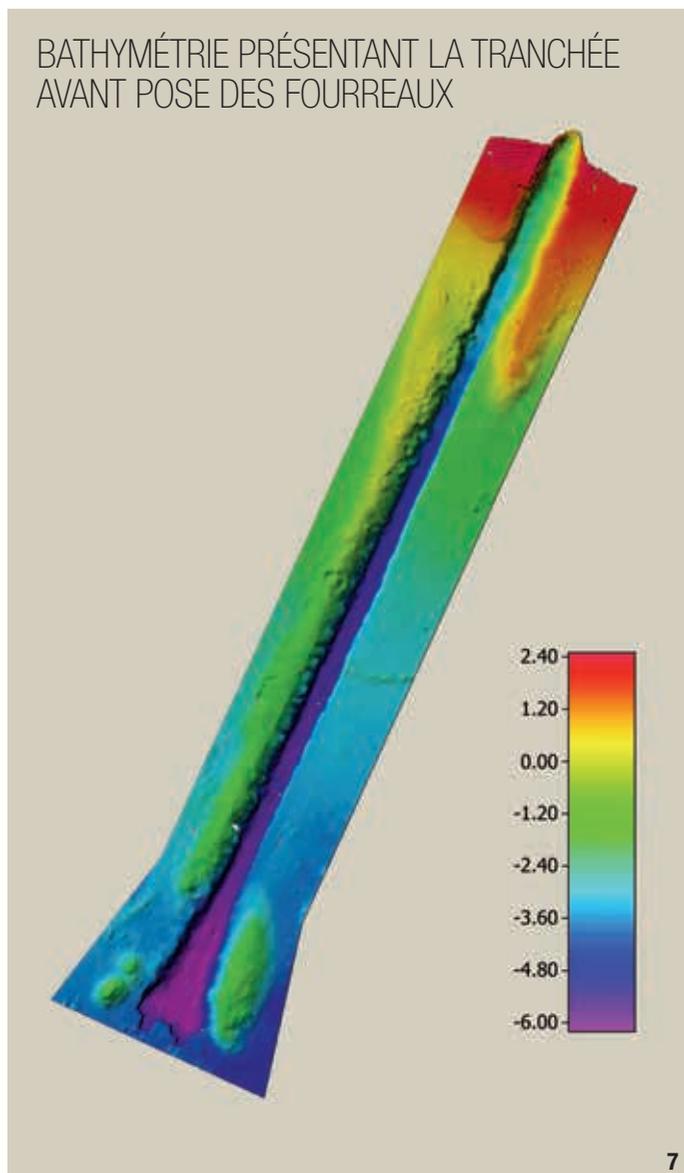
PRÉFABRICATION DU DOUBLE FOURREAU PEHD SUR LE SITE DE PAIMBOEUF

Un site a été alloué par le GPMSN à ETMF pour la fabrication du double fourreau PEHD. Deux longueurs de 260 m de conduite diamètre 630 mm y ont été assemblées par polyfusion, puis équipés de lests béton avant d'être mises à l'eau (figure 5).

RÉALISATION DE LA TRANCHEE EN ZONE MARITIME

Après avoir réalisé une étude d'ancrage et d'analyse de comportement

BATHYMÉTRIE PRÉSENTANT LA TRANCHEE AVANT POSE DES FOURREUX



face à la houle, ETMF a pris la décision de réaliser la tranchée maritime au moyen d'une barge ancrée et sur pieux équipée d'un excavateur de grosse capacité (Hitachi 870) muni d'un système 3D GPS. Des lignes d'ancrages spécifiques ont été conçues par l'équipe projet pour optimiser l'opérabilité de la barge face aux conditions de houle et de courant contraignantes du site de La Courance.

Les travaux ont été réalisés en deux postes, 7 jours sur 7, le personnel étant logés sur la barge de dragage elle-même.

7- Bathymétrie présentant la tranchée avant pose des fourreaux.

8- Lancement sur Paimboeuf.

9- Barge en cours de pose des matelas articulés.

7- Bathymetric map showing the trench before laying the ducts.

8- Launching at Paimboeuf.

9- Barge during laying of articulated mattresses.



© ETMF - AUTEURS DE VUES



© ETMF - AUTEURS DE VUES

Grâce à ces choix techniques et logistiques, la tranchée a pu être réalisée dans un temps minimum et avec une précision dimensionnelle très satisfaisante (figures 6 et 7).

REMORQUAGE ET COULAGE DU DOUBLE FOURREAU PEHD

Le double-fourreau PEHD a été mis à l'eau à Paimboeuf et remorqué jusqu'au site de La Courance avec le support de la société locale LHD (figures 1 et 8). Pour réaliser cette opération dans les conditions les plus sûres, une importante préparation en amont a été nécessaire, tenant compte notamment des

10- Relevé bathymétrique après la pose des matelas et avant finalisation du remblaiement.

11- Tirage du premier câble électrique.

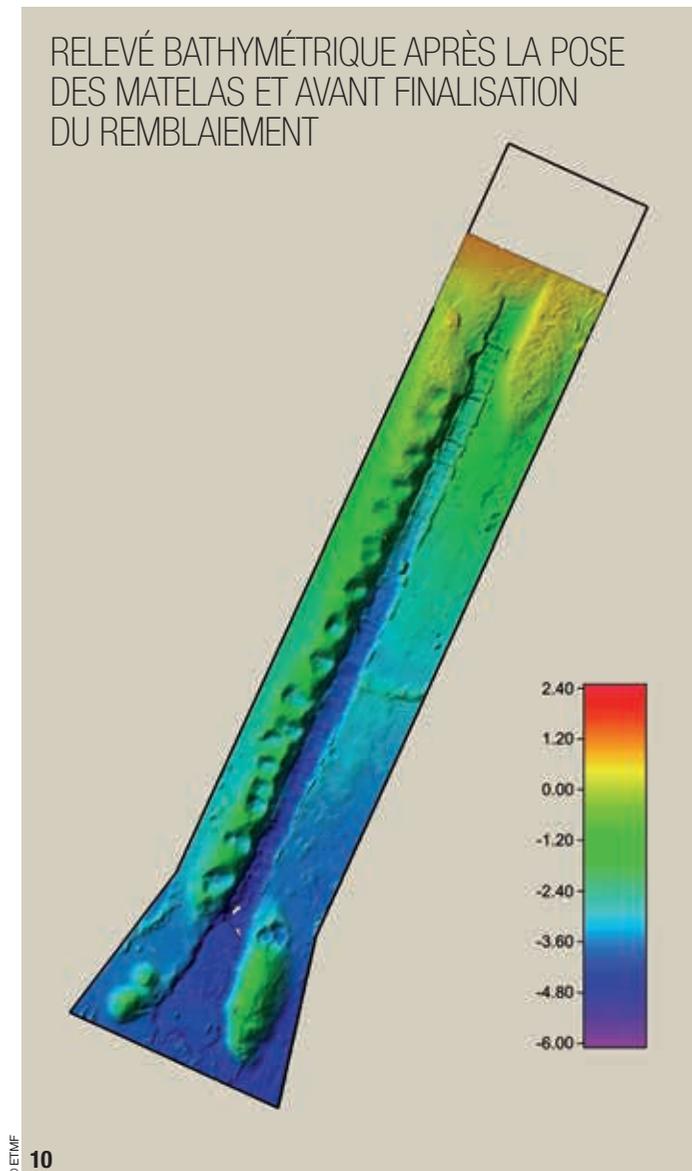
12- Treuil de tirage du câble en action.

10- Bathymetric survey after laying the mattresses and before finalisation of backfilling.

11- Pulling the first electric cable.

12- Cable pulling winch in action.

RELEVÉ BATHYMÉTRIQUE APRÈS LA POSE DES MATELAS ET AVANT FINALISATION DU REMBLAIEMENT



© ETMF 10

contraintes de courant et de marée très fortes sur la Loire. Il a ainsi été choisi de réaliser la mise à l'eau et le remorquage de la conduite en plusieurs phases.

REMBLAIEMENT DE LA TRANCHÉE ET MISE EN PLACE DE MATELAS BÉTON AU-DESSUS DE LA TRANCHÉE

Le remblaiement de la tranchée a été réalisé avec les moyens mis en place pour le dragage ; pelle excavatrice équipée en 3D GPS opérant depuis une barge sur pieu. Les matériaux utilisés pour le remblaiement proviennent des matériaux dragués et stockés sur les bords de la tranchée. Une fois le remblaiement achevé, une campagne d'installation de matelas béton a été menée pour venir recouvrir et stabiliser la tranchée.

Pour ce faire, une grue treillis de 120 t a été mobilisée sur la barge, équipée d'un palonnier à largueur hydraulique avec système de positionnement dédié (figure 9). Soixante-douze matelas spécifiquement conçus pour le projet ont ainsi été posés en 10 jours (figure 10).

DRAGAGE COMPLÉMENTAIRE ET TIRAGE DES CÂBLES AU TRAVERS DES FOURREAUX

La monotranchée a ensuite été prolongée en mer par deux tranchées séparées, jusqu'à 1 km des chambres de jonction. À l'issue de cette opération, le tirage du premier câble électrique a été mené le dimanche 9 août 2020 (figure 11) et celle du second câble le 14 septembre 2020. ▷



11

© ETMF - AUTEURS DE VUES



12

© ETMF



13

MOYENS UTILISÉS POUR LE CHANTIER

MOYENS HUMAIN SUR LE CHANTIER :

- 1 Chef de Projet Etmf
- 1 Construction Manager Etmf
- 1 Responsable HSE
- 2 Chefs de Chantier Etmf
- 1 Chef d'équipe
- 5 Compagnons

MARINE :

- 1 équipage sur barge
- 1 équipage sur remorqueur d'assistance
- 1 équipage sur navire de transfert du personnel

SUIVANT LES PHASES DE TRAVAUX :

- Surveyor / Hydrographe
- Équipe de plongeurs
- Lamaneurs
- Navette hydrographique

MOYENS MATÉRIELS DÉPLOYÉS SUR LE CHANTIER :

- Barge type " Spud barge " équipée d'un excavateur Hitachi 870 ou grue treillis 120 t suivant les phases
- Remorqueurs d'assistance
- Pelles 20 t à 50 t équipées de godet ou d'un Movax (vibreux à préhension latérale)
- Marteau pneumatique Pajot 2800

L'opération a consisté au déroulement depuis le haut de plage d'un câble de tirage jusqu'au Navire "Cable Entreprise" (Cable Lay Vessel ou CLV) propriété de Prysmian. L'extrémité

de chaque câble électrique a alors été connectée depuis ce navire, et le tirage a été réalisé grâce un treuil de 50 t positionné en haut de plage, à l'entrée des fourreaux PEHD (figure 12).

Le bon déroulé de ces opérations particulièrement techniques a été garanti grâce à l'intervention de deux équipes de plongée, de plusieurs navires pousseurs et d'une navette hydrographique. Ces moyens conséquents ont permis de s'assurer qu'à aucun moment le câble électrique ne subisse des efforts en termes de traction et de rayon de courbure dépassant le maximum admissible. □

13- L'équipe Etmf à pied d'œuvre pendant le confinement.

13- The Etmf team on site during the lockdown.

PRINCIPALES QUANTITÉS

FOURREAUX PEHD DIAMÈTRE 630 mm : longueur totale 720 m

MATELAS BÉTON : 72 unités

VOLUME TOTAL DRAGUÉ EN MER : environ 7 000 m³

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE / CLIENT FINAL :

RTE (Réseau de Transport d'Électricité), direction de projet Hervé Macé

CLIENT / MAÎTRE D'ŒUVRE :

Prysmian PowerLink

ENTREPRISE ATTRIBUTAIRE DES TRAVAUX :

Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux (Etmf)

SOUS-TRAITANTS PRINCIPAUX :

Herbosch Kiere (Eiffage Construction) / Lhd / Hydroconsult / Atlantique Scaphandres

ABSTRACT

ELECTRICAL CONNECTION OF THE SAINT-NAZAIRE OFFSHORE WIND-POWER FARM - LANDING WORK

DENIS RAOUL, ETMF SUD - ALEXANDRE BERAS, ETMF OUEST - BERTRAND HAENTJENS, ETMF - MICKAËL DUPONT, ETMF SUD

Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux (ETMF) In August 2018, Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux (ETMF) won the contract for landing of the double undersea link. A specific feature of this structure, executed on La Courance beach, was its location in a complex tidal area subject to major environmental stresses (strong swells, current, erosion). It was therefore necessary to adopt very special construction and installation methods to ensure the resistance of the double link over time. The work consisted of two main phases:

- Execution of an onshore and offshore trench in which are installed two HDPE ducts;

- Cable pulling from the sea to land through these ducts up to the inside of two junction chambers, followed by backfilling of the trenches.

The main function of the HDPE ducts is to provide mechanical protection for the cables against the risks of scouring and exposure to marine or other elements (ship anchors, etc.). □

CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL PARQUE EÓLICO MARINO DE SAINT-NAZAIRE - OBRAS DE CONEXIÓN EN TIERRA

DENIS RAOUL, ETMF SUD - ALEXANDRE BERAS, ETMF OUEST - BERTRAND HAENTJENS, ETMF - MICKAËL DUPONT, ETMF SUD

En agosto de 2018, Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux (ETMF) logró el contrato de realización de la conexión en tierra del doble enlace submarino. Esta obra, realizada a nivel de la playa de La Courance (44), presenta la especificidad de que se encuentra en una zona compleja de oscilación de mareas y está sujeta a fuertes contingencias ambientales (fuerte oleaje, corrientes, erosión). En consecuencia, ha sido preciso utilizar métodos de construcción e instalación muy específicos para garantizar la resistencia del doble enlace a lo largo del tiempo. Las obras se han dividido en dos fases principales:

- Realización de una zanja en tierra, en la que se han instalado dos conductos de PEHD;

- Tendido de los cables desde el mar hacia tierra a través de esos conductos hasta el interior de las dos cámaras de unión, seguido del terraplenado de las zanjas.

Los conductos de PEHD cumplen la función principal de ofrecer protección mecánica a los cables contra los riesgos de socavación y exposición a los elementos marinos u otros (anclas de barcos, etc.). □

INGÉNIERIE DES STRUCTURES

Egis est un groupe international de conseil, d'ingénierie, de montage de projets et d'exploitation.

Dans la domaine des structures, **l'expertise et la créativité font la valeur de nos projets.**



Grands Ouvrages

Nucléaire

Tunnels et ouvrages souterrains

Barrages et Ports



15 800
collaborateurs
dans le monde



1,22 Md €
de chiffre d'affaires
géré
en 2019

- › Un acteur du développement des territoires en France et à l'international
- › Une entreprise responsable

TRÉSORS DE NOS ARCHIVES : LE HAVRE PORT 2000 - CONSTRUCTION DU QUAI EXTERIEUR EN PAROI MOULÉE

JEAN-LUC GOBERT, DIRECTEUR DE PROJET, SOLETANCHE BACHY FRANCE

TRAVAUX N°828 - MARS 2006 - Pages 81 à 86

RECHERCHE D'ARCHIVES PAR MICHEL MORGENTHALER

Le conteneur maritime, qu'on appelle aussi *container* a été créé en 1956 par Malcolm Mac Lean, transporteur routier américain. Dès 1953, cet entrepreneur se rend compte que les autoroutes reliant les différents ports de la côte Ouest des États Unis sont complètement saturées. Il a l'idée d'embarquer directement les remorques des camions sur des bateaux. Il vend alors son entreprise de transport routier et investit dans une petite compagnie maritime pour transporter les remorques. Rapidement, il se rend compte que l'espace utilisé est trop important. De là, l'idée lui vient de retirer les

châssis et de n'embarquer que la partie supérieure de la remorque, soit la boîte elle-même. Le conteneur est né. En moins d'une dizaine d'années, le système se répand à travers le monde entier car il permet, en plus d'optimiser l'espace à bord des navires, de gagner un temps incroyable lors des manutentions. Mac Lean décide alors de mettre en place une normalisation internationale des conteneurs et obtient, en 1961, de l'ISO, que les dimensions standard des conteneurs soient 20', 30' et 40'.

Le conteneur constitue la principale composante du trafic mondial de marchandises diverses. Afin de maintenir

sa compétitivité avec les plus grands ports européens, le Port Autonome du Havre (aujourd'hui Grand Port Maritime du Havre) avait lancé le projet Port 2000, dont les terminaux, accessibles sans passage d'écluse ni contrainte de marée, sont exclusivement réservés aux porte-conteneurs. Par ailleurs et afin d'optimiser la rapidité de transit des marchandises, la mise en œuvre d'une plate-forme logistique assure la liaison directe entre les terminaux et réseaux ferroviaires, fluviaux et routiers.

Port 2000 s'inscrit dans la lignée des précédents agrandissements du port. Il représente aussi un exemple

en matière d'écologie et de développement durable. C'était la première fois en Europe qu'une telle opération consacrait 5% de son budget pour la préservation de la faune et de la flore de l'estuaire.

Port 2000, avec son potentiel de 12 postes à quai de 350 m chacun, permettait au Havre de figurer parmi les grands ports maritimes du nord-ouest européen et de conforter son rôle de port de Paris.

Les premiers postes de Port 2000 ont été inaugurés le 30 mars 2006.

Les travaux des deux derniers postes ont commencé dans le courant de l'été 2020.

ABSTRACT

TREASURES FROM OUR ARCHIVES: LE HAVRE PORT 2000 - CONSTRUCTION OF THE DIAPHRAGM-WALL OUTER QUAY

TRAVAUX No. 828 - MARCH 2006 - Pages 81 to 86

JEAN-LUC GOBERT, SOLETANCHE BACHY FRANCE

The shipping container was created in 1956 by an American road transport entrepreneur, Malcolm MacLean. As early as 1953, this entrepreneur realised that the motorways linking the various ports on the West Coast of the United States were completely saturated. He had the idea of loading truck trailers directly on the ships. He then sold his road transport firm and invested in a small shipping company to transport trailers. He soon realised that this used too much space. That gave him the idea of removing the chassis and embarking only the upper part of the trailer, i.e. the box itself. The container was born. In less than a decade, the system spread throughout the whole world, because, in addition to optimising the space on board ships, it produced incredible time savings for handling operations. MacLean therefore decided to establish international standards for the containers, and in 1961 he obtained ISO standardisation of container sizes: 20', 30' and 40'. The container is the main technique used for the global transport of general cargo. In order to maintain its competitiveness with the largest European ports, Port Autonome du Havre (now Grand Port Maritime du Havre) launched the Port 2000 project, with terminals reserved exclusively for container ships, accessible without passing through locks and without any tidal constraints. Moreover, in order to optimise the speed of goods forwarding, a logistic platform was established to ensure a direct link between the terminals and the rail, river and road transport networks. Port 2000 is in line with the previous port enlargements. It is also exemplary with regard to ecological and sustainable development issues. This was the first time in Europe that such a project devoted 5% of its budget to protection of the estuary's fauna and flora. Port 2000, with its potential capacity of 12 berths each 350 metres long, placed Le Havre among the major seaports of northwest Europe, and consolidated its role as the Paris port. The first berths of Port 2000 were inaugurated on 30 March 2006. Work on the last two berths began in the summer of 2020. □

TESOROS DE NUESTROS ARCHIVOS: EL HAVRE PORT 2000 - CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE EXTERIOR DE PANTALLA DE HORMIGÓN

TRAVAUX N° 828 - MARZO DE 2006 - Páginas 81 a 86

JEAN-LUC GOBERT, SOLETANCHE BACHY FRANCE

El contenedor marítimo, también llamado container, fue creado en 1956 por Malcolm Mac Lean, transportista por carretera estadounidense. En 1953, este empresario se da cuenta de que las autopistas que unen los distintos puertos de la costa oeste de Estados Unidos están completamente saturadas y tiene la idea de embarcar directamente los remolques de los camiones en barcos. Así, vende su empresa de transporte por carretera e invierte en una pequeña compañía marítima para transportar los remolques. Rápidamente, se da cuenta de que el espacio utilizado es excesivo, lo que le lleva a retirar el bastidor y embarcar únicamente la parte superior del remolque, es decir, la caja en sí. De este modo nace el contenedor. En menos de diez años, el sistema se extiende por todo el mundo ya que, además de optimizar el espacio a bordo de los barcos, ofrece un impresionante ahorro de tiempo durante las manipulaciones. A continuación, Mac Lean decide normalizar internacionalmente los contenedores y en 1961 logra que la ISO fije unas dimensiones estándar de los contenedores de 20', 30' y 40'. El contenedor constituye el principal componente del tráfico mundial de mercancías diversas. Para mantener su competitividad frente a los grandes puertos europeos, el Puerto Autónomo de Le Havre (hoy Gran Puerto Marítimo de Le Havre) lanzó el proyecto Port 2000, cuyas terminales, accesibles sin paso de esclusa ni restricción de marea, están exclusivamente reservadas a los porta-contenedores. Además, y para optimizar la rapidez de tránsito de las mercancías, una plataforma logística garantiza el enlace directo entre las terminales y las redes ferroviarias, fluviales y viales. Port 2000 se inscribe en la línea de las anteriores ampliaciones del puerto, al tiempo que constituye un ejemplo en materia de ecología y desarrollo sostenible. Por primera vez en Europa, una operación de este tipo dedicaba el 5% de su presupuesto a la preservación de la fauna y la flora del estuario. Con un potencial de 12 terminales de atraque de 350 m cada una, Port 2000 permite a Le Havre figurar entre los mayores puertos marítimos del noroeste de Europa y asentarse como puerto de París. Las primeras terminales de Port 2000 se inauguraron el 30 de marzo de 2006. Las obras de las dos últimas terminales empezaron en verano de 2020. □

LE HAVRE PORT 2000

Construction du quai extérieur en paroi moulée

Jean-Luc Gobert

DIRECTEUR DE PROJET
Solétanche Bachy France



Le quai extérieur de Port 2000 concerne quatre nouveaux postes à quais en eau profonde, pour une longueur totale de 1602 m. Ces travaux, confiés à Solétanche Bachy France intervenant en entreprise générale, viennent de s'achever dans les délais alors même que sont survenus deux événements imprévus majeurs. Le premier événement est d'ordre hydrogéologique et a nécessité la réalisation d'écrans au coulis profonds et le renforcement de la capacité de rabattements de nappe. Le deuxième est le sinistre survenu en août 2003 suite à la rupture accidentelle d'un batardeau provisoire, dont la réparation a nécessité la démolition puis la reconstruction de 240 m de quai dans un contexte géotechnique et maritime très complexe. Les délais répondant aux desiderata du maître de l'ouvrage ont néanmoins pu être tenus.

Le port du Havre, premier port de conteneurs et deuxième port pétrolier de France, a décidé d'augmenter sa capacité en construisant, à l'extérieur du port existant, un nouveau port en eau profonde.

La première tranche des travaux d'équipements liés à ce projet concernait la mise en service, à l'abri d'une nouvelle digue de protection, d'un ensemble de quatre postes pour un linéaire de quai de 1602 m, dans une opération baptisée "Quai extérieur" attribuée à Solétanche Bachy France dans le cadre d'un marché d'entreprise générale.

Ces travaux, commencés en mai 2001 (ordre de service), ont été réceptionnés par le Port Autonome du Havre en avril 2005. Ils comprennent l'ensemble des diverses opérations nécessaires à ce type d'ouvrage : fondations, rabattement de nappe, terrassements et dragages, génie civil, rideaux d'ancrage et tirants, pose des appareils et des voies de portiques.

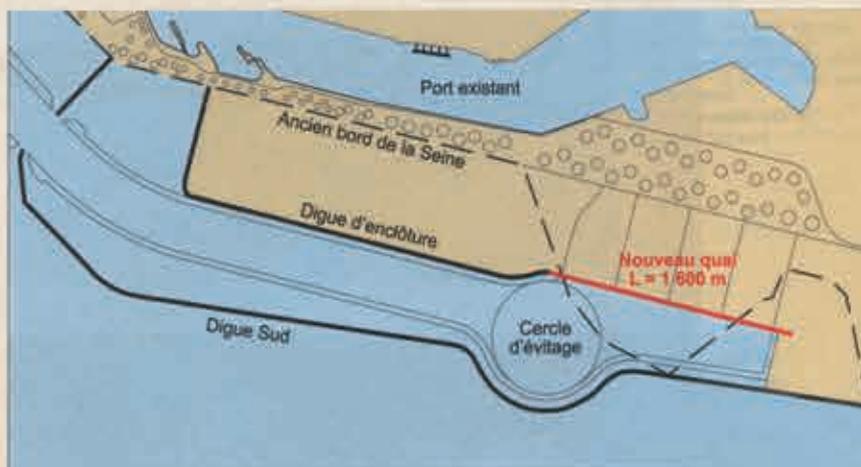
Le présent article décrit le projet et sa réalisation, y compris les travaux de réparation d'une partie de l'ouvrage accidentellement sinistrée pendant l'exécution.

■ PRÉSENTATION DU SITE

Le croquis de la figure 1 présente, vu en plan, le contexte initial de l'opération "Quai extérieur" : un site terrestre mais quasiment marin à ses extrémités est et ouest et dont le régime hydrogéologique est soumis à l'influence de la marée.

Le site a été gagné sur la Seine par remblaiement hydraulique, et ce depuis la fin de la seconde guerre mondiale, au gré des aménagements progressifs du port du Havre.

On trouve donc en surface des remblais en cours



de consolidation issus des refoulements hydrauliques et dont la plus grande partie se trouvait avant les travaux à la cote + 10 CMH environ. L'ancien lit du fleuve était initialement vers la cote 0 CMH. Il est constitué de dépôts alluvionnaires récents dits "dépôts vasards". Le projet prévoit d'évacuer entièrement cette couche et de lui substituer un remblai de meilleures caractéristiques. La couche principale, de 19 à 29 m d'épaisseur, est composée de sables fins à grossiers, répartis en deux formations principales : en partie supérieure, des sables fins coquilliers, généralement assez propres et pulvérulents avec intercalations locales de fins lits silteux ; en partie inférieure, des sables fins à grossiers gris-verts avec des graviers roulés et des galets, ce faciès comportant des inclusions de sables fins à moyens.

En profondeur, on trouve des sédiments fins continentaux constitués de silts plastiques, formations qui constituent une barrière hydraulique par rapport aux alluvions. Ces dernières, appelées "graves de fond" sont constituées de sables grossiers, de graviers assez anguleux, de galets de silice et de blocs

Figure 1
Contexte d'implantation du quai extérieur de Port 2000
Location context of the Port 2000 outer quay

LE HAVRE PORT 2000

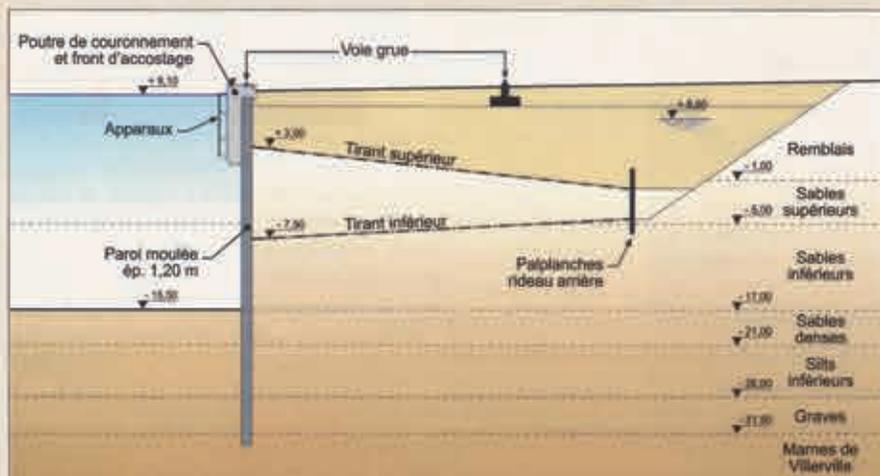


Figure 2
Coupe type
de la structure du quai
Typical cross section
of the quay structure



Photo 1
Réalisation de la paroi
moulée formant le quai
Construction
of the diaphragm wall
forming the quay



Photo 2
Réalisation
du génie civil
de la poutre
de couronnement
Performance
of civil engineering
for the coping
girder

- ◆ la nappe des sables qui s'établit à la cote + 6,50 CMH environ;
 - ◆ la nappe des gravés ; les piézomètres montrent qu'elle suit la marée avec une amplitude amortie mais sans déphasage.
- La marée varie entre + 0,10 CMH et + 9,10 CMH. Les terrassements se font à l'abri d'un rabattement de nappe à - 1,0 CMH pour le terrassement devant la paroi côté mer et - 8,50 CMH derrière la paroi côté terre.

PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

La structure est constituée d'une paroi moulée implantée au droit de la future voie de roulement avant des portiques. Cette paroi est ancrée dans les marnes de Villerville en profondeur. Elle est surmontée par un masque d'accostage et une poutre béton armé liaisonnant les panneaux de paroi moulée entre eux et servant de support aux futurs équipements du quai : défenses, bollards, échelles, voies de portique et autres appareils.

En phase définitive, le quai ainsi constitué est retenu par un dispositif d'ancrage arrière constitué de deux nappes de tirants passifs inclinés. Les tirants sont mis en place au fur et à mesure, après un terrassement sur plus de 17 m de hauteur, et accrochés à un rideau de palplanches arrière. Une fois achevés ces travaux, qui comprennent notamment le remblai en arrière du quai, on procède au dragage à sa côté définitive de la future darse en avant du quai.

La figure 2 présente une coupe type de la structure, sur laquelle est également représentée la voie arrière de portique sur semelle filante positionnée à 35 m en arrière du bord du quai.

PHASAGE ET POINTS PARTICULIERS DES TRAVAUX

En raison des conditions hydrogéologiques particulières de ce site en bordure de l'estuaire de la Seine, la réalisation des travaux doit obéir à un phasage strict.

Ainsi, les diverses phases principales de réalisation des travaux comprennent-elles :

- ◆ phase 1: travaux préparatoires, décapage et débroussaillage des zones de travail et des zones de dépôt, mise en place de la logistique complète du site y compris les zones d'assemblage des aciers, le montage des centrales bétons, les accès pour l'approvisionnement par voie ferrée des aciers, des tirants et des palplanches;
- ◆ phase 2: réalisation de la paroi moulée (photo 1);
- ◆ phase 3: mise en œuvre des rabattements de nappe en avant et en arrière du quai sachant que, compte tenu des hypothèses de dimensionnement

de plus de 100 mm. Le substratum, quant à lui, est formé des marnes de Villerville (argile marneuse noire ferme à raide) qui règnent entre - 29 et - 32 CMH.

Trois nappes phréatiques différentes ont été identifiées :

- ◆ la nappe superficielle des dépôts vasards qui varie, selon la perméabilité, entre + 10 CMH à l'est et + 6,6 CMH au nord-ouest; elle n'existe plus après le terrassement;

de la paroi moulée, les travaux ne peuvent être poursuivis que si les conditions de rabattement sont satisfaites ;

◆ phase 4 : terrassement sous rabattement en avant du quai et réalisation des travaux de génie civil du masque d'accostage et de la poutre de chaînage en tête de paroi (photo 2) ;

◆ phase 5 : terrassement en arrière du quai sous rabattement provisoire de la nappe ;

◆ phase 6 : mise en œuvre du rideau arrière de palplanches et du lit inférieur de tirants ;

◆ phase 7 : remblais première phase et pose du lit de tirants supérieur ;

◆ phase 8 : remblais seconde phase, remontés quasiment jusqu'au niveau final (photo 3) ;

◆ phase 9 : arrêt des rabattements de nappe provisoires, le quai étant alors en sécurité ;

◆ phase 10 : dragage de la darse de Port 2000, en avant du quai (photo 4) ;

◆ phase 11 : installation des différents appareils sur le quai et réalisation de la vole arrière de portique ;

◆ phase 12 : travaux de finition : talus de fond de darse, reprofilage de digue, remblais troisième phase en arrière du quai et finitions diverses.

Ce phasage est présenté de manière très simplifiée. Il ne mentionne pas les travaux de détection d'engins de guerre, de décapage général de la darse, de démolition des digues (digue de la fosse CIM et nouvelle digue ouest) qu'il a fallu également réaliser. Mais il permet de souligner le rôle vital joué par les rabattements de nappe dans la faisabilité du projet.

Or, il est apparu dans le cours de la réalisation qu'il était impossible d'atteindre les objectifs de rabattement correspondant aux hypothèses de calcul. Ainsi, à l'issue d'une analyse poussée faisant intervenir de nombreux essais en vraie grandeur, il a fallu prendre la décision de réaliser des écrans étanches au coulis, seule solution permettant de mener le chantier à terme. Le dispositif constitué par ces parois étanches, implantées en forme de U aux extrémités des 1602 m de quai, a été complété par une augmentation importante des puits et de la capacité de pompage.

Bien entendu, ces travaux ont été réalisés avant tout terrassement, tant en avant qu'en arrière du quai. Ils ont nécessité la mise en œuvre de moyens exceptionnels afin de limiter l'impact sur le planning général de cette tâche située sur le chemin critique. Cet écran étanche à 42 m de profondeur a été réalisé sous coulis à l'eau de mer auto-durcissant.

■ LE SINISTRE DU 6 AOÛT 2003

Dans la nuit du 5 au 6 août 2003, est survenue la rupture accidentelle d'un batardeau. Le niveau d'eau en avant du quai, c'est-à-dire côté mer, est bruta-



Photo 3
Palplanches, tirants et remblais en arrière du quai

Sheet piling, tension members and backfill to the rear of the quay



Photo 4
Dragage de la darse en avant du quai

Dredging the dock in front of the quay

lement monté de plusieurs mètres, alors que la paroi moulée était terrassée sur toute sa hauteur en arrière du quai, sur une longueur de 240 m. Les structures qui n'étaient pas calculées pour cette surcharge hydraulique se sont alors fortement déformées.

La déformation a atteint 2 m en tête de paroi. Suite à l'analyse de la situation, il s'est avéré nécessaire d'envisager :

◆ de ne plus pouvoir utiliser la structure existante ;

◆ de reconstruire des fondations en arrière de la structure déformée, sachant que toute solution par l'avant qui engagerait le gabarit maritime était proscrite ;

◆ de démolir les structures de génie civil fissurées, ainsi que la paroi moulée attenante.

Mais il a également été constaté :

◆ que la démolition complète de la paroi déformée était impossible compte tenu de sa profondeur incompatible avec les niveaux de nappe mesurés depuis l'origine (+ 0,00 CMH) ;

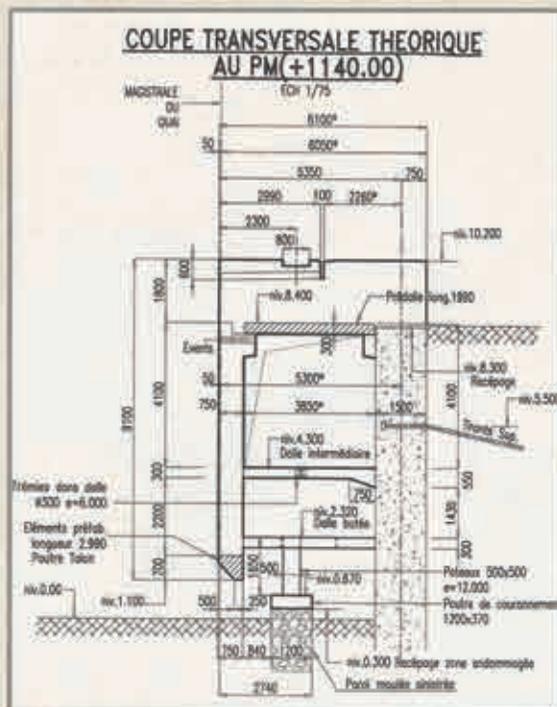
◆ qu'une solution de reprise en sous-œuvre de la

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Paroi moulée et paroi étanche : 150 000 m³
- Béton : 150 000 m³
- Acier : 20 000 t
- Tirants : 125 000 m
- Palplanches : 6 000 t
- Dragages : 10 000 000 m³
- Terrassement : 3 500 000 m³

LE HAVRE PORT 2000

Figure 3
Réparation de la partie
sinistrée: coupe type
*Repair of the damaged section:
typical cross section*



structure ne permettait pas de retrouver la fonctionnalité de la paroi moulée dans ses aspects de coupe étanche et résistante.

C'est pourquoi le principe général retenu a été de reproduire une fondation similaire à l'arrière de la partie sinistrée, soit une paroi moulée en béton armé dont les dimensions permettaient de reprendre l'ensemble des cas de charges du quai courant et de supporter une structure de génie civil plus large en tête afin de respecter la rectitude de la magistrale du quai sur toute la longueur de 1602 m de l'ouvrage.

Pour éviter une section transversale variable nécessitant des études, des plans d'exécution, des méthodes et du matériel différents selon les profils considérés, la position de la nouvelle paroi moulée de fondation a été calée à une distance constante de la magistrale du quai, dont le minimum compatible avec sa réalisation au droit du point maximal de la déformée de la paroi existante.

Ainsi, en partie courante de la zone sinistrée, le mur de quai est-il constitué d'une paroi moulée de 1,50 m d'épaisseur ancrée dans les marnes de Villerville à la cote - 34,00 et arasée à la cote + 8,40 CMH.

Cette paroi est surmontée par une structure de génie civil dont la dimension a été optimisée pour prendre en compte les contraintes de fonctionnement du quai, d'une part, tout en minimisant son poids propre, lequel induit des moments importants dans la paroi du fait de l'excentrement bien supérieur dans la partie sinistrée à ce qu'il est dans le cas de figure d'origine. En effet, cette poutre est en débord de 4,60 m par rapport au nu de la paroi finale; elle est prolongée vers le bas, sur la face côté mer, par une structure en béton armé comportant des éléments pleins au droit des défenses d'accostage et, entre ces éléments, d'un ensemble structurel constitué de poutres, voiles et nervures, formant le front d'accostage.

En partie supérieure, une poutre-dalle de couronnement coiffe le génie civil sous-jacent et la paroi moulée en y incorporant les accessoires de fonctionnement et appareils du quai (rail de portique, nez de quai, échelles, bollards, etc.).

La paroi moulée de réparation est ancrée, à l'arrière, au moyen de deux lits de tirants à extrémités refoulées, posés à + 5,50 CMH et - 7,50 CMH, du même type que celui utilisé dans le projet d'origine, accrochés au rideau arrière en palplanches. Le détail de cette partie courante est représenté sur la figure 3.

Aux extrémités de la paroi de réparation, est constitué un retour sous forme d'une barrette perpendiculaire à la magistrale du quai afin de constituer une enceinte de soutènement résistante vis-à-vis des terres constituant le terre-plein arrière du quai. Ce raccordement doit être traité afin de minimiser la mise en charge hydraulique de la zone située juste derrière la paroi moulée sinistrée par rapport au

Photo 5
Vue générale des travaux
de réparation en cours
sur la partie sinistrée
*General view of repair
work in progress
on the damaged section*



Photo 6
Co-activité
en arrière du quai
*Concurrent work
to the rear of the quay*



niveau de la mer et de réaliser la continuité de la coupure entre le terre-plein arrière et la darse.

■ LES CONTRAINTES D'EXÉCUTION DE LA RÉPARATION

Elles règnent essentiellement sur les phases suivantes.

Les travaux de démolition de la structure

Afin d'assurer une bonne reprise et la continuité de l'ouvrage, la zone à démolir a été désolidarisée de la zone à conserver. Cette démolition a été réalisée en sécurité jusqu'à la cote + 0,30 CMH.

Ceci nécessite :

- ◆ un sciage vertical dans une zone non armée afin de conserver les armatures existantes et pouvoir réaliser un raccordement entre les deux structures sans trop de difficultés, en désolidarisant complètement les deux structures ;
- ◆ un sciage horizontal, à la cote + 0,30 CMH, sur 1 à 2 m vers la partie à démolir, afin de créer un point d'affaiblissement de la structure et de réduire à un niveau admissible la transmission de vibrations ;
- ◆ le maintien des ouvrages provisoires à chaque extrémité de la zone à démolir, compatible avec la pente de talus, l'exposition à la houle ;
- ◆ le maintien d'un rabattement assurant la sécurité des fouilles, et toutes les conséquences en découlant.

Les travaux de paroi moulée

(photo 5)

Afin de garantir la stabilité de l'excavation de la nouvelle paroi moulée, les dispositions suivantes ont été prises :

- ◆ la réalisation de demi-colonnes de jet grouting, afin de stabiliser jusqu'à une profondeur suffisante le coin de terre subsistant entre ancienne et nouvelle paroi ;
- ◆ un pompage actif par l'intermédiaire de puits convenablement disposés entre les deux parois et servant à maintenir un équilibre hydrostatique de la nappe des sables inférieurs, entre les deux côtés de la nouvelle paroi en cours de réalisation.

Les contraintes de sécurité

L'analyse de l'ensemble complexe des problèmes a conduit à prendre des dispositions sur le déroulement du chantier différentes de celles du projet d'origine. Il convenait en effet de contrôler le risque de provoquer d'autres incidents pendant la réparation.



Photo 7
Double rideau de palplanches de protection de la partie sinistrée

Double sheet piling curtain for protection of the damaged section



Photo 8
Vue des postes 3 et 4 pendant les travaux de réparation

View of berths 3 and 4 during the repair work

Ces dispositions spécifiques à la zone à réparer ont porté principalement sur la conduite des mouvements de terre ainsi que sur la protection de la zone à réparer. Ainsi :

- ◆ la phase de déblai-remblai en arrière du quai est réalisée avant le génie civil, afin de se retrouver au plus vite dans les conditions d'un ouvrage remblayé à l'arrière et dès lors insensible aux effets d'une inondation à l'avant (photo 6) ;
- ◆ un double rideau de palplanches liaisons par tirants a été mis en place afin de protéger l'ouvrage en cours de construction contre les assauts de la mer (photo 7).

Résultats (photo 8)

Il faut se rendre compte que l'échelle de ce chantier était exceptionnelle dès l'origine et que l'ampleur des travaux de réparation nécessités par le sinistre du 6 août 2003, aussi bien en termes de démolition qu'en termes de reconstruction, en a

LE HAVRE PORT 2000

► fait un chantier dans le chantier, tout aussi exceptionnel.

L'analyse rationnelle du problème, la réactivité de tous les intervenants et la mise en œuvre de moyens puissants ont permis de réaliser la réparation sur 240 m de quai et de livrer les quatre postes à quai le 1^{er} avril 2005, après un peu moins de 4 ans de travaux au total.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Port Autonome du Havre

Maitre d'œuvre

Port Autonome du Havre

Entreprise générale

Solétanche Bachy France

Sous-traitants

- Dragage : Atlantique Dragage
- Terrassement : Semen TP et Dambre
- Génie civil : Muller GC
- Palplanches : Leduc
- Pose de voie : Lamblin
- Armatures : EPA
- Contrôle externe : Rincent BTP

ABSTRACT

*Construction
of the diaphragm wall
outer quay*

J.-L. Gobert

The outer quay of Port 2000 concerns four new deep-water berths, of total length 1602 m. These works, awarded to Solétanche Bachy France acting as main contractor, were recently completed on time even though two major unforeseen events occurred. The first event is of a hydrogeological nature and required the construction of deep grouting screens and reinforcement of the water table lowering capacity. The second is a disaster that occurred in August 2003 following the accidental breakage of a temporary cofferdam, whose repair required the demolition and then the reconstruction of 240 linear metres of quay in a very complex geotechnical and maritime context. The completion deadlines required by the contracting authority were nevertheless able to be met.

RESUMEN ESPAÑOL

*Construcción del muelle
exterior en pantalla
continua*

J.-L. Gobert

El muelle exterior de Port 2000 se refiere a cuatro nuevos amaraderos en agua profunda, para una longitud total de 1602 m. Estos trabajos, encargados a Solétanche Bachy France que interviene a título de empresa general, acaban de finalizarse según los plazos mientras que al mismo tiempo intervenían dos eventos imprevistos importantes. El primer evento es de orden hidrogeológico y ha precisado la ejecución de pantallas con lechadas profundas y la consolidación de la capacidad de descensos de capa. El segundo evento corresponde al siniestro acaecido en agosto de 2003 a raíz de la ruptura accidental de una ataguía provisional, cuya distribución ha necesitado el derribo y a continuación la reconstrucción de 240 m de muelle en un contexto geotécnico y marítimo sumamente complejo. No obstante, los plazos que corresponden a los deseos del responsable del proyecto se han podido respetar.

SMA



L'ASSUREUR DEPUIS 160 ANS AU SERVICE DU BTP

Retrouvez tous nos produits d'assurance sur groupe-sma.fr



SMABTP
BÂTIR L'AVENIR AVEC ASSURANCE

SMAVIE

Engineering a Better Solution

Depuis 140 ans, le Groupe Maccaferri apporte à ses partenaires sa capacité d'innovation dans la réalisation d'ouvrages de haute technicité et d'une exceptionnelle longévité, sous la devise «Engineering a Better Solution».

Ses solutions sont pensées autour d'une double préoccupation : répondre à la dimension écologique et financière de chacun de vos projets, grâce à son expérience et son expertise acquises au fil des années.

MACCAFERRI



Digue entre le pont du Lay
et la Pergola
L'Aiguillon-sur-Mer (85)
Entreprise Charlier

Protection de la digue contre l'érosion
et les anti-touisseurs en géogrille
tridimensionnelle MacMat®-R
54 000 m²