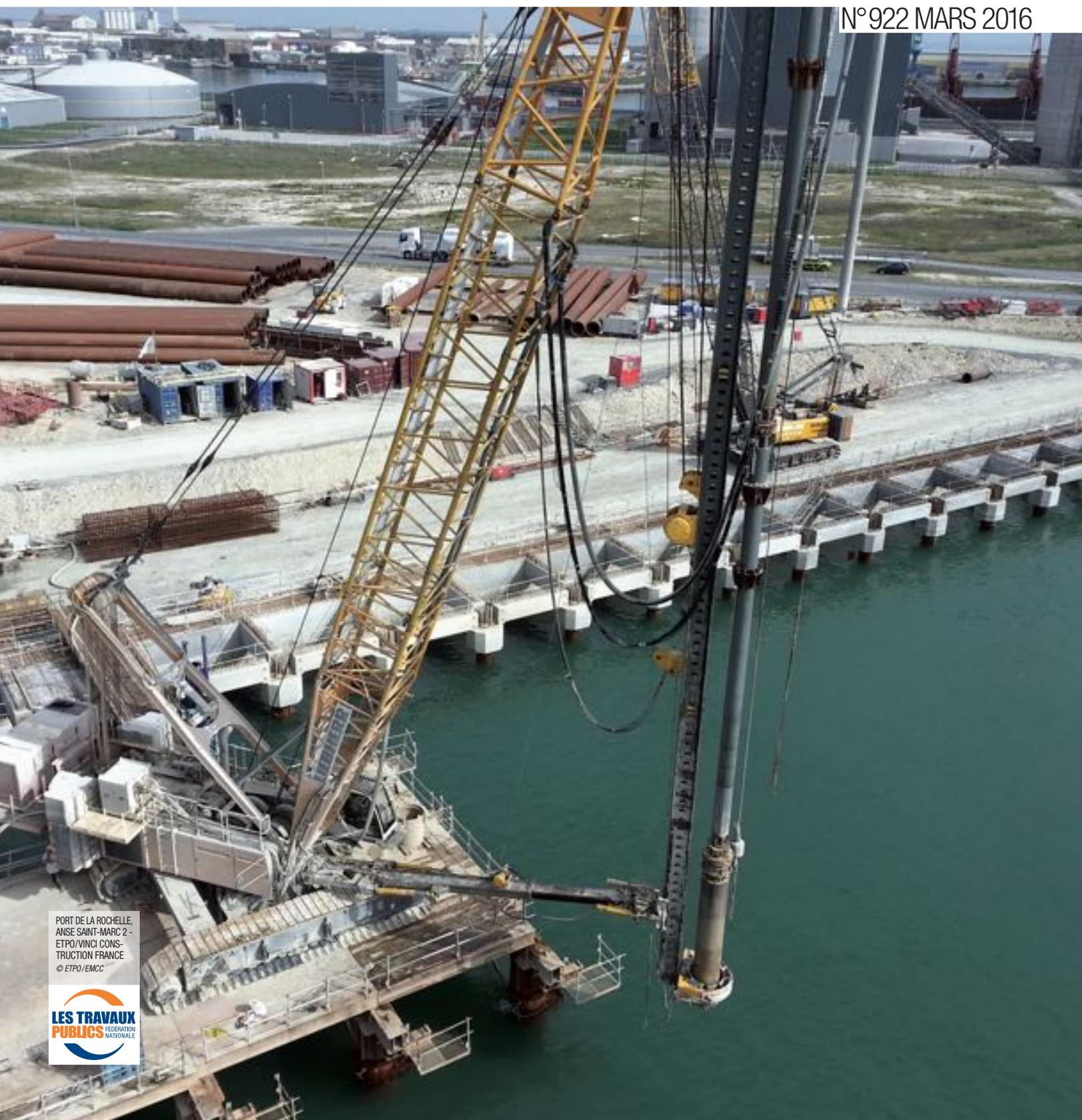


TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX. REMPIETEMENT QUAI DE L'USINE TECHNIP FLEXI FRANCE DU TRAIT, ANSE SAINT-MARC 2 A LA ROCHELLE. SEINE-ESCAUT, BARRAGES A AIGUILLES DE L' AISNE ET DE LA MEUSE. QUAI H DANS LE PORT DE SETE. RENFORCEMENT D'UN QUAI A ROUEN. ECLUSE DE ROCHETAILLEE-SUR-SAONE. OUVRAGES HYDRAULIQUES EN GABIONS DES BOUISSES. QUAI DE PORT-AUX-FRANCAIS : ILES KERGUENEN. PRISES D'EAU CENTRALE THERMIQUE EDF DE CORDEMAIS

N°922 MARS 2016



PORT DE LA ROCHELLE,
ANSE SAINT-MARC 2 -
ETPO/VINCI CONSTRUCTION FRANCE
© ETPO/EMCC

LES TRAVAUX PUBLICS
FÉDÉRATION NATIONALE

- when it has to be right

Leica
Geosystems

VITESSE ET PRECISION !

NOS SOLUTIONS VONT ACCROÎTRE VOTRE PERFORMANCE ET OPTIMISER VOTRE TRAVAIL SUR LES CHANTIERS :
LE SYSTEME DE GUIDAGE ICON EST FAIT POUR VOUS



scanlaser

MACHINE CONTROL



SCANLASER

60 ROUTE DE SARTROUVILLE - BÂTIMENT N°2 - 78230 LE PECQ
TÉL. 0130156150 - MARKETING@SCANLASER.FR

Directeur de la publication
Bruno Cavagné**Directeur délégué**
Rédacteur en chef
Michel Morgenthaler
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. +33 (0)1 44 13 31 03
morgenthalerm@fntp.fr**Comité de rédaction**
Hélène Abel (Ingerop), David
Berthier (Vinci Construction France),
Sami Bounatirou (Bouygues TP),
Jean-Bernard Datry (Setec), Philippe
Gotteland (Fntp), Jean-Christophe
Goux-Reverchon (Fntp), Laurent
Guilbaud (Saipem), Ziad Hajar
(Eiffage TP), Florent Imberty
(Razel-Bec), Claude Le Quééré (Egis),
Stéphane Monleau (Soletanche Bachy),
Jacques Robert (Arcadis), Claude
Servant (Eiffage TP), Philippe Vion
(Systra), Michel Morgenthaler (Fntp)**Ont collaboré à ce numéro**
Rédaction
Monique Trancart, Marc Montagnon**Service Abonnement et Vente**
Com et Com
Service Abonnement TRAVAUX
Bât. Copemic - 20 av. Édouard Herriot
92350 Le Plessis-Robinson
Tél. +33 (0)1 40 94 22 22
Fax +33 (0)1 40 94 22 32
revue-travaux@cometcom.frFrance (9 numéros) : 190 € TTC
International (9 numéros) : 240 €
Enseignants (9 numéros) : 75 €
Étudiants (9 numéros) : 50 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)
Multi-abonnement : prix dégressifs
(nous consulter)**Publicité**
Rive Média
2, rue du Roule - 75001 Paris
Tél. 01 42 21 88 02 - Fax 01 42 21 88 44
contact@rive-media.fr
www.rive-media.fr**Directeurs de clientèle**
Bertrand Cosson - LD 01 42 21 89 04
b.cosson@rive-media.fr
Carine Reininger - LD 01 42 21 89 05
c.reinger@rive-media.fr**Site internet :** www.revue-travaux.com**Édition déléguée**
Com'1 évidence
Siège :
101, avenue des Champs-Élysées
75008 PARIS
Tél. bureaux : +33 (0)2 32 32 03 52
revuetravaux@com1evidence.comLa revue Travaux s'attache, pour l'information
de ses lecteurs, à permettre l'expression de
toutes les opinions scientifiques et techniques.
Mais les articles sont publiés sous la
responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur
se réserve le droit de refuser toute insertion,
jugée contraire aux intérêts de la publication.Tous droits de reproduction, adaptation, totale
ou partielle, France et étranger, sous quelque
forme que ce soit, sont expressément réservés
(copyright by Travaux). Ouvrage protégé ;
photocopie interdite, même partielle
(loi du 11 mars 1957), qui constituerait
contrefaçon (code pénal, article 425).Editions Science et Industrie SAS
9, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n°0218 T 80259
ISSN 0041-1906

L'EUROPE OUVRE UNE NOUVELLE VOIE POUR LE FLUVIAL



© DR

La voie d'eau a porté la croissance économique en Europe et en Amérique du Nord à la fin du 19^e siècle dans une dynamique d'investissement soutenue qui a structuré de nombreux développements industriels.

La relance de la voie d'eau initiée par la Commission européenne, après un siècle de faibles investissements, notamment en France, apporte une solution industrielle et logistique aux enjeux de mobilité de l'économie européenne.

La mutualisation et la massification des flux dans une logique de « juste à temps » sont des facteurs de croissance durable de nos activités économiques : réduction des coûts logistiques, économie d'espace, préservation de l'environnement.

L'attractivité de nos ports maritimes et les échanges européens bénéficieront d'une synergie renforcée entre les solutions fluviales et ferroviaires : c'est le cœur de la stratégie multimodale européenne. Cela a conduit les États membres à retenir la liaison fluviale européenne Seine-Escaut comme projet prioritaire en avril 2004 et à la signature en décembre 2015 de l'accord de financement portant sur 50 % des coûts des études et 40 % des coûts des travaux du canal

Seine-Nord Europe pour développer les corridors multimodaux Mer du Nord-Méditerranée et Atlantique.

L'élaboration et la mise en œuvre de ces solutions mobilise dans la durée de très nombreux acteurs publics et privés. La réalisation d'un nouveau couloir industriel et logistique, autour d'une infrastructure très étroitement intégrée au sein de son territoire, apporte de nouvelles solutions aux entreprises et aux habitants des communes et des villes du réseau Seine-Escaut.

La performance du système de transport, l'intégration architecturale paysagère et environnementale du canal, la qualité des ouvrages d'art sont les défis à relever aujourd'hui par les acteurs européens de la conception et de la construction fluviales pour que Voies navigable de France puisse ensuite valoriser l'ensemble des fonctions de la voie d'eau depuis le transport de marchandise jusqu'au tourisme, en minimisant la mobilisation des ressources hydrauliques et énergétiques.

Les ressources de nos entreprises mobilisées pour les travaux pourront aussi se développer dans la durée avec de nouvelles compétences nécessaires demain à l'évolution et à la structuration de nos filières industrielles et logistiques (agro-industrie, construction, recyclage, automobile, grande distribution) comme à la valorisation territoriale de nos pôles d'excellence (Ressources et Agro-industrie, I-Trans, Novalog, ...).

La voie d'eau offre un cadre nouveau de développement des expertises techniques et économiques au service d'un marché européen et international, pour inventer de nouvelles solutions, celles que nos entreprises ont su concevoir dans le monde entier, celles qui sont porteuses de croissance pour l'avenir, celles qui sont aussi au cœur du quotidien de chacun d'entre nous le long des fleuves et canaux d'Europe.

NICOLAS BOURDIRECTEUR DES LIAISONS EUROPÉENNES ET DE L'INNOVATION
VOIES NAVIGABLES DE FRANCE



TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

CONSTRUCTION DU QUAI H DANS LE PORT DE SÈTE © SOLETANCHE BACHY



04 ALBUM

08 ACTUALITÉ



20

**FRÉDÉRIC MONCANY
DE SAINT-AIGNAN**
CROISSANCE BLEUE :
LES ATOUTS DE LA FRANCE

22 DURMEYER : L'INNOVATION EN FIL ROUGE
DE LA CROISSANCE



30

**REMPIÈTEMENT
DU QUAI DE L'USINE
TECHNIP FLEXI FRANCE**
du Trait (76)



36

ANSE SAINT-MARC 2
Construction d'un quai de 200 m
à La Rochelle



42

SEINE-ESCAUT
Une nouvelle porte d'entrée
en Europe



48

**RECONSTRUCTION DES
BARRAGES À AIGUILLES**
de l'Aisne et de la Meuse



54

**CONSTRUCTION
DU QUAI H**
dans le port de Sète



61

**RENFORCEMENT D'UN QUAI
SOU MIS À DES RISQUES
D'EFFONDREMENT**
à Rouen



68

**ALLONGEMENT
DE L'ÉCLUSE**
de Rochetaillée-sur-Saône



74

**OUVRAGES HYDRAULIQUES
EN GABIONS**
pour la sécurisation du bassin
versant instable des Bouisses (06)



80

**CONFORTEMENT DU QUAI
DE PORT-AUX-FRANÇAIS**
aux îles Kerguelen



86

**RECONSTRUCTION
DES PRISES D'EAU
DE LA CENTRALE
THERMIQUE EDF**
de Cordemais (44)





CHIRURGIE RÉPARATRICE LOURDE ET DÉLICATE SUR UN QUAI DATANT DE 1889

GRAND Port Maritime de Rouen a confié à Soletanche Bachy France/Bouygues TPRF la réparation du vénérable quai de la presqu'île Rollet en Seine, long de 200 m, fondé sur des pieux en bois, qui menaçait de s'effondrer. C'est l'occasion de rappeler que le bois est un ennemi sournois du foreur. Cette opération lourde a été menée avec succès et dans des conditions de haute sécurité sur un ouvrage en équilibre très précaire, en mobilisant des moyens d'étude, technologiques et de surveillance appropriés. Un équipement de forage original a permis de ne pas s'approcher à moins de 12 m. (voir article page 61).



© GPMR



LA CENTRALE THERMIQUE A SOIF REEMPLACEMENT DE PRISES D'EAU

LES prises d'eau de centrale sont des ouvrages hydrauliques complexes, invisibles et dont le rôle est crucial. Eiffage GC établissement Ouest / Etmf Ouest / Charier GC / Eiffage CG département Hydraulique ont démolé et reconstruit des prises d'eau en Loire de la centrale thermique EDF de Cordemais, la plus puissante de France. Il s'agit des prises des tranches 4 et 5 datant de 1984. Courant de 5 nœuds, sujétions de navigation et d'environnement, battillage de 1 m, palplanches de 37 m, les contraintes n'ont pas manqué pour déconstruire et reconstruire en respectant un programme strict assurant la continuité du fonctionnement. (voir article page 86).



TRAVAUX EN VUE DE LA RÉOUVERTURE DU CANAL DE LA SAMBRE À L'OISE



Le pont-canal de Vadencourt (Aisne), 28 m de long, franchit l'Oise. Certaines arches de l'ouvrage en briques et pierre de taille construit en 1835-1838, peuvent rompre. Il est à sec depuis 2006.

© VNF NORD/PAS-DE-CALAIS

Le canal de la Sambre à l'Oise devrait rouvrir entièrement en 2020. Les financements ont été trouvés. Une partie de l'itinéraire de 71 km entre Tergnier (Aisne) et Landrecies (Nord) avait été fermé en mars 2006. En effet, à mi-parcours, deux ponts-canaux, celui de Vadencourt (Aisne) à l'est de Saint-Quentin et celui de Macquigny à l'ouest

de Guise, menacent ruine. Le premier, ouvert en 1839, pouvait accueillir des péniches au gabarit Freycinet mais avait surtout conservé de la navigation de plaisance, le second également. Les travaux de remise en état de ces ouvrages et des écluses avaient été envisagés mais, faute de financement, n'avaient jamais été planifiés.

Les premières démarches auprès des collectivités locales visaient à leur transmettre l'axe fluvial dans le cadre de la décentralisation, ce qu'elles ont refusé. Les négociations ont repris en 2014. Grâce à l'association Réussir notre Sambre qui regroupe les 7 intercommunalités concernées, un partenariat a finalement été conclu en 2015 entre ces collectivités et Voies navigables de France, gestionnaire pour l'État.

→ Engagement financier des communes

Deux engagements financiers ont été signés, l'un pour des travaux en juin 2015, l'autre pour le fonctionnement du canal, en décembre. Les montants à investir sont programmés dans les contrats de plan État-région 2015-2020. Les régions Nord/Pas-de-Calais et Picardie, aujourd'hui regroupées, prennent à leur charge 6 millions d'euros avec

participation du Conseil départemental de l'Aisne, et VNF, 6 millions.

→ Deux ponts-canaux à reconstruire

« Nous ne voulions pas lancer l'investissement sans être sûrs d'un engagement parallèle de financement du fonctionnement sur plusieurs années, relate Isabelle Matykowski, directrice territoriale de VNF Nord/Pas-de-Calais. Nous avons négocié pour qu'il y ait partage avec VNF. C'est une première pour un canal à vocation principalement touristique d'avoir des intercommunalités qui apportent de l'argent au fonctionnement, ici 850 000 euros sur les 2,35 millions d'euros que coûtent les salaires, l'électricité et l'entretien courant. » Les communes tireront des revenus du retour de la navigation de plaisance sur leur territoire.

Les études déjà réalisées jusqu'à présent seront actualisées. L'idée de reconstruire deux des quatre ponts-canaux, au lieu de les conforter, reste valide (4 millions d'euros par ouvrage). L'appel d'offres pour la maîtrise d'œuvre aura lieu au 2^e trimestre 2016. Les travaux commenceront en 2018 voire en 2019 pour une remise en service en 2020.

Le canal de la Sambre à l'Oise représente avec la Sambre canalisée un axe fluvial de 116 km jusqu'à la frontière belge.

À l'avenir, d'autres travaux seront nécessaires : remise en état des berges et du chemin de halage (milieu aquatique, randonnée), dragage (retrouver le gabarit d'origine), automatisation des ouvrages hydrauliques, etc. ■

BALINEAU

FONDATEURS SPÉCIALES ET TRAVAUX NAUTIQUES



Forage au chapeau droit

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



Société de construction de ponts pour piles battues

Métropole
Siège social et bureaux :
 3 avenue Paul Langevin
 ENORA Park - CS 30039
 33605 PESSAC cedex
 Tél. : +33 (0) 5 57 89 16 78
 fax : +33 (0) 5 56 07 34 78
 balineau@balineau.fr

Antilles :
 Rue Nobel - Z.I. de Jarry
 BP 2183
 97795 JARRY cedex
 Tél. : +590 (0) 590 32 59 30
 fax : +590 (0) 590 26 89 44
 balineau.antilles@balineau.fr

www.balineau.com



Le pont-canal de Macquigny (Aisne) est le jumeau de celui de Vadencourt (ci-contre). Ses voûtes sont fragilisées. Il est resté en eau.

© VNF NORD/PAS-DE-CALAIS

IL Y A TOUJOURS UNE SOLUTION IMPERMÉABILISATION CERMIX POUR VOTRE CHANTIER

CERMIX IMP 301
Mortier d'imperméabilisation

CERMIX IMP 409
Epoxy subaquatique

CERMIX IMP 302
Mortier plug à prise ultra-rapide

Pour toutes vos problématiques d'imperméabilisation et d'étanchéité découvrez :

LA GAMME CERMIX IMP

L'équipe CERMIX MORTIERS SPÉCIAUX vous accompagne sur tous vos chantiers d'étanchéité et d'imperméabilisation :

- Étanchéité de balcons
- Cuvelages d'ascenseurs
- Environnements marins
- STEP
- Bassins de rétention d'eaux pluviales, piscines
- Travaux sous-marins

DAVANTAGE DE PRODUITS DISPONIBLES EN :

- Ciment
- Epoxy
- Polyuréthane (PU)
- Poly-Méthyl-Méthacrylate (PMMA)



CERMIX
mortiers spéciaux

Conseils et assistance techniques sur toutes les phases du chantier !

GRUPE CCFRAC

Cermix mortiers spéciaux c'est aussi :





NOUVEAU QUAI AU PORT DE BÉTHUNE-BEUVRY



Le port avait besoin d'être restructuré pour accueillir plus de marchandises.

Près de 6 millions d'euros vont être consacrés à la rénovation du port de Béthune-Beuvry (Pas-de-Calais). Le port est situé sur le canal d'Aire (territoires de Béthune et de Beuvry), à grand gabarit, et qui relie le littoral maritime au

fleuve l'Escaut. Son extension bénéficiera à des entreprises locales comme Gibert Recyclage/Van Ganswinkel (recyclage et valorisation de déchets industriels banals) ou Charpentier et Claye (céréalière). Elle placera aussi l'in-

frastructure en meilleure position pour capter une partie du trafic généré par le futur canal Seine-Nord-Europe. Le port de commerce appartient à l'État à travers l'établissement public Voies navigables de France et est exploité par

la Chambre de commerce et d'industrie de l'Artois (concession de service public jusqu'en 2022).

Un nouveau quai fluvial de 120 m de long va être construit. Le quai actuel sera restructuré ainsi que la voirie de desserte. Le tonnage de marchandises qui y transitent devrait remonter à plus de 450 000 tonnes en 2018. Il était tombé à 317 000 tonnes en 2014.

Il est prévu que les travaux commencent en septembre et durent six-huit mois. Les entreprises consultées par un appel d'offres européen restreint, remettent leurs propositions fin mars.

→ Plate-forme multimodale

Les 5,8 millions d'euros sont apportés par le Feder (Union européenne), l'État, la Région (Picardie/Nord-Pas-de-Calais), le département du Pas-de-Calais, VNF, la communauté d'agglomération Artois Com' et la CCI Artois.

Le port de Béthune-Beuvry est une plate-forme multimodale (eau, fer, route), comportant un terminal à conteneurs et des embranchements ferrés privés. Il abrite des entrepôts logistiques. ■

3 MISSIONS GRANDS PORTS

Le Premier ministre a lancé trois missions parlementaires visant à renforcer l'attractivité de 4 grands ports afin de « faire de la France une grande porte d'entrée maritime de l'Europe. »

La première mission se penche sur les ports du Havre et de Rouen en lien avec la Seine. Elle est confiée à Valérie Fourneyron, députée, et Charles Revet, sénateur. La deuxième concerne le devenir du port de Dunkerque en lien avec le nord du pays afin d'agrandir sa zone d'influence. Jérôme Bignon et René Vandierendonck, sénateurs, s'en chargent.

La troisième, attribuée à Elisabeth Lamure, sénatrice, et François-Michel Lambert, député, étudiera comment faire de Marseille-Fos avec l'axe Rhône-Saône, la principale porte Sud du marché européen. Préconisations remises en juin après une étape en mars.

PORTS DE PLAISANCE EXEMPLAIRES

Quatre ports de plaisance ont été distingués par le secrétariat d'État chargé des Transports, de la Mer et de la Pêche lors d'un concours des ports exemplaires.

Dans le port de Creil (Oise), des postes d'amarrage et à sec sont créés sur une friche industrielle, dans le cadre d'un écoquartier.

Réaménagement d'une friche également au port de Gruissan (Aude), afin d'augmenter les places à sec, en plus de 350 nouvelles places. Les eaux usées seront réutilisées.

Le port de Binic (Côtes-d'Armor) a reçu une mention pour la gestion permanente du dragage basée sur les marées. Mention également au port de Cassis (Bouches-du-Rhône) pour la gouvernance de sa stratégie environnementale.

MIEUX ENTREtenir LES ROUTES GRÂCE À UN OBSERVATOIRE NATIONAL



Eurovia intervient sur la RD 257 (Gironde), route à fort trafic, en septembre 2015.

Les gestionnaires de routes ont créé l'Observatoire national de la route, fin janvier. Ils se sont engagés à travailler ensemble afin d'assurer la pérennité du réseau, son bon état étant indispensable à l'activité économique.

« 88 % des déplacements de voyageurs se font par la route, en voiture et en autocar, et 88 % des marchandises sont transportées par camion, » a indiqué à cette occasion Jacques Tavernier, président de l'Union des syndicats de l'industrie routière française (Usirf).

Mais comment dépenser mieux et anticiper les travaux d'entretien dans une période de budget contraint ? Les départements ont investi 3,5 milliards d'euros dans les routes en 2014 contre 5 milliards en 2008.

Ont signé la charte d'engagement : l'État, l'Association des départements de

France, l'Association des collectivités de France (communautés de communes), l'Usirf et le Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures. L'observatoire est animé par l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité. Apportent leur concours technique et scientifique : le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) ainsi que l'Institut français des sciences et technologies des transports de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar).

→ Exploiter les chiffres existants

Les gestionnaires ont décidé de partager bonnes pratiques, méthodes techniques ou financières, et entendent progresser en se comparant. Ils veulent être capables de déterminer le bon moment pour entretenir et le faire avec la technique adaptée. Ils redoutent une dégradation des voies qui entraînerait des travaux 5 à 10 fois plus chers qu'un entretien suivi⁽¹⁾.

L'idée de créer un observatoire est née en 2015 suite à une étude de l'Usirf dans 9 départements⁽²⁾, de taille de population différente. Les chiffres de gestion financière disponibles dans les services des routes ont servi à tirer des données intéressantes sur l'entretien prospectif.

→ Portail des données de l'État

L'État dispose déjà d'outils de gestion tel l'indicateur de qualité du réseau national (IQRN). Les départements n'ont rien de comparable. Certains ont développé des indicateurs mais chacun à sa façon, ce qui empêche toute comparaison fructueuse. D'autres ont des données chiffrées sur leur réseau mais ne les ont pas exploitées jusqu'à présent.

Grâce à l'observatoire, les collectivités territoriales vont bénéficier d'un appui du Cerema et de l'Ifsttar sur les outils comptables permettant de mieux cerner les dépenses d'entretien des routes et des ouvrages d'art. Le second volet de l'observatoire consiste à recenser l'état des routes départementales et communales, en proposant une méthode de diagnostic. Le secrétariat d'État aux Transports s'est engagé à ouvrir un portail internet de ses données, le 1^{er} septembre 2016 : état, dépenses d'entretien, activité des gestionnaires. Un an plus tard, le 1^{er} septembre 2017, il l'aura complété avec des informations destinées aux usagers : travaux, fermetures de voies, trafic, vitesse, bouchons, etc.

→ 2^e plan de relance routier et fluvial

Par ailleurs, le 8 février, Alain Vidalies a annoncé un second plan de relance routier et fluvial doté de 150 millions d'euros pour des travaux en 2016. ■

⁽¹⁾ Cf. *Routes et rues : l'urgence, rénover, entretenir*, brochure Usirf, novembre 2014.

⁽²⁾ Allier, Hautes-Alpes, Haute-Saône, Charente-Maritime, Meurthe-et-Moselle, Vaucluse, Bouches-du-Rhône, Hérault et Essonne.

UN RÉSEAU SURTOUT LOCAL ET DÉPARTEMENTAL

Autoroutes concédées :
9 050 km

Autoroutes non concédées :
2 600 km

Routes nationales :
8 900 km

Routes départementales :
378 000 km

Routes communales et rues :
666 350 km

Chemins ruraux :
600 000 km (environ)



Une dégradation peut entraîner des travaux 5 fois plus chers qu'un entretien régulier.

ÉPARGNE

Se préparer
dès aujourd'hui
une retraite
heureuse,

c'est facile
avec SMAvie!



Assurez-vous un
complément
de retraite à vie



Épargnez à
votre rythme



Réduisez dès à présent
vos impôts*

**Avec les contrats de la gamme BATIRETRAITE,
SMAvie a toujours une solution pour vous**

ASSURANCE-VIE, PERP, MADELIN, PER ENTREPRISE

CONTACTEZ-NOUS



sur www.smavie.fr



en appelant
le 01 40 59 70 70



via votre
conseiller habituel

SMA vie

* Dans les limites fixées par la législation en vigueur

SMA

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

GUIDE DIAGNOSTIC ÉCOLOGIQUE

Le Guide des méthodes de diagnostic écologique des milieux naturels propose 42 fiches techniques pratiques sur les méthodes possibles. Et ce n'est que la seconde partie de l'ouvrage - la première est plus générale - mis à disposition par l'Union nationale des producteurs de granulats et réalisé avec le Muséum national d'histoire naturelle et l'Association française interprofessionnelle des écologues.

À télécharger sur <http://guidedesmethodes-unpg.fr>.

CE QUE NOUS APPREND TERDOUEST

Le rapport du programme "Terrassement durable, ouvrages en sols traités" (Terdouest) a été publié par l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité. Le programme de recherche 2008-2012 actualise le domaine du traitement des sols.

Terdouest, soutenu par l'Agence nationale de la recherche, s'est attaché à faire progresser la connaissance des phénomènes fondamentaux grâce à des moyens d'investigation performants.

Les propositions du rapport serviront à réactualiser le Guide traitement des sols.

ÉCHANGES ENTRE GÉNÉRATIONS

Afin de favoriser les échanges entre salariés d'entreprises des travaux publics et jeunes en recherche d'un métier, la Fédération nationale des travaux publics s'est associée à la plate-forme d'orientation professionnelle par internet Jobirl.

Ce site de mise en contact aide les jeunes à se constituer un réseau, à connaître une profession, voire à se diriger vers la bonne école.

LA PRODUCTION DE GRANULATS ET DE BPE SE STABILISE EN 2016

En 2016, la production de granulats et de béton prêt à l'emploi (BPE) devrait cesser de chuter comme elle l'a fait depuis 2012. « Le léger redressement au 4^e trimestre 2015 - +0,2% pour les granulats et +0,3% pour le BPE - laisse présager un arrêt de la tendance baissière, » écrit l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction qui regroupe les industries extractives et les fabricants de matériaux de construction, en janvier. Les granulats représentent près de 43% du chiffre d'affaires de la branche (transport inclus) et le BPE, un peu plus de 44% (chiffres 2014). « En ce qui concerne la production de granulats, le regard peut se poser sur l'horizon après la chute de quatre ans, » estime Michel André, président de l'Union depuis mi-2015. L'année dernière s'inscrit dans un cycle de baisse de production commencé en 2008, année où 420 millions de tonnes de granulats avaient été extraites des car-

rières. Il n'en sort plus que 295 millions en 2015 (-30%).

Même tendance mais un peu moins drastique du côté du BPE, avec 46 millions de mètres cubes en 2008 et 35 millions en 2015 (-24%).

→ Recul en 2015 par rapport à 2014

Sur un an, entre 2014 et 2015, la production de granulats recule de 7,5% et celle de BPE, de 6,1%.

La pente sur le long terme est encore plus alarmante si nous regardons la consommation par habitant. Des 6,4 tonnes de granulats consommées par habitant en moyenne sur longue période (1978-2015), il n'en reste que 5.

Le BPE, matériau de construction comptabilisé depuis quinze ans, se maintient un peu mieux sur longue période : 0,54 m³/hab en 2015 contre 0,73 m³/hab en 2007. Le renouveau du logement pressenti pour 2016 devrait soutenir sa consommation.

En revanche, il n'est pas encore prévu d'effet bénéfique de la commande publique. « Elle a été freinée par les élections successives, rappelle Michel André. Il faudra au moins deux ans pour que les collectivités locales collectent des fonds suffisants pour les petits travaux d'entretien. »

→ Prix du béton à la baisse

Les travaux de lignes ferroviaires à grande vitesse, qui font faire le yoyo aux chiffres d'activité en région, n'ont pas permis de contrecarrer la baisse depuis 2008. Seul, le Languedoc-Roussillon tire son épingle du jeu sur la période 2013-2015. L'Île-de-France ne bénéficie pas encore des effets du Grand Paris Express. Cette mauvaise conjoncture fait des heureux parmi les clients. Le BPE, détrempé périssable, se vend moins cher car « un marché raté est un marché perdu, » pointe Michel André.

La situation diffère dans le granulat. « La tension sur les prix y est moins forte. Il n'est pas possible de brader la ressource car il faut des moyens pour produire aujourd'hui et pour restaurer les sites en fin de vie. » Il existe donc des réserves, d'autant plus précieuses qu'obtenir de nouveaux permis d'extraire devient très difficile.

→ Retour des chiffres sur l'emploi

En matière d'emploi, les données ne sont plus disponibles depuis fin 2012 pour des raisons techniques. Le groupement d'intérêt économique des Cellules économiques régionales de la construction (Cerc) auquel adhère l'Unicem⁽¹⁾, « travaille à la reconstitution des sources statistiques administratives, » informe Carole Deneuve, responsable du service économique de l'Union, qui espère disposer de chiffres courant 2016.

Outre la relance de la commande publique, l'Unicem « confirme son intérêt pour un label Responsabilité sociétale et économique par filière qui distinguerait, dans les marchés publics, les offres ayant un impact positif sur l'environnement et l'emploi locaux, » précise Michel André. Le label ainsi que l'allotissement des offres (lot matériaux de construction séparé) sont des moyens pour les PME et les TPE de faire valoir leurs atouts. Le gouvernement n'avait pas encore confirmé ce label début 2016. ■

BIMWORLD 2016

TO BIM OR NOT TO BIM ?

Avec les logiciels MENSURA, la question ne se pose pas.

Avec le BIM, de nouvelles manières de calculer, concevoir et modéliser voient le jour. Les logiciels Mensura sont prêts pour vous faire profiter de tous les avantages de cette révolution. Et vous ?

GEOMENSURA

www.geomensura.fr

Facebook, Twitter, LinkedIn icons

⁽¹⁾ Aux côtés de la FNTP, la FFB, la Capébet et du ministère de l'Environnement.

SOUTIEN AU DÉPLOIEMENT D'INNOVATIONS ROUTIÈRES



© PASCAL LE DOARE

Confortement des berges du Bastan à Barèges (Hautes-Pyrénées) par des éléments de paroi clouée GTS.

Le Comité d'innovation routes et rues (CIRR) a retenu neuf innovations routières afin d'en favoriser le développement au-delà de la recherche-développement, après les premiers tests mais avant demande d'avis technique. Ainsi, leur donne-t-il accès à de nouvelles références.

La paroi clouée de GTS a été retenue dans ce cadre. Cette paroi en éléments préfabriqués stabilise le talus de la route départementale déviée dans la vallée de la Romanche en Isère⁽¹⁾. Elle a aussi été posée en 2014 à Barèges (Hautes-Pyrénées).

Grâce à sa sélection par le CIRR, elle peut prétendre aux marchés publics de produits innovants. C'est maintenant avec l'aide du Centre d'expertise pour les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) qu'un maître d'ouvrage sera trouvé pour éventuellement mettre une nouvelle fois en œuvre cette paroi. Ceci dans un cadre d'expérimentation bien défini avec un suivi et un certificat décrivant les résultats.

Rappelons que le CIRR est composé de représentants de la maîtrise d'ouvrage

routière, de syndicats professionnels et du monde de la recherche. Il est présidé par Jean-François Corté, membre du Conseil général de l'environnement et du développement durable (ministère de l'Environnement).

→ Recherche maître d'ouvrage

Parmi les autres innovations retenues par le CIRR, citons Terralink. Le dispositif composé de modules en métal ou en géosynthétique convient en cas de faible emprise au sol disponible, par exemple s'il faut lever un mur pour créer une rampe d'accès vers une voie. La paroi adossée à la structure existante est alors renforcée par un élément connecté au parement existant associé à des "clous" connectés à l'arrière.

Le Terralink, déjà implanté à l'étranger, est en phase de recherche d'un maître d'ouvrage en France avec le Cerema. Enfin, notons la sélection de R6Pont d'Eiffage Travaux publics, un renforcement sismique de ponts par chemisage en béton fibré ultra performant des piles. ■

⁽¹⁾ Cf. Travaux juillet-août 2014, n°907, page 6.



DURMEYER S.A.S.

- Pieux
- Pieux à refoulement
- Palplanches
- Consolidation de sols

ENTREPRISE DE FONDATIONS SPECIALES

7 rue du Pont Neuf
57830 MITTERSHEIM
Tél : + 33 (0)3 87 07 87 07
Fax : + 33 (0)3 87 07 82 74
E-mail : durmeyer@durmeyer.fr
www.durmeyer.fr



COLLECTEUR SUR MESURE

Le changement du système de pompage de l'eau d'un bassin d'armement de STX France (Loire-Atlantique) a donné lieu à innovation. Dans ce bassin qui mesure 450 m par 120 sur 18 de profondeur, les bateaux sont mis à sec et réparés. Ses 440 000 m³ doivent être vidangés en trente-six heures maximum y compris

le dévasement. Grâce à la solution retenue, il n'a fallu que trente-deux heures. La société Sade a installé six pompes de 2 000 m³/h. Les eaux sont dirigées vers un collecteur unitaire, nourrice fabriquée sur mesure, puis dans une canalisation vers la Loire. La nourrice et les canalisations sont en PRV (Hobas) afin de résister à l'environnement salin et à la pression.



© HOBAS

Les pompes ont été reliées à cette nourrice conçue sur mesure.



thyssenkrupp Infrastructure

Innovant dans le domaine du forage
et de la technique de vibration.

Pour plus d'informations: Tél. 0810594141 ou
www.thyssenkrupp-infrastructure.com



engineering. tomorrow. together.

thyssenkrupp

MURS DE SOUTÈNEMENT NF

La marque NF Afnor pour les murs de soutènement en béton préfabriqués en usine a été lancée fin 2015. Elle garantit que de tels ouvrages sont conformes aux règles de l'art, dont le fascicule 65. Cinq usines en sont déjà titulaires : trois de Chapsol dans l'Aisne, la Dordogne et la Drôme, celle de Sotubema en Seine-et-Marne et celle de Robert Thébault dans le Finistère. Le Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton en est l'organisme certificateur mandaté par Afnor Certification.

RÉPARER UNE DIGUE PAR LA MER

Un béton spécial a été utilisé pour réparer une digue du port du Havre heurtée en 2013 par un navire de 213 m de long et 32 de large.

La digue sud se trouve juste à l'entrée du grand port maritime.

Les travaux ont été confiés à Etpo qui a fait appel à Cemex pour mettre au point un béton qui doit résister aux marées, à la compression, et être d'une plasticité suffisante pour être mis en place sans assistance humaine. Cemex a ajouté un colloïde (agent de cohésion) afin d'éviter le délavement par l'eau de mer pendant le coulage.

Le chantier était contraint par les marées, la météo, et le trafic de navires. Cinq phases de coulage pouvaient avoir lieu en trois jours seulement, pour remplacer le caisson endommagé, ce qui a nécessité 150 m³ de béton.

→ Parcours chronométré

La digue n'était pas accessible par la terre. Le béton avait une rhéologie de trois heures afin de supporter le voyage. Deux toupies de 7 m³ avaient un temps

de parcours chronométré jusqu'à la pompe à quai. Celle-ci vidait le béton dans deux trémies agitatrices sur barge. Après vingt-cinq minutes de trajet en

mer, elles versaient leur contenu dans deux bennes de 3 m³. Le béton était alors déchargé par une grue et versé pour reformer le caisson manquant. ■



La grue sur barge déverse le béton pour reformer le caisson endommagé sur la digue Sud du port du Havre.

© CEMEX

ACCUEILLIR L'INONDATION POUR S'EN PROTÉGER



© PATRICK ECOUTIN

Premier aménagement : le parc aux Angéliques sorti de terre en 2015.

aire avec l'inondation et grâce à cela, protéger : c'est le principe du futur aménagement des 128 hectares au bord de la Garonne à Bordeaux, dénommé Garonne Eiffel.

Le fleuve pourra déborder sur la bande de 500 m de profondeur et de 2 km de long de la future zone d'aménagement concerté (Zac). Les espaces publics seront mis à contribution pour "accepter" une certaine hauteur d'eau. Plus leur surface disponible est étendue, moins cette hauteur sera importante. L'eau ainsi maîtrisée - hauteur et vitesse d'écoulement - sera moins encline à poursuivre sa course jusqu'à l'arrière de la zone Garonne Eiffel, située en contrebas.

Ce principe et la méthode de travail de la maîtrise d'œuvre urbaine ont valu à Carine Dunogier d'Ingérop, chef de projet ingénierie de l'opération, un prix de l'ingénierie, catégorie aménagement et construction, décerné par les ministères

de l'Écologie, de l'Économie et du Logement⁽¹⁾.

→ En grande partie inondable

Ces choix répondent à la demande de la maîtrise d'ouvrage, l'établissement public d'aménagement Euratlantique, fin 2011 : un projet innovant à des coûts d'investissement et d'exploitation maîtrisés. La Zac couvre 128 hectares dont 108 inondables. Ingérop a travaillé au sein d'une équipe pluridisciplinaire pilotée par TVK, architecte urbaniste, avec Pascal Cribier et Patrick Ecoutin, paysagistes, Tribu pour le développement durable, et Alphaville, la programmation.

« Nous avons imaginé une géométrie qui limite les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement, sans tenir compte des zones inconstructibles réglementaires, développe Carine Dunogier, responsable Infrastructures de l'agence de Bordeaux d'Ingérop Conseil et Ingénierie. Cette géométrie est constituée par la trame

paysagère, les espaces publics et les formes urbaines. Les zones inconstructibles ont été concentrées dans les zones non habitées du projet et les parcs. Ainsi, en cas d'inondation, ces zones coûtent moins cher à remettre en état. »

Les intervenants de maîtrise d'œuvre urbaine ont travaillé en parallèle en interagissant grâce à une maquette numérique en 3D, outil de conception et d'échange de données.

→ Suppression d'un échangeur

Actuellement, la Zac Garonne Eiffel, bien située, abrite des logements mais surtout des friches industrielles. Dans une vingtaine d'années, elle accueillera près d'un million de mètres carrés construits : logements, commerces, bureaux, équipements et espaces publics.

En 2015, a été aménagé le parc aux Angéliques de 2,5 ha en partie sur le secteur Deschamps, la séquence la plus à l'ouest des trois du projet et la première en travaux. Au 1^{er} trimestre 2016, l'échangeur routier dans l'axe des deux ponts sur la Garonne dont la passerelle ferroviaire Eiffel, est transformé en carrefour à feux. Fin 2016, sortira de terre, le premier jardin sportif, toujours à Deschamps.

→ 180 euros HT le mètre carré

L'aménagement des espaces publics a été estimé à 180 euros HT/m² (hors dépollution), coût classique d'un projet urbain à Bordeaux, selon Ingérop.

Les stockages d'eau en dur ont été réduits au profit de ceux en noues ou bassins à ciel ouvert. Parcs et venelles y contribuent aussi. Quelques ouvrages hydrauliques, par exemple des buses en béton, assurent toutefois la continuité des écoulements. ■

⁽¹⁾ En partenariat avec Syntec Ingénierie, en octobre 2015.

COLAS RAIL EN ALGÉRIE

Colas Rail va prendre part à l'extension de la ligne de métro d'Alger. L'entreprise est chargée des travaux de voie ferrée, d'alimentation électrique, de ventilation-désenfumage, des courants faibles, de la billettique, de l'intégration système, etc., soit 86 millions d'euros. Le marché est remporté en partenariat avec Kou GC, société de travaux publics algérienne. Il s'agit de prolonger la ligne de métro de 3,6 km au sud et de 1,7 km au nord, et de construire cinq nouvelles stations au total.

Colas Rail avait participé à la première ligne en 2012 pour Entreprise du métro d'Alger, maître d'ouvrage.



© COLAS RAIL

Travaux de la 1^{re} ligne d'Alger en 2012.

PROJET URBAIN

En décembre, l'Établissement public d'aménagement Paris-Saclay (sud de Paris) a attribué la maîtrise d'œuvre urbaine du quartier de Satory Ouest (Essonne) au groupement conduit par Jean-Pierre Prnlas-Descours avec Agence Dalnoky Paysagistes et Egis Ingénierie, et l'assistance à maîtrise d'ouvrage développement durable, à Franck Boutté avec Biodiversité, Urban Water, Gamba, Aria, Roland Ribbi, ceci dans la continuité du schéma directeur de Michel Desvigne, paysagiste.



© TVK ARCHITECTES URBANISTES

© TVK ARCHITECTES URBANISTES - INGÉROP

Les espaces publics paysagers, en vert, sont implantés sur les terrains en contrebas, en bleu, inondables, un moyen d'accueillir l'eau tout en protégeant les zones qui seront construites.

REPRISE D'UN CANAL AU CAMEROUN

Razel-Bec a remporté le marché de gros œuvre du recalibrage et bétonnage du canal du Mfoundi à Yaoundé (Cameroun). Il s'agit de donner à 5 km de ce canal un profil en trapèze, ou en rectangle là où il y a moins d'espace disponible.

Actuellement, par temps de pluie, le Mfoundi déborde rapidement et provoque des inondations.

Les travaux sur le canal s'accompagnent d'aménagement d'espaces verts sur 30 ha, d'une route en rive et de deux voies de service latérales.

Les 72 millions d'euros (48 milliards de francs CFA) que coûte le gros œuvre sont pris en charge par l'Agence française de développement pour la Communauté urbaine de Yaoundé, maître d'ouvrage. Le chantier dure trois ans.



Le canal est recalibré puis bétonné.

© FAZEL-BEC

FUSION

Sefi-Intrafor a absorbé Sotraisol Fondations. Les deux entreprises de fondations du groupe Fayat ne font plus qu'une sous le nom de la première. La fusion, effective depuis début 2016, conforte Sefi-Intrafor face aux grands chantiers à venir comme ceux du Grand Paris.

ÉCLUSE ET CENTRALE ÉLECTRIQUE SUR LA MEUSE



© SPW.SG

La 4^e écluse de Lanaye (Belgique) peut accueillir plusieurs péniches de 2 000 tonnes à la fois.

Une 4^e écluse a été ajoutée au complexe éclusier de Lanaye implanté sur la Meuse à la frontière entre Belgique et Pays-Bas. Quatre ans de travaux - de 2011 à 2015 - ont été nécessaires pour adjoindre un quatrième passage dans la largeur, de 25 m de large sur 225 de long, réservé aux bateaux commerciaux. Ceux-ci ne disposaient jusqu'à 2015 que d'une écluse transbordant une péniche à la fois, les deux autres étant dédiées à la plaisance.

La nouvelle peut abriter quatre bateaux à la fois de 2 000 tonnes chacun ou un de 9 000 tonnes si le cas se présente dans le futur.

→ Chute de 14 m

Une centrale électrique de 2,3 MW avec station de pompage a été implantée sur l'écluse dont les 14 m de dénivellée autorisent la production de kilowatt-heures.

En ce qui concerne le génie civil, signalons la fabrication sur place du béton en réutilisant, autant que possible, les graviers de Meuse extraits lors du terrassement de 1,3 million de mètres cubes de déblai/remblai.

L'ouvrage, situé au nord-est de Liège (port fluvial), va fluidifier le trafic de marchandises sur la Meuse qui rappelleons-le, prend sa source en Haute-Marne, traverse la France, la Belgique puis les Pays-Bas pour aller se jeter dans la mer du Nord, 950 km plus loin.

→ 153 millions d'euros

Les travaux de la 4^e écluse de Lanaye ont coûté 153 millions d'euros dont 115 pour le lot génie civil confié à Besix, également coordonnateur du marché électromécanique. Le lot conception et installation des équipements électromécaniques a été pris en charge par la société momentanée Lanécluse4 réunissant Spie (composants électriques, automatisme), Besix Sanotec (centrale hydroélectrique et pompage) avec CMI Baiteau (pompes, turbines, composant annexes), Cofely Fabricom (composants électromécaniques et oléohydrauliques : portes, vannes, centrales, vérins). ■



© BESIX

Partie génie civil de l'ouvrage de 25 m de large sur 225 de long.

SOPREMA PRODUIT SON ÉLECTRICITÉ

Soprema construit deux usines en Allemagne, à Hof (Bavière nord-est).

La première, dédiée à la production d'étanchéité bitumineuse, a été terminée en 2015. Elle comporte 6 000 m² de capteurs photovoltaïques en toiture.

Ainsi, l'industriel se dote-t-il d'une production d'électricité à domicile à un prix ne dépendant pas du marché, ce qui contribue à sa compétitivité. À cela, il a ajouté deux éoliennes de 70 m de haut. Restera à préciser la quantité de kilowatt-heures ainsi fournie.

L'électricité sert notamment à refroidir les chaudières de production d'étanchéité. En été, l'eau du bassin de 1 000 m³ dédié à cette tâche est refroidie à 4°C par le

solaire, une fois les autres besoins électriques satisfaits. L'eau de refroidissement circule ensuite trois jours sans faire appel à de l'énergie extérieure. En hiver, l'éolien suffit à alimenter le refroidissement. La première usine a coûté 23 millions d'euros.

→ Biogaz et géothermie

L'ensemble des installations sur 14 ha a été conçu pour accueillir du biogaz dans les chaudières à la place du gaz actuel, de la géothermie et même une unité de cogénération chaleur-électricité. Les travaux de la seconde usine, toujours à Hof, ont commencé. Coût : 20 millions d'euros. La fabrication d'isolants en polyuréthane y commencera en 2017. ■



© SOPREMA

La première usine tire son énergie du photovoltaïque et de l'éolien mais le site est conçu pour d'autres énergies renouvelables.

LES TÔLES FORTES S'ÉPAISSISSENT



Les tôles mises en œuvre sur le pont Citadelle de Strasbourg mesurent 115 mm d'épaisseur. Des tôles plus fortes conviennent pour des fondations d'éoliennes offshore ou pour de gros viaducs autoroutiers.

Dillinger Hütte a développé des tôles fortes jusqu'à 150 mm d'épaisseur, en 2015, au lieu de 120 mm auparavant, limite de la norme EN 10025-4. Une telle épaisseur est envisagée dans un projet de gratte-ciel hors d'Europe. Elle peut aussi être utilisée pour « les semelles de poutres reconstituées soudées de gros viaducs autoroutiers où les deux sens de circulation se font sur un même ouvrage, avec des dalles très larges et de longues

travées, précise Cécile Manuelli, chef de produit, Dillinger France. *En éolien offshore, les turbines de plus en plus puissantes ont besoin de fondations plus conséquentes. Des épaisseurs de tôle supérieures à 120 mm ont déjà été utilisées dans une fondation monopile.* »

Les épaisseurs de cet ordre correspondent à des tôles fortes dites thermomécaniques, c'est-à-dire qui ont subi un laminage spécifique du même nom qui

« a pour objectif d'obtenir une structure à grains très fins par un contrôle très précis des différentes phases de laminage et des températures, écrit l'industriel⁽¹⁾. Il est utilisé pour obtenir des caractéristiques (traction et résilience) plus élevées qu'avec le laminage normalisant, mais aussi (...) pour réduire les teneurs en carbone et en éléments d'alliage. »

→ Gain de temps

Mais « le principal avantage des aciers thermomécaniques, toujours selon Dillinger, en comparaison avec les conventionnels de même épaisseur, est leur excellente soudabilité. » Le préchauffage est réduit voire supprimé. Au gain de temps de fabrication, par exemple de mâts d'éolienne, s'ajoute une résilience élevée (résistance à la fissuration) et une dureté faible dans la zone affectée thermiquement après soudage. Ces performances sont dues à une teneur en carbone plus faible. En effet, celui-ci rend l'acier cassant et difficile à souder.

Les tôles fortes épaisses utilisées récemment sur des ouvrages en France avoisinent 120 mm d'épaisseur. Les deux poutres qui soutiennent la toiture du stade Pierre Mauroy à Lille vont jusqu'à 120 mm pour 205 m de portée⁽²⁾.

Le pont Citadelle en chantier à Strasbourg comporte des plaques jusqu'à 115 mm. ■

⁽¹⁾ Bulletin ouvrages métalliques n°6, Construiracier.

⁽²⁾ Voir Travaux n°902, décembre 2013, page 44.

TRAVAUX AU BARRAGE DE SARRANS

Le barrage de Sarrans à Brommat (Aveyron) a été rénové. L'ouvrage sur la rivière Truyère inauguré en 1934 dispose désormais d'une nouvelle vidange de fond et d'une plate-forme de 400 m², à 17 m au-dessus de l'eau, qui supporte un local technique d'exploitation.

L'entreprise GTM SO GC avait besoin d'un béton auto-plaçant avec une rhéologie de deux heures et demie. Le site est exigü et éloigné de l'unité de production du béton.

Les délais sont courts. Avant d'être injectés dans le coffrage par le bas, les bétons ont été pompés sur 120 m.

Producteur du béton prêt à l'emploi : Unibéton Sud-Ouest ; maîtrise d'ouvrage : Centre d'ingénierie hydraulique EDF de Brive-la-Gaillarde (Corrèze).

→ Trophée

Ce chantier a obtenu le trophée "pompage du béton" du concours Aménagement durable des territoires organisé par le Syndicat national du béton prêt à l'emploi, en décembre 2015.

TOUR DE TÉLÉCOMS PORTEUSE D'ÉOLIENNES

Profiter d'une tour de télécommunications pour abriter des énergies renouvelables, c'est le propos de Wind-it, dispositif dont les auteurs - Raphaël Menard d'Elioth, Alain Bour de DFI Telecom et Laurent Jacquet d'Egis - ont remporté le prix industriel et conseil en technologie, une des distinctions du Grand prix national de l'ingénierie, fin octobre⁽¹⁾.

Le prototype de pylône installé début 2015 dans le secteur de Vitré (Ille-et-Vilaine) mesure 50 m de haut, est doté de trois éoliennes à axe vertical de 15 kW de puissance électrique au total.

Prolongement d'une phase de recherche depuis 2013 puis d'essais en soufflerie à échelle réduite en 2014, il est l'occasion d'optimiser l'architecture technique et

structurelle de la tour ainsi que celle des éoliennes et la régulation de leur production d'énergie.

L'électricité produite sur place alimente l'antenne et pourrait aussi être distribuée pour des besoins externes.

→ Multi énergies

Selon ceux qui l'ont conçue, la Wind-it convient dans les pays émergents. L'éolien peut être associé à du solaire photovoltaïque voire à un petit stockage d'énergie. ■

⁽¹⁾ Prix remis par les ministères de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité avec Syntec Ingénierie.



Prototype grandeur nature d'une tour de télécommunications équipée d'éoliennes à axe vertical, à Vitré (Ille-et-Vilaine).



Une plate-forme a été construite à 17 m au-dessus de l'eau.



MANILLES ROV

Van Beest B.V, fabricant de manilles Green Pin®, de crochets Excel® et d'accessoires pour câbles et chaînes, vient de compléter sa gamme de manilles Green Pin® avec l'introduction d'une manille Green Pin® Polar de largage ROV.

Ce qui la rend unique :

1. Corps de la manille peint en blanc pour la rendre visible en fonds sous-marins
2. Gorge sur la tête de l'axe afin de permettre la mise en place d'un câblot pour lier l'axe au corps de la manille
3. Absence de filetage sur l'axe qui ne se visse pas et qui tourne librement
4. Cette manille ROV est la seule manille de largage disponible sur le marché qui garantit une charge de rupture minimale en utilisation dans l'axe et latéralement. En cas de charge latérale, le facteur de réduction qui s'applique est le même que celui des manilles Green Pin® Standard
5. Fourni sans câblots. Mise en place des câblots selon vos propres besoins

Van Beest B.V. a des sociétés aux Pays-Bas, en Allemagne, en France et aux USA et un réseau de distributeurs dans 80 pays à travers le monde.











E-mail: sales@vanbeest.fr

www.vanbeest.fr

Membre de Van Beest International

AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 8 AU 11 MAI

Durabilité des ponts et structures

Lieu : Guangzhou (Chine)

www.iabse.org

• 20 ET 21 MAI

Rencontre des métiers de la démolition, de la découpe du béton et du désamiantage

Lieu : Deauville (Calvados)

www.sned-expo.fr

• 24 AU 26 MAI

21^e conférence internationale transports et pollution de l'air

Lieu : Lyon (ENS)

<http://tap2016.sciencesconf.org>

• 25 ET 26 MAI

Hydrogaia, salon international de l'eau

Lieu : Montpellier

www.hydrogaia-expo.com

• 31 MAI ET 1^{er} JUIN

Smart énergies (réseaux énergétiques intelligents)

Lieu : Grande Arche La Défense

www.smart-energies-expo.com

• 31 MAI AU 2 JUIN

Salon des maires

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

www.salondesmaires.com

• 1 AU 3 JUIN

10^e AG du Réseau international des organismes de bassin

Lieu : Merida (Mexique)

www.riob.org

• 7 AU 9 JUIN

Preventica, sécurité-performance des chantiers

Lieu : Lille

www.preventica.com

• 8 ET 9 JUIN

3^e rencontres nationales de l'urbanisme durable

Lieu : Paris

www.ademe.fr

• 8 ET 9 JUIN

Expobiogaz

Lieu : Strasbourg

www.expo-biogaz.com

• 14 AU 16 JUIN

Interoute, ville et transports publics

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

www.comexposium.com

• 15 AU 17 JUIN

13^e conférence internationale structures métalliques

Lieu : Zielona Gora (Pologne)

www.iabse.org

• 26 AU 30 JUIN

8^e conférence internationale maintenance, sécurité, gestion des ponts

Lieu : Foz Do Iguaçu (Brésil)

www.iabmas2016.org

• 27 AU 29 JUIN

3^e conférence internationale structures et architecture

Lieu : Guimaraes (Portugal)

www.iabse.org

FORMATIONS

• 14 AVRIL AU 4 MAI

Conception géotechnique des ouvrages et des routes

Lieu : Paris

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

• 10 ET 11 MAI

Évaluer et diagnostiquer l'état d'une aire aéronautique

Lieu : Paris

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

• 19 ET 20 MAI

Conduire un projet d'aménagement fluvial : données techniques d'entrée d'un projet

Lieu : Paris

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

• 23 AU 25 MAI

Génie civil ferroviaire : spécificités techniques et évolutions

Lieu : Paris

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



• 31 MAI AU 2 JUIN

Gérer les risques liés aux cavités souterraines

Lieu : Paris

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

• 8 AU 10 JUIN

Dossier loi sur l'eau des projets d'infrastructures linéaires

Lieu : Paris

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

NOMINATIONS

CGEDD :

Anne-Marie Levraut a été nommée vice-présidente du Conseil général de l'environnement et du développement durable (ministère de l'Environnement).

CERIB :

Gilles Bernardeau devient directeur général du Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton. Il remplace Marc Lebrun.

ESITC-CAEN :

Jérôme Lebrun succède à Hélène Grimault-Duc, directrice et fondatrice de l'École supérieure d'ingénieurs des travaux de la construction de Caen, à la direction générale. Il était son adjoint.

GRAND PARIS :

Le comité stratégique de la Société du Grand Paris, lien entre les élus de la région et les instances de gouvernance, a élu Bernard Gauducheau (maire de Vanves), président, et Dominique Adenot (maire de Champigny-sur-Marne), vice-président.

GRDF :

Édouard Sauvage prend la direction générale du distributeur de gaz naturel. Il remplace Sandra Lagumina.

MÉTROPOLE DU GRAND PARIS :

Patrick Ollier est le premier président de la Métropole du Grand Paris créée le 22 janvier 2016, re-

groupant Paris et 130 communes d'Île-de-France, à ne pas confondre avec Paris Métropole, syndicat mixte d'études depuis 2010.

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU :

Éric Tardieu est directeur général adjoint exécutif, poste nouvellement créé à l'OIE.

QUALITÉ TRANSPORT :

Alain Sauvant dirige l'Autorité de la qualité de service dans les transports suite au départ en retraite de Pascal Mignerey.

RÉGIONS DE FRANCE :

Philippe Richert a été élu président de l'Association des régions de France qui pourrait prochainement changer de nom. Il succède à Alain Rousset.

SOCOTEC :

Jean-Fabrice Estrampes a été nommé directeur commercial. Michel Godeau prend la direction

opérationnelle de Socotec Infrastructure et François Riquet, celle de Socotec Certification.

TRAVAUX FERROVIAIRES :

Jean-Pierre Bertrand (France) a été élu président de la Fédération européenne des entreprises de travaux ferroviaires (European Federation of Railway Trackworks Contractors) à la suite de Jo H.M. Urlings (Pays-Bas).

SNBPE :

Thierry Loison a été élu président du collège béton prêt à l'emploi du syndicat en Normandie. Il remplace Thierry Flandre.

SNPB :

Le Syndicat national du pompage du béton est désormais présidé par Michel Sollier après Antonio Agostinho. En région Provence/Alpes/Côte-d'Azur, il l'est par Gérard Rosello en remplacement de Bertrand Snackers.



ENVISAN TRAVAIL ENVIRONNEMENTAL

Membre de **Jan De Nul** GROUP

Envisan est hautement qualifiée et experte en matière de dragage environnemental, du traitement et de la valorisation des sédiments contaminés, de la dépollution des sols et des eaux souterraines, ainsi qu'en matière de traitement de déchets et de matières premières de substitution. Filiale environnementale du leader mondial du dragage maritime et fluvial, Jan De Nul Group, Envisan vous offre la solution multidisciplinaire pour votre projet maritime ou fluvial, qu'il s'agisse des travaux de dragage, du traitement ou de la valorisation des sédiments.

Dans le sud de la France, Envisan exploite son propre centre de traitement et de valorisation de sédiments et de terres polluées sur le Port de Toulon. Ce Centre de Production d'Eco-Matériaux dispose des équipements de déshydratation mécanique et naturelle, de séparation granulométrique, des installations de traitement biologique et physico-chimique. Cette plate-forme de transit et de traitement est conçue pour recevoir et évacuer les matériaux par voie maritime et routière.

Le centre de traitement de sols et de sédiments dragués à Toulon

www.cpem-var.fr
info@envisanfrance.com

suivez nous sur



CLUSTER MARITIME FRANÇAIS CROISSANCE BLEUE : LES ATOUTS DE LA FRANCE

LA FRANCE DISPOSE D'UN POTENTIEL CONSIDÉRABLE DANS LE DOMAINE DE LA MER. LA MER CONSTITUE ÉGALEMENT UNE SOURCE MAJEURE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES. LES ENTREPRISES FRANÇAISES CONNAISSENT DES RÉSULTATS REMARQUABLES DANS CE SECTEUR. LA MER EST AUSSI UNE FABRIQUE D'INNOVATIONS ET S'AVÈRE PAR AILLEURS L'UNE DE NOS CARTES MAÎTRESSES DANS LA FILIÈRE DU TOURISME. **ENTRETIEN AVEC FRÉDÉRIC MONCANY DE SAINT-AIGNAN, PRÉSIDENT DU CLUSTER MARITIME FRANÇAIS.**

PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



© MARC MONTAGNON

AVEC LE CLUSTER MARITIME FRANÇAIS (CMF), LA FRANCE DISPOSE D'UN PANEL COMPLET DE PROFESSIONNELS DONT LE SAVOIR-FAIRE EST RECONNU AU PLAN INTERNATIONAL. LE CMF CONSTITUE UN OUTIL INCONTOURNABLE DE CE QU'IL EST POSSIBLE D'APPELER LA « CROISSANCE BLEUE ».

C'est ce que nous explique Frédéric Moncany de Saint-Aignan, président du Cluster Maritime Français, en abordant quelques uns de la multitude des domaines concernés par cette nouvelle croissance, à l'aube d'une nouvelle économie : la croissance bleue.

Quel est l'objet du Cluster Maritime Français et que représente-t-il ?

Le Cluster Maritime Français a été créé en 2006 à l'initiative de l'Institut français de la Mer « par et pour » les acteurs de l'économie maritime. Dix ans après sa création par Francis Vallat



© BERNARD BIGER

2



© CMA-CGM

3

avec une poignée de visionnaires - 35 pour être précis - il compte désormais plus de 400 membres : entreprises de toutes tailles, pôles Mer, fédérations, laboratoires, centres de formation, acteurs économiques locaux, et la Marine nationale... Tous les métiers de la mer y sont représentés, y compris maintenant ceux de la « nouvelle industrie de la mer » : énergies marines renouvelables, biotechnologies, maritime, grands fonds marins... Le CMF, c'est une équipe de cinq personnes mobilisées à plein temps au service des adhérents et de l'économie maritime à son siège parisien ; ce sont également des groupes synergie (GS) qui travaillent sur des sujets très variés. En 10 ans, plus de 6 000 cadres de haut niveau y ont participé et le font encore.

1- Frédéric Moncany de Saint-Aignan, président du Cluster Maritime Français.

2- Les chantiers de STX France à Saint-Nazaire.

3- Le Jules Verne, l'un des porte-conteneurs de CMA-CGM, troisième groupe mondial de transport maritime en conteneurs.

4- La filière du tourisme est l'une des cartes maîtresses de la France.

5- Le nouveau paquebot France présente un design révolutionnaire.

Le CMF est né d'un constat : la mer et le secteur maritime prendront une importance grandissante dans l'économie mondiale.

Pour que notre pays soit capable de faire face à cette « maritimisation », compte tenu des atouts qui sont les siens, il était essentiel de réunir sur un plan transversal les acteurs de l'économie maritime de tous les secteurs, avec trois objets.

Le premier est de créer des synergies entre les différents membres : le constructeur de navire et l'armateur, le courtier maritime et l'assureur, le gestionnaire de port et l'entreprise chargée des infrastructures portuaires... Les membres travaillent ensemble sur des sujets concrets dans des groupes de synergie : par exemple, que sera

le port du futur en termes d'infrastructures et de services ?

Ces groupes produisent des rapports sur chacun des sujets abordés que le CMF se charge de diffuser et de promouvoir auprès des instances décisionnelles concernées.

Ils peuvent également aboutir à la création par leurs membres de consortiums pour traiter des problèmes particuliers. Pour prendre deux exemples parlants, je citerai la lutte anti-piraterie avec le projet « BlueDome », afin d'équiper les navires de matériels dédiés pour contrecarrer ce fléau, et la valorisation durable des ressources minières de la mer avec le projet « Deep Sea Mining »... BlueDome est un consortium industriel porteur du projet validé et financé par l'ADEME.

Deep Sea Mining est un consortium industriel qui rassemble tous les acteurs de la chaîne de valeur pour la valorisation durable des ressources minérales de la mer. On peut également citer au nombre des réalisations du CMF, la création d'ATALYA, premier fonds d'investissement du maritime (capital-développement) et, dans le domaine en devenir de la « maritime », sa participation au développement de cette filière qui rassemble les professionnels de l'électronique et de l'informatique pour développer des solutions innovantes aux applications multiples : navigation, logistique, sécurité, formation... Il peut arriver que les rapports des Groupes Synergie débouchent sur des constats d'inutilité et, dans ce cas, le groupe concerné ne donne pas suite, car l'objectif du CMF est d'être avant tout pragmatique. Deuxième objet : la communication institutionnelle sur l'économie maritime. Cela passe par la publication de brochures et par la tenue de colloques. Nous organisons chaque année, dans une ville portuaire, en partenariat avec Le Marin et Les Echos, les assises de l'économie de la mer. Après Marseille, en 2015, nous serons à La Rochelle en novembre prochain. Ces assises, qui réunissent près de 2 000 décideurs français et étrangers de l'économie maritime, constituent l'événement majeur du monde maritime français. Enfin, troisième objet, nous exerçons au quotidien, sur la demande de nos membres, une action d'influence auprès des décideurs, qu'ils soient politiques ou administratifs, pour que l'économie maritime soit au cœur de leurs préoccupations, dans le plus strict respect de l'intérêt général et du principe de développement durable, avec le souci constant de privilégier la filière française. ▶

FRÉDÉRIC MONCANY DE SAINT-AIGNAN : UN MARIN À LA BARRE DU CMF

Le parcours de Frédéric Moncany de Saint-Aignan est celui d'un « homme de Mer » : formation d'Officier de la Marine Marchande conclue par l'obtention du brevet de Capitaine de 1^{re} Classe de la Marine Marchande, autrefois appelé Capitaine au Long Cours.

Avec ce sésame, durant plus de 10 ans, ayant sous les pieds le pont de navires porte-conteneurs, il a navigué sur toutes les mers du Globe.

Il est originaire de Rouen où, durant sa jeunesse, les grands navires présents dans ce grand port maritime méconnu - Rouen est un port de mer ! - l'ont toujours fait rêver. Ces long-courriers ont, à n'en pas douter, inspiré sa deuxième carrière : celle de pilote maritime.

Le pilote maritime monte à bord du navire lorsqu'il se présente à l'entrée d'un port. Spécialiste des lieux, aux côtés du capitaine, il prend la conduite de la manœuvre afin de garantir la sécurité des navires, d'assurer la protection de l'environnement et enfin de faciliter l'efficacité économique des transits portuaires.

C'est ainsi, en prenant pleine conscience de l'importance du pilote dans la chaîne économique portuaire (90% du commerce mondial est transporté par voie maritime) qu'il a « plongé » dans l'économie portuaire et maritime puis, plus largement, dans celle de la mer.

Il est président du Cluster Maritime Français depuis décembre 2014.

© CORSICA YACHT SERVICES



4

© NOUVEAU FRANCE



5

Il est important de signaler, à propos de ce dernier point, que le développement durable constitue le credo du CMF dans la recherche de solutions compatibles pour développer l'économie maritime dans son respect : l'exploitation des minerais des grands fonds marins, par exemple, ne peut être engagée sans de très grandes précautions.

Quels sont les atouts de la France dans le secteur maritime ?

La France a deux atouts principaux dans ce secteur : sa Zone Economique Exclusive, qui constitue, pour prendre une image, un très grand terrain de jeu et ses joueurs.

Par ses départements, territoires et collectivités d'outre mer (DOM-COM), elle dispose de la deuxième ZEE au monde (après celle des États-Unis), d'une superficie de 11 millions de kilomètres carrés, dont 50 % lui sont d'ailleurs apportés par la Polynésie française. Si l'on part du principe que l'activité maritime est une formidable source de prospérité, d'emplois et de richesses, nous avons une exceptionnelle zone de développement, en toute souveraineté. Le deuxième atout, ce sont les joueurs. En France, nous avons une dizaine de leaders mondiaux chacun dans leur partition : le groupe CMA-CGM est le troisième armateur mondial de conteneurs, Bourbon Offshore est le premier groupe mondial d'assistance para-pétrolière, Technip est l'une des toutes premières entreprises au monde en matière de développement offshore, DCNS, leader mondial en défense navale est devenu, grâce à une reconversion radicale et tout en conservant son héritage historique, le leader technologique et commercial dans les hydroliennes, STX France à

Saint-Nazaire est l'un des premiers constructeurs de navires au monde, notamment de paquebots de croisière. Je pourrais multiplier les exemples. Avec un tel terrain de jeu et de tels joueurs, le domaine maritime est-il un secteur majeur de l'économie française.

Mais, pour l'occuper mieux encore et avec succès, s'il est nécessaire que les joueurs soient solidaires entre eux, encore faut-il qu'ils puissent y jouer à égalité avec les compétiteurs internationaux, en termes de réglementations environnementales et sociales, de mesures de protection des entreprises françaises, de fiscalité et d'accès aux financements. Il ne faut pas que les entreprises françaises soient pénalisées par une « sur-réglementation » allant bien au delà des exigences européennes ou internationales.

En quelques chiffres, quelles sont les richesses actuelles de l'économie maritime française ?

En ne retenant que les très grandes masses, l'économie maritime aujourd'hui, c'est - sans compter le tourisme littoral - plus de 380 000 emplois directs et 69 milliards d'euros de valeur de production, soit des chiffres supérieurs à ceux de l'automobile, de l'aéronautique ou des télécommunications, secteurs dont on parle plus fréquemment que celui du maritime.

Ces deux chiffres posent les enjeux. L'idée du Cluster Maritime Français est née de la conviction, du constat et de la vision du futur de ses 35 membres fondateurs. La conviction est que le XXI^e siècle sera le plus maritime de l'histoire de l'humanité. Le constat, je l'ai évoqué en l'assimilant à l'immense terrain de jeu sur lequel peuvent évoluer les entreprises françaises

et à l'excellence de l'industrie française dans le domaine des activités maritimes. La vision est celle que nous défendons au quotidien : la France doit se doter de moyens performants pour jouer un rôle de premier plan dans le développement à venir de ce formidable secteur économique.

Il nous incombe aussi de faire comprendre à certaines industries qui ne nous ont pas encore rejoints que, même si elles ne le perçoivent pas encore, elles sont tributaires de la mer. Il nous faut ainsi les convaincre et augmenter le nombre de nos adhérents. Une économie maritime prospère profitera à l'ensemble de l'écosystème qui va connaître des évolutions que nous n'avons sans doute pas encore identifiées.

Je suis convaincu que, d'ici 15 ans, pour prendre deux images, nous consommerons des algues et nous travaillerons sur des plateformes offshore multi-usages sur lesquelles on fera du datacenter et du tourisme.

La maritimisation est là et elle ne va pas s'arrêter. Sur la planète, on recense actuellement de l'ordre de 6 milliards d'individus. En 2030, les chiffres avancés prévoient 9 milliards. Dans les 15 ans qui viennent, comment répondra-t-on à ce défi en matière de nourriture, de soins, d'énergie, de transport, sans faire appel à la mer ? La pêche traditionnelle n'y suffira plus : il faudra recourir à l'aquaculture et à l'algoculture, qui contribueront au développement des biotechnologies marines. C'est une filière en construction.

Il en sera de même des énergies marines renouvelables, dont les débuts sont difficiles, moins en raison de problèmes technologiques que d'un parcours d'obstacles juridico-réglementaires complexe.

Aujourd'hui, c'est la technologie de l'éolien posé qui est la plus mature. Demain, ce sera l'éolien flottant en mer, l'énergie thermique des mers ou l'énergie houlomotrice. La France est un des leaders mondiaux dans ces domaines et ces activités ne cessent d'engendrer une myriade de start-up qui proposent en permanence des innovations.

Dans le cadre de la ZEE dont peut faire état la France, les Outre-mers sont-ils également des territoires d'excellence pour le développement des EMR ?

De toute évidence. Le Cluster Maritime Français, qui croit au développement maritime des Outre-mer, a d'ailleurs initié, à son échelle, avec les acteurs locaux, la création de « structures correspondantes » qui comptent peser dans leur économie et politique locales.

Les premiers clusters ont ainsi été créés officiellement entre 2011 et 2014 d'abord en Guadeloupe et à La Réunion en 2011.

Ils ont été suivis par la Guyane en 2012 et la Martinique en 2013, et enfin la Polynésie Française et la Nouvelle-Calédonie en 2014. Ils sont désormais à l'œuvre pour rassembler les acteurs maritimes locaux, porter leurs projets et développer le secteur maritime en Outre-mer.

Dans le domaine des ressources minières, a-t-on déjà identifié les matériaux qui pourraient être extraits aux grandes profondeurs, que vous évoquiez précédemment ?

Les richesses minérales des grands fonds marins, dont l'exploitation peut être menée jusqu'à une profondeur de

© IGUANA YACHTS

6



© JACQUES ROUGERIE ARCHITECTE

7



l'ordre de 4 000 m, sont sans commune mesure avec les richesses terrestres, tant en quantité qu'en qualité. Dans les décennies à venir, le besoin en terres rares sera de plus en plus important et la France, par sa ZEE, en possède un immense réservoir. Bien sûr, celui-ci devra être exploité avec toutes les précautions environnementales nécessaires, mais cet important préalable posé, il s'agira de construire une filière dans une forme de partenariat public/privé avec le Secrétariat général de la Mer.

Dans ce domaine, la France est le seul pays du monde à avoir les dirigeants de haute qualification capables de travailler sur toute la filière : connaissance scientifique, recherche, exploration, extraction et exploitation, dans un cadre de développement durable.

Le gouvernement a d'ailleurs édité une feuille de route stratégique des grands fonds lors du dernier comité interministériel de la mer.

La démarche est coordonnée entre le Secrétariat général de la Mer, pour l'action des Pouvoirs Publics, et le Cluster Maritime Français, pour celle des industriels français, en partenariat avec l'industrie allemande.

En effet, nombre de pays ne s'y trompent pas : l'Allemagne, mais également le Canada, la Chine, le Japon ont commencé à investir dans ce nouveau domaine.

Il en est de même pour ce qui est de la valorisation des bioressources marines pour laquelle le CMF rassemble les acteurs présents sur toute la chaîne de valeur, du producteur (pêcheurs et aquaculteurs) aux transformateurs (notamment les industries biotechnologiques) afin de faciliter et débloquer les modes de production pour répondre aux besoins de nombreux marchés demandeurs en bioressources.

ZEE ET OUTRE-MER

La mer est réglementée par une convention internationale signée à Montego Bay en décembre 1982 qui a notamment défini une Zone Économique Exclusive (ZEE). Il s'agit, d'après le droit de la mer, d'un espace maritime sur lequel un État côtier exerce des droits souverains en matière d'exploration et d'usage des ressources. Elle s'étend à partir de la ligne de base de l'État jusqu'à 200 milles marins (environ 370 km) de ses côtes au maximum, au-delà il s'agit des eaux internationales.

C'est grâce aux DOM-COM que la France possède aujourd'hui le deuxième espace maritime du monde : l'Outre-mer donne à la France 97% des 11 millions de kilomètres carrés de sa ZEE, incluant 55 000 km² de récifs coralliens et lagons, soit environ 10% de la superficie mondiale, et lui assure une présence tout autour de la planète.

6- Iguana Yachts a conçu un système de mobilité permettant de mettre à l'eau un bateau par ses propres moyens.

7- Conçu par Jacques Rougeie, SeaOrbiter est un vaisseau unique au monde développant un nouveau concept d'observation sous-marine des océans.

8- Le parc de 27 éoliennes en mer de Teesside au Royaume Uni, réalisé par EDF Énergies Nouvelles.

9- DCNS est un leader mondial du naval de défense et un acteur mondial des énergies marines renouvelables.

Quel rapport le CMF entretient-il avec le gouvernement français ?

Nous avons des relations quotidiennes avec les plus hautes autorités de l'État car elles ont pris conscience de la « maritimisation » du monde. Le CMF est l'interlocuteur maritime incontournable des Pouvoirs Publics avec lesquels il entretient un dialogue permanent, ferme et constructif. Dialogue quelquefois difficile et marqué par l'éthique intransigeante de notre comportement et de notre action.

Quelles sont aujourd'hui les priorités du CMF ?

D'être, plus encore que jamais depuis sa création, au service de l'Économie de la Mer et de ses acteurs, faire toujours preuve de plus d'efficacité et d'esprit de service ; contribuer sans relâche à faire grandir une politique maritime française qui soit à la hauteur de notre pays qui est, je vous l'ai indiqué, la 2^e surface maritime de la Planète et à la hauteur des enjeux du XXI^e siècle : un développement durable alliant développement économique et social et protection de l'environnement. Tout ceci dans une

indispensable dimension européenne, en s'appuyant sur le réseau des Clusters Maritimes Européens présidé par mon prédécesseur Francis Vallat.

L'Europe est un continent avec un littoral maritime très étendu. Il est donc essentiel que l'Union européenne se mobilise et promeuve une politique maritime européenne, de manière équilibrée, en donnant à chaque État maritime des possibilités de développement identiques de son économie maritime avec le souci du respect des ressources et de l'environnement.

À côté des activités traditionnelles matures qui vont connaître un développement naturel, sont déjà apparues ou vont apparaître des activités émergentes que la Commission européenne a répertoriées sous le terme générique de « Blue Growth » - croissance bleue - et qui sont au nombre de cinq : l'aquaculture, les biotechnologies marines, l'énergie marine, l'exploitation minière des fonds marins (Deep Sea Mining) et le tourisme littoral ou maritime. Pour ce dernier, les enjeux du développement de la croisière, en métropole ou plus loin, sont considérables.

La plupart de ces activités peuvent être à l'origine de travaux d'infrastructure importants. Dans tous ces domaines, nous nous efforçons de mettre en synergie l'ensemble des acteurs concernés.

Aujourd'hui, l'économie maritime mondiale représente 1 500 milliards de dollars, demain 2 500. Il serait bien que la France en capte quelques points. Notre pays, par sa géographie, par sa culture, par ses hommes et ses femmes - marins, scientifiques, industriels - a tous les atouts pour être au rendez-vous de la croissance bleue, pour en prendre la tête en Europe, et pour en récolter les fruits économiques et sociaux. □

© PAUL MARTINS

8



© DCNS

9





DURMEYER L'INNOVATION EN FIL ROUGE DE LA CROISSANCE

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

LES TRAVAUX DE FONDATIONS SPÉCIALES ET PLUS PARTICULIÈREMENT CEUX LIÉS AUX TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX APPARTIENNENT AU SECTEUR DES TRAVAUX PUBLICS OÙ DES PME FRANÇAISES INDÉPENDANTES ONT UNE NOTORIÉTÉ CERTAINE. ELLES RÉUSSISSENT À Y IMPOSER LEUR SAVOIR-FAIRE GRÂCE À UNE RÉACTIVITÉ, UNE COMPÉTENCE ET, GLOBALEMENT, DES CAPACITÉS D'INNOVATION AUXQUELLES N'HÉSITENT PAS À FAIRE APPEL LES DONNEURS D'ORDRE PUBLICS ET PRIVÉS AINSI QUE LES MAJORS DE LA PROFESSION. TEL EST LE CAS DE L'ENTREPRISE DURMEYER, DONT LE PRÉSIDENT OLIVIER DURMEYER RETRACE LA BELLE AVENTURE, ENTAMÉE EN 1725 ET QUI SE POURSUIT AUJOURD'HUI AVEC DES RÉALISATIONS QUI LA PLACENT AU NIVEAU DES PLUS GRANDS. SES INNOVATIONS TECHNIQUES LUI PERMETTENT DE SE DIFFÉRENCIER ET DE S'IMPOSER SUR UN MARCHÉ HAUTEMENT CONCURRENTIEL.

Acteur majeur dans le grand quart Nord-Est de la France, l'entreprise Durmeyer est basée à Mittersheim, au centre du triangle Metz-Nancy-Strasbourg. Elle intervient dans toute la France et dans les pays limitrophes (Allemagne, Belgique et Luxembourg).

Établie depuis 1725 dans ce village lorrain de 600 habitants au cœur du Saulnois, elle y perpétue une longue tradition de bâtisseurs puisque l'on trouve une trace des travaux des Durmeyer dans les écrits des églises locales dès le 18^e siècle. Georges Durmeyer, le grand-père de

1 - Chantier du pont Citadelle à Strasbourg : Ducs d'Albe en caissons et palées provisoires.

l'actuel président, a créé son entreprise en 1935. Il a passé le relais à ses trois enfants Antoine, Jean-Paul et Gérard, dans le courant des années 60. Olivier Durmeyer a pris la présidence de l'entreprise en 2007, après y être entré en 1991, à l'issue d'un doctorat de physique à l'université de Strasbourg.

Il est assisté dans ses fonctions par Vincent Keller, ingénieur ETP, directeur général de Durmeyer, qui a rejoint l'entreprise en 1995.

À l'origine, il s'agissait d'une entreprise de Travaux Publics classique. Son profil a évolué pendant la crise des années 70 au cours de laquelle elle s'est dirigée plus résolument vers les fondations spéciales, mais son expérience dans ce secteur remontait déjà à 1935.

En 2016, son effectif est stabilisé à 48 personnes et elle réalise un chiffre d'affaires de l'ordre de 12 millions d'euros. Les chantiers mobilisent en permanence 6 à 8 équipes de trois personnes - un responsable du chantier, un conducteur d'engins et un aide foreur - tandis que le reste du personnel est affecté au siège administratif et dans les ateliers de Mittersheim. L'ensemble de ces installations fait l'objet de modernisations régulières, tant au niveau des engins de maintenance - nouvelle grue de parc de 40 t et nouveau pont roulant de 10 t - que des équipements dans les ateliers où interviennent des équipes de techniciens compétents recrutés localement. Ce sont les « hommes de l'ombre » qui travaillent aux innovations, toujours expérimentées préalablement en atelier, aux réparations, adaptations, régénération des outils et, plus généralement, à l'entretien des matériels.

5 MILLIONS D'EUROS D'INVESTISSEMENTS

Depuis 2008, l'entreprise aura réalisé près de 5 millions d'euros d'investissements dans le renouvellement et la modernisation de son parc de matériel : foreuse Bauer BG 40 de 110 t, BG 20 de 65 t, BG 18 de 55 t, grue de parc Sennebogen 835 de 40 t, camion

© MARC MONTAGNON



2

LES DOMAINES D'INTERVENTION

FONDACTIONS PROFONDES : pieux forés tubés provisoires ou définitifs, louvoyés ou vibrofoncés, pieux forés tubés sécants ou tangents par double rotation, pieux à la tarière creuse, pieux vibro-battus moulés, pieux Refoulés Injectés Durmeyer (RID) ou pieux vissés moulés, pieux métalliques battus...

OUVRAGES EN PALPLANCHES MÉTALLIQUES : batardeaux, quais, stabilisations de terrains, ouvrages circulaires...

TRAVAUX D'AMÉLIORATION DES SOLS : inclusions rigides, pieux RID, pieux vissés moulés, picots, vibro-flottation, colonnes ballastées...

2- De gauche à droite : Olivier Durmeyer, président de l'entreprise, et Vincent Keller, directeur général.

3- La machine Bauer RG 22 S de 90 t équipée d'un mât de 25 m pour forer des pieux par double rotation de 15 m à 18 m de hauteur.

4- La nouvelle grue de parc Sennebogen 835 de 40 t.

Scania avec grue de 63 t.m auxquels s'ajoutent les modifications et les acquisitions d'outils de forage (tarières, buckets, trépan...) afin de les adapter aux puissances accrues des nouveaux porteurs.

Un nouveau pont roulant de 10 t de capacité sera opérationnel au premier trimestre 2016 pour assurer les maintenances sur le parc de matériel principal de 2 000 m² sur lequel sont stockés sur des supports spécifiques en « H » organisant les tubes, tarières, carottiers et buckets les plus couramment utilisés. Les outils à taux d'utilisation plus faible,

pour des chantiers spécifiques, ou très volumineux, sont stockés dans un deuxième parc non couvert de 10 000 m², situé à quelques centaines de mètres des installations principales de Mittersheim qui occupent elles-mêmes une plateforme d'une superficie totale de 6 ha.

Outre un bâtiment administratif de 700 m², cette plateforme abrite un magasin de pièces et un atelier de mécanique de 950 m² ainsi qu'un atelier de chaudronnerie de 1 000 m² équipé d'un pont roulant de 10 t.

« Nous assurons en interne l'ensemble des entretiens et des réparations des machines et du matériel, ce qui nous donne une autonomie et une grande réactivité sur les chantiers, précise Olivier Durmeyer ».

LE FORAGE PAR DOUBLE ROTATION

« À côté des pieux forés tubés et des ouvrages en palplanches qui constituaient jusqu'en 2010 l'essentiel de notre activité, indique Olivier Durmeyer, l'entreprise a développé, sur la base du foré/tubé, la double rotation par forage et tubage à la tarière creuse en simultané, avec bétonnage par le tube central, pour réaliser des pieux sécants ou tangents de 520 mm à 830 mm de diamètre, notamment dans la perspective des chantiers urbains du Grand Paris, où nous nous positionnons pour des travaux annexes ou connexes, pour des infrastructures d'une quinzaine de mètres de hauteur ».

« Cette technique du forage par double rotation nous permet de nous différencier de nos concurrents en proposant un nouveau produit de qualité, respectant les exigences de tolérance de forage et d'étanchéité, ▷



3

© DURMEYER



4

© MARC MONTAGNON



© DURMEYER



© DURMEYER



© MARC MONTAGNON

à un coût compétitif. Par rapport aux parois moulées de petite superficie, aux pieux forés tubés classiques qui sont chronophages, et aux pieux forés à la tarière creuse qui peuvent poser des problèmes de qualité en fonction de la nature du terrain, la double rotation s'inscrit parfaitement dans le principe des ouvrages en milieu urbain ».

Pour mettre en œuvre dans les meilleures conditions cette technique qui nécessite des puissances de forage importantes et des porteurs conséquents pour garantir un excellente stabilité, l'entreprise a d'ailleurs fait récemment l'acquisition d'une foreuse Bauer RG 22 S de 90 t équipée d'un mât de 25 m de hauteur pour forer des pieux de Ø 830 mm à 15 m de profondeur et de Ø 600 mm à 18 m de profondeur.

LES PIEUX RID (REFOULÉS INJECTÉS DURMEYER)

Simultanément au renforcement de son parc de matériel - et les deux démarches sont indissociables - Durmeyer a rédigé en collaboration avec Luis Capinteiro, de Socotec et Michel Bustamante, de MB Fondations et du LCPC, - un cahier des charges spécifiques pour la réalisation d'une nouvelle famille de pieux - les RID - c'est-à-dire les pieux Refoulés Injectés Durmeyer. Les pieux RID ont été développés par

l'entreprise pour fonder des bâtiments ou des ouvrages de génie civil dont la mise en œuvre, le contrôle et le dimensionnement sont définis par un cahier des charges propre à l'entreprise. En plus de la réalisation de pieux comme points porteurs singuliers ou groupés, cette technique permet également le renforcement de sol par inclusions rigides dont le contrôle et le dimensionnement satisfont aux recommandations du programme ASIRI⁽¹⁾. Parmi leurs avantages : rapidité d'exécution, déblais réduits, moins de 10% seulement du terrain foré est excavé.

5- Forage de pieux de 620 mm de diamètre par double rotation en site urbain avec un système « Soil Chute ».

6- Travaux de soudure en atelier : le domaine des « hommes de l'ombre ».

7- Travaux fluviaux : fonçage de palplanches métalliques avec lançage à l'eau.

Il s'agit d'un pieu foré par refoulement du sol, de diamètre 320 à 490 mm, réalisé à partir d'un outil spécial de type tarière conçu par Durmeyer, bétonné avec enregistrement des paramètres. L'outil de refoulement est une tarière creuse dont la base est spécifique, prolongée en partie supérieure par un à trois tubes rallonges à forte inertie. Il est ainsi constitué d'un tube à forte inertie, de spires à pas discontinus, de diamètres identiques à la zone de refoulement et à la pointe d'attaque, avec une variation optimisée de l'âme centrale depuis le niveau d'attaque jusqu'à la zone de refoulement et inversement en partie supérieure. La pointe est constituée d'un plateau de coupe à dents adaptées à la nature des terrains rencontrés (argiles, limons, sables et graviers, craies, marnes...). Un obturateur métallique perdu ou récupérable est destiné à fermer la colonne de bétonnage pendant le forage.

« Cette technique, précise Olivier Durmeyer, est particulièrement bien adaptée à la réalisation de bâtiments en site urbain ainsi qu'au confortement de remblais. Le coût du traitement des déblais est réduit et ceci d'autant plus fortement là où les sols sont pollués et sur les sites industriels ».

Durmeyer a réalisé ses premiers pieux RID vissés moulés en 2008 avec des diamètres de 360 mm et d'une profon-



© DURMEYER

7



8

© DURMEYER

deur de 10 à 15 m. En 2016, après des essais concluants effectués en 2015, grâce aux performances des foreuses RG 22 et BG 40 notamment, elle est passée à un diamètre de 490 mm à une profondeur pouvant atteindre 22 m lorsque le terrain est adapté à cette technique : c'est le cas du chantier Halleria à Nancy, sur lequel l'entreprise intervient pour la réalisation de plus de 300 pieux : 190 pieux RID vissés moulés de Ø 490 et de 10 à 22 m de profondeur et 110 pieux à la tarière creuse de Ø 760 et de 12 à 18 m de profondeur.

8- Atelier de forages de fouilles pour caténaires.

9- Pieux vissés moulés de 480 mm de diamètre selon le procédé RID (Refoûlés Injectés Durmeyer).

10- Sur un chantier fluvial, battage de palplanches sous hauteur réduite à partir d'une barge.

TRAVAUX FLUVIAUX : PALPLANCHES LANCÉES À L'EAU

Les travaux fluviaux, qui font le plus souvent appel à des soutènements en palplanches, demeurent l'un des secteurs de prédilection de Durmeyer qui continue d'y être très présente.

L'entreprise vient de mettre en application en vraie grandeur une technique qu'elle avait expérimentée en 2009 avec Arcelor Mittal et le laboratoire des Ponts et Chaussées de Strasbourg : le fonçage de palplanches avec lançage d'eau sous pression. L'expérimentation avait permis de qualifier sur deux sites

complémentaires l'amélioration apportée par rapport au simple vibrage.

Durmeyer assure le confortement, par un rideau de palplanches PU32 espacées de 2,50 m et 3 m, et d'une longueur de 14 m, d'un rideau déjà existant de 6 m de hauteur sur une digue séparant d'un étang le canal de la Marne au Rhin.

La mise en œuvre a été réalisée par voie fluviale à partir d'un ponton flottant à l'aide d'un vibrofonçeur ABI à mât télescopique associé à un lançage à l'eau sous pression. Cette technique a réduit les vibrations sur la digue existante et optimisé le fonçage et la vitesse d'exécution. Les nouvelles palplanches ont été foncées directement contre le rideau existant sur lequel il était impossible d'intervenir directement en raison de sa vétusté.

PONT DE LA CITADELLE À STRASBOURG : 4 DUCS D'ALBE ET 22 TUBES DE 22 M

Sur le chantier du pont Citadelle, à Strasbourg, symbole fort du développement des relations entre la capitale alsacienne et Kehl, qui s'inscrit dans le prolongement de la ligne D du tramway qui sera mis en service en avril 2017, Durmeyer a réalisé quatre ducs d'Albe de protection des appuis provisoires assurant le franchissement du bassin Vauban⁽²⁾.



9

© DURMEYER



10

Chacun des ducs d'Albe est composé de 4 caissons CU 28-4 de 16 m de longueur qui ont été mis en place à l'aide d'un vibrofonneur ICE 14-12C (force centrifuge 2 300 kN). En parallèle, l'entreprise a également foncé 22 tubes de diamètre 1 200 mm et de longueur 22 m utilisés en tant qu'appui provisoire lors des opérations successives de lancement par poussage des 162 m du tablier et de l'arc du pont.

LAUTERBOURG : 800 TONNES DE PALPLANCHES

Parmi les autres chantiers récents « sur l'eau », il faut mentionner la création d'un poste à conteneurs sur le port de Lauterbourg, sur le Rhin, pour le compte du Port autonome de Strasbourg. Sur ce chantier, Durmeyer a mis en place 800 tonnes de palplanches - PU 28 de 8 m de longueur et AZ 36-700 de 19 m - formant respectivement le rideau d'ancrage et le rideau principal du quai, solidarisés par des tirants d'ancrage passifs. Ces travaux ont été effectués à l'aide d'une grue Sennebogen 670 de 70 t associée à un vibrofonneur ICE 815.

400 PIEUX À MEAUX

Les pieux à tarière creuse sont l'un des domaines dans lequel Durmeyer a élargi le champ de ses compétences. Pour la construction du centre commercial « Les Saisons de Meaux », pour le compte d'Immochan, inauguré en octobre 2015, le chantier a nécessité la réalisation de 400 pieux de diamètres allant de 760 mm à 880 mm et de 12 m à 15 m de profondeur, avec des ancrages dans le calcaire de Saint-Ouen. Les travaux ont été effectués à l'aide des foreuses Bauer BG 24 et BG 40 dont le couple a permis un parfait déroulement de l'opération.



11



12

© DURMEYER

L'ensemble des foreuses du parc permet de réaliser sur plusieurs chantiers le même type de fondations, sans problème notoire, et ceci notamment dans les terrains marno-calcaires ou graveleux compacts qui sont ceux de l'environnement immédiat de l'entreprise en Alsace et Lorraine et dans les régions limitrophes.

PIEUX FORÉS ET PALPLANCHES : L'ACTIVITÉ RESTE SOUTENUE

Les ouvrages en palplanches métalliques, qu'il s'agisse de batardeaux, de quais, d'éléments de stabilisation de terrains ou de structures circulaires, demeurent un axe d'autant plus privilégié pour l'entreprise qu'elle intervient désormais partout en France où se présentent les opportunités. Les références récentes sont ainsi nombreuses :

11- Les travaux de forages de fouilles pour poteaux de caténaires nécessitent une logistique et une planification très particulières.

12- Chantier de forage de pieux sécants par double rotation.

13 et 14- Forage de pieux à la tarière creuse de 760 mm et 880 mm de diamètre et de 12 m à 15 m de profondeur.

- Sur l'autoroute A150 « Rouen - Le Havre », plusieurs batardeaux ;
- À Notre-Dame-de-Gravenchon, 150 pieux à tarière creuse pour l'extension des installations d'Air Liquide dans la zone industrielle de Port-Jérôme ;
- À Dunkerque, intervention sur le chantier de reconstruction du pont du Triangle, un ouvrage emblématique reliant Saint-Pol à Fort-Mardyck ;
- Sur le contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier (CNM), qui permettra de relier Montpellier à Paris en moins de 3 heures, pieux forés tubés de 2 m de diamètre et de 17 m de profondeur avec ancrage de 7 m dans le calcaire et pieux de 1 200 et 1 500 mm de diamètre et de 20 m de profondeur pour des appuis d'ouvrages d'art.



13



14

© DURMEYER



15



16

15- Chantier de puits de 800 mm de diamètre et d'une profondeur de 46 m.

16- Fosse en pieux sécants de 1 000 mm de diamètre.

« Le chantier de CNM a mobilisé pendant plus de 10 mois, précise Olivier Durmeyer, une équipe permanente de l'entreprise ainsi que la foreuse Bauer BG 40 et une grue de maintenance Sennebogen de 60 t. Dans le prolongement de ce chantier, nous venons d'ailleurs d'entamer les 3 500 forages pour les poteaux caténaux sur les 80 km du tracé du contournement ».

FONDACTIONS POUR CATÉNAIRES : DES FORAGES PAR MILLIERS

La réalisation des fondations des poteaux de caténaux pour la LGV Est 2^e phase et, plus récemment, sur la future ligne à grande vitesse Tours-Bordeaux (SEA), a nécessité l'utilisation d'outils de forage de forte puissance, adapté à des remblais très fortement compactés et comportant de nombreux blocs de très grande dimension, sans décompression de la couche de roulement.

Sur la LGV Est 2^e phase, ce sont quelque 5 000 forages qui ont été réalisés sur 120 km de voies entre Baudrecourt et Strasbourg.

Sur la SEA, Durmeyer est intervenue sur 130 km pour la réalisation de 7 000 forages de 3 à 4 m de profondeur, en Ø 600 à 750 mm destinés aux poteaux de caténaux entre Tours et Poitiers. « Les chantiers de caténaux nécessitent une logistique et une planification très particulières, précise Olivier Durmeyer, car les travaux sont réalisés entre la pose des artères câblées enterrées et les travaux de voies ». Vincent Keller confirme que les fo-

LE PARC DE MATÉRIEL

Une entreprise de travaux fluviaux et de fondations spéciales est indissociable de son parc de matériel. Les engins qui le composent mettent en évidence la spécificité de l'entreprise.

MACHINES DE FORAGE

- 1 foreuse Bauer BG 18 H (186 kW - 55 t - table de rotation de 18 t.m)
- 1 foreuse Bauer BG 20 (313 kW - 65 t - table de rotation de 20 t.m)
- 1 foreuse Bauer BG 24 (260 kW - 75 t - table de rotation de 24 t.m)
- 1 foreuse Bauer BG 36-40 (354 kW - 110 t - table de rotation de 40 t.m)
- 1 foreuse Bauer RG22 (570 kW - 90 t - tables de rotation de 10 et 20 t.m - respectivement sur tarière et tube - connectables)
- 1 foreuse ABI SM 12-16 HD (470 kW - 70 t - tables de double rotation de 7 et 11 t.m respectivement tarière et tube - connectables)
- 1 foreuse ABI RE 10/12 HD (222 kW - 45 t - tables de double rotation de 4 et 6 t.m)
- 4 louvoyeurs Leffer, Bauer, Casagrande de Ø nominaux 1 000, 1 200, 1 300, 1 500 mm - couples de rotation de 100 t.m à 210 t.m

GRUES TREILLIS SUR CHENILLES

- 1 Sennebogen S10-20 de 20 t
- 2 Sennebogen S12-25 de 25 à 30 t
- 1 Liebherr HS832 de 35 t
- 2 Sennebogen S655 de 60 t
- 1 Sennebogen S670 de 80 t
- 1 Sennebogen 835 sur pneus de 40 t

MATÉRIEL DE BATTAGE

- 1 porteur ABI RE 10-12 + vibrofonneur VRZ 700 GL (222 kW - 45 t)
- 1 porteur ABI SM 12-16 HD + vibrofonneur MRZV 22 S (470 kW - 70 t)
- 4 vibrofonneurs pendulaires PTC 25H1, ICE 223, ICE 416, ICE 815 de 4 à 8 t
- 4 trépieds Demag et Pajot de 600 à 3 600 kg
- 1 marteau arracheur Demag PZ4
- 4 moutons Diesel Delmag D12, D22 et D30 de 1 à 3 t de masse frappante

MATÉRIEL FLOTTANT

- 2 pousseurs de 250 ch
- 2 barques de servitude
- 2 barges de 60 t de capacité
- 2 pontons modulaires à stabilisateurs hydrauliques de 400 m²

reuses assurent le rôle de « locomotive » au chantier routier des équipements caténaux.

PIeux SÉCANTS : LES SITES URBAINS EN LIGNE DE MIRE

En variante aux palplanches ou aux parois moulées, le soutènement provisoire ou définitif par pieux sécants ou pieux tangents présente des avantages au niveau du coût et de l'encombrement des installations de forage.

Il s'agit d'une technique dans laquelle Durmeyer est désormais fortement impliquée, notamment en prévision des chantiers du Grand Paris, comme indiqué en préambule.

C'est ainsi qu'à Strasbourg, la trémie permettant à la ligne D prolongée du tramway d'accéder au nouveau pont de la Citadelle reliant la métropole alsacienne à Kehl, a été construite à l'abri de pieux sécants de diamètre 1 000 mm et de 13,50 m de profondeur, forés et bétonnés par double rotation, sans difficulté particulière, à l'aide d'une machine Bauer RG 25 de forte puissance, en dépit d'une emprise de chantier particulièrement réduite.

LE PARI DU GRAND PARIS

Ainsi qu'en témoignent ces exemples, l'activité de recherche et de développement est une réalité quotidienne au sein de l'entreprise. Deux projets, parmi d'autres, soulignent son implication : un site dédié aux détections de défauts de réalisation des pieux et la réalisation d'essais de chargements en grandeur réelle sur colonnes ballastées. Auxquels s'ajoutent le fonçage des palplanches par lançage à l'eau, la technique des pieux RID, l'expertise confirmée dans la réalisation de pieux sécants ou tangents, dans l'optique sous jacente d'une présence sur les chantiers du Grand Paris. □

1- Ces recommandations décrivent le comportement des ouvrages fondés sur inclusions rigides en détaillant, à la lumière des expérimentations et modélisations effectuées, les différents mécanismes d'interaction qui se développent entre le sol, les inclusions et le matelas de répartition.

2- Chantier confié au groupement Eiffage Construction Métallique/Gim Hallé.



1
© ARCADIS

REMPIÈTEMENT DU QUAI DE L'USINE TECHNIP FLEXI FRANCE DU TRAIT (76)

AUTEURS : PHILIPPE ROBINO, MAÎTRISE D'ŒUVRE, ARCADIS - ÉRIC MALANDAIN, MAÎTRISE D'OUVRAGE, TECHNIP FLEXI FRANCE - SÉBASTIEN HEBERT, ENTREPRISE, ETMF

LE VIEUX QUAI DU TRAIT, UNE COMMUNE DE NORMANDIE (76) SITUÉE EN RIVE DROITE DES BOUCLES DE LA SEINE, POURSUIT LA LONGUE MUTATION QU'IL A ENTAMÉE DEPUIS L'IMPLANTATION DE L'USINE TECHNIP FLEXI FRANCE DE FABRICATION DE CONDUITES FLEXIBLES MULTICOUCHES DESTINÉES À L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE SOUS-MARINE. EN 2014 ET 2015, IL A AINSI FAIT L'OBJET DE TRAVAUX DE RENFORCEMENT DE SON SOUTÈNEMENT ET D'UN APPROFONDISSEMENT DE SA SOUILLE POUR AMÉLIORER SA CAPACITÉ D'ACCUEIL TOUT EN RENDANT ADMISSIBLE SON EXPLOITATION SELON UN SCHÉMA DÉCOUPANT SON TERRE-PLEIN EN ZONES DE CHARGEMENT À 3 ET 10 T/M².

LE PROJET

Les travaux du rempiètement du quai de l'usine Flexi France de Technip au Trait, qui se sont déroulés en 2014 et 2015, ont comporté plusieurs volets indépendants, réalisés successivement ou simultanément :

→ Le premier d'entre eux a consisté à consolider le soutènement avant en adossant contre le rideau de palplanches existant, de 210 m de long, une série de profilés verticaux régulièrement espacés, maintenus par deux structures longitudinales en béton armé, une première de 1 m de hauteur, dite poutre de chaînage, pour coiffer et sceller les têtes des profilés à la poutre de couronnement existante et une seconde, en zone immergée, d'environ 6 m de hauteur, dite structure de blocage, pour assurer le blocage du rideau contre les nouveaux profilés



2
© ARCADIS

1- Chargement d'une bobine sur le Eendracht, septembre 2014.
2- Porte bobine.

1- Loading a reel on the Eendracht, September 2014.
2- Reel holder.

et garantir en pied une butée adéquate tout en protégeant les profilés des bulbes d'étrave des navires.

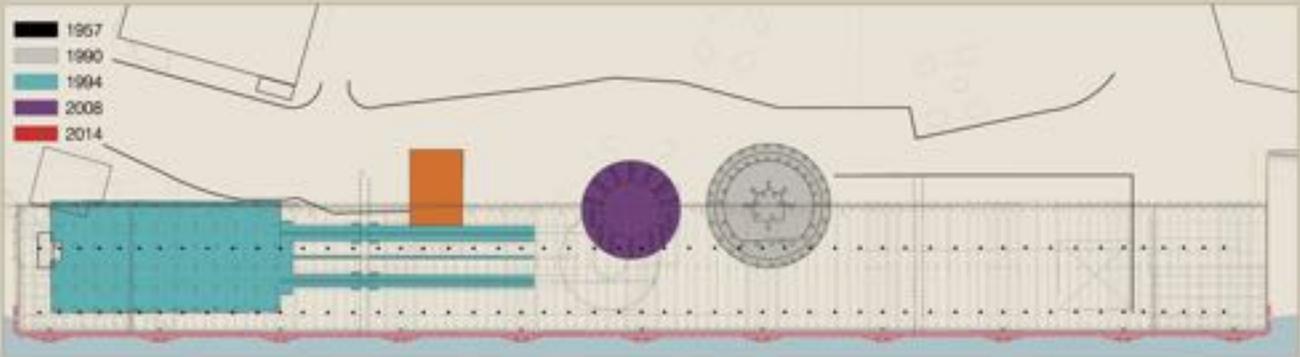
→ Le second volet a consisté à installer un dispositif de renforcement arrière en fonçant une seconde série de

profilés verticaux régulièrement espacés. Ce dispositif, agissant sous la forme d'un clouage ancré au sein d'un horizon porteur d'alluvions anciennes, améliore la stabilité au glissement de l'ensemble du quai et lui confère un coefficient

de sécurité satisfaisant vis-à-vis des valeurs réglementaires.

→ Le troisième volet a porté sur la réalisation de deux dispositifs de soutènement des perrés aux retours de quai.
→ Le quatrième volet a consisté à réaménager le front d'accostage

VUE DU PROJET



© ARCADIS

3

en réinstallant un nouveau jeu d'échelles régulièrement réparties et en remplaçant les systèmes de défense d'accostage - des pneus usagés suspendus aux bollards - par de nouveaux amortisseurs modernes, constitués chacun par un bouclier métallique revêtu de PEHD et de défenses en élastomère pour l'absorption de l'énergie d'accostage.

→ Le cinquième volet a concerné le dragage effectué à l'achèvement des travaux de génie civil. En prévision de l'accueil de navires aux carènes plus profondes, le quai a été rempiété sur 2,5 m et une souille été aménagée en pied d'ouvrage à une cote de -6,5 CMH couvrant tout le linéaire et s'étendant aux zones amont et aval.

3- Vue du projet.

4- Coactivité, escale du Happy Dover, octobre 2014.

5- Coactivité, escale du HHL Tokyo, mars 2015.

3- View of the project.

4- Co-activity, stopover by the Happy Dover, October 2014.

5- Co-activity, stopover by HHL Tokyo, March 2015.

→ Enfin, le dernier volet des travaux a été la réfection de la chaussée, intégralement reconstituée à l'issue des opérations de dragage.

L'USINE FLEXI FRANCE DE TECHNIP

L'usine Technip Flexi France du Trait est une usine de fabrication de conduites flexibles de haute technicité.

Ces conduites sont enroulées autour de bobines de 300 à 500 t directement chargées à bord de navires ou bien dévidées depuis un convoyeur aérien et enroulées dans les carrousels des navires de pose spécialisés.

Au fil des années, l'usine a aménagé son quai pour manutentionner ses conduites flexibles : il dispose, en extrémité aval, du convoyeur aérien précité, au centre, d'une grue *Huisman* à forte capacité de levage chargeant les bobines pleines ou déchargeant les bobines vides en retour et, sur sa moitié aval, de voies de roulement permettant le déplacement des paniers. L'usine

possède aussi des porte-bobines, engins roulants qui transportent les bobines aux machines de fabrication ou les amènent à la grue en les déposant sur une dalle prévue à cet effet située près de son piédestal (figure 1).

STRUCTURE DE BASE

Le quai est un ouvrage qui a été construit entre 1957 et 1958 pour doter le site, alors occupé par les Ateliers et Chantiers de la Seine Maritime, d'un quai d'armement et de réparation navale. Créés en 1917 puis fermés en 1972, ces ateliers constituaient un haut lieu de la construction maritime française, notamment pour les bâtiments de la Marine Nationale. Inauguré le 19 avril 1958 à l'occasion du lancement du pétrolier *Port Vendres*, le quai a aujourd'hui 57 ans.

Sa structure de base repose sur un rideau avant en palplanches Larssen V de 18 m de hauteur, un rideau d'ancrage en palplanches Larssen V de 5 à 7 m de hauteur, deux nappes de tirants passifs inclinés disposées entre les deux écrans distants de 21 m et un équipement à 11 bollards de 100 t régulièrement espacés et 11 pneus d'accostage. Sa plateforme est calée à la cote +9,5 CMH (Cote Marine du Havre) et sa souille à -4,0 CMH.

ÉVOLUTION DE LA STRUCTURE

Après l'implantation de l'usine en 1972, la structure a dû évoluer pour permettre les opérations de manutention de flexibles :

→ En 1990, elle a été équipée, en zone amont, de fondations pour mettre en place une grue Manitowoc 4600, aujourd'hui exploitée sur un autre site Technip. Ces fondations sont constituées d'un plot central de ▽



© ARCADIS

4



5



6



7



8



9



10

5 m de côté, fondé sur des pieux couronnés et d'une couronne périphérique de 10,4 m de rayon, fondée sur des paires de pieux.

- En 1994, elle a été aménagée sur toute sa moitié aval par une structure découpée en trois zones. Il ne reste que la première à l'extrémité aval, une dalle fondée sur des rangées de pieux, et la seconde au centre, deux voies de roulement de 50 m de long.
- En 2008, pour bénéficier d'une grue à forte capacité de levage capable de charger des bobines de plus en plus lourdes, elle a été dotée d'un système de fondations profondes s'articulant autour d'un piédestal tronconique, une poutre circulaire de 8,2 m de rayon et 14 barrettes de 23,5 m de hauteur.
- Elle a aussi été équipée d'une dalle de réception des charges lourdes. In fine, les travaux ont été réalisés sur une structure composite bâtie sur une

base simple et l'ajout d'éléments qu'il a fallu éviter ou démolir et reconstruire (figure 3).

COACTIVITÉ

Une contrainte du chantier a été la gestion de la coactivité entre les travaux de renforcement de l'entreprise Eiffage et la nécessité pour l'usine de ne pas interrompre son activité industrielle car la plateforme maritime reste son unique moyen de délivrer sa production. Ainsi, les travaux ont dû être exécutés en adaptant quotidiennement le calendrier pour faire face aux escales des navires, annoncées parfois la veille, et en partageant le terre-plein et le quai. Outre des difficultés liées au stockage des matériaux, il a résulté de cette coactivité une étroite et remarquable collaboration entre l'entreprise et le maître d'ouvrage et un ordonnancement concerté des opérations, parfois réalisé le jour même. L'accueil des navires a été maintenu

6- Vibrofonçage maritime des profilés AV.

7- Vibrofonçage terrestre des profilés AV.

8- Vibrofonçage des profilés AR, panier et grue Huisman.

9- Vibrofonçage des profilés AR.

10- Profilés AR.

6- Offshore vibropiling of front sections.

7- Onshore vibropiling of front sections.

8- Vibropiling of rear sections, basket and Huisman crane.

9- Vibropiling of rear sections.

10- Rear sections.

grâce à la réalisation de dispositifs d'accostage temporaires, et si le quai a été immobilisé entre chaque escale, les travaux se sont bien poursuivis lors des escales via l'établissement de plans d'amarrage spécifiques et de plans de manutention des bobines adaptés. En raison de la coactivité, un accent a été porté sur la sécurité du personnel : collaborateurs de l'entreprise et de l'usine, lamaneurs ..., travaillant au-dessus de l'eau, près des amarres et/ou des grues. Ainsi, un opérateur sécurité de l'usine a-t-il été détaché sur le quai durant toute la durée du chantier (figures 4 et 5).

INSTRUMENTATION

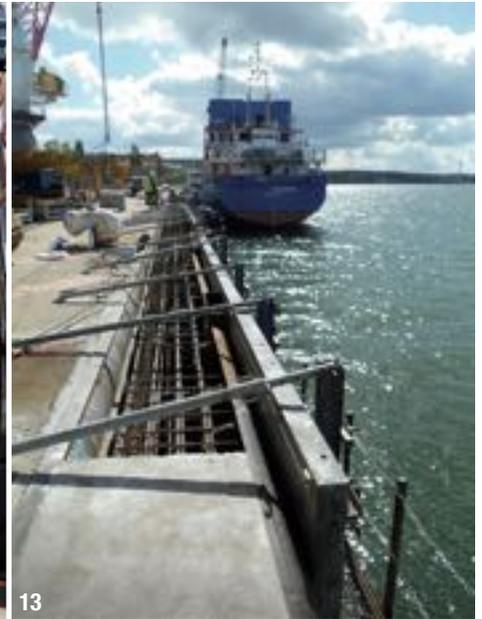
L'ouvrage a été instrumenté de capteurs de mesure pour être surveillé durant toutes les phases de travaux. Pour suivre les mouvements du terrain et s'assurer de leur conformité avec les prévisions de la modélisation, il a été mis en place un système de cibles



© ARCADIS
11



12



13

topographiques et huit inclinomètres disposés par paire selon quatre coupes transversales. La moitié des capteurs a été implantée contre la poutre de couronnement et l'autre moitié près du rideau d'ancrage. Pour suivre les variations de la nappe et de la Seine, le quai a été équipé de six piézomètres et d'un marégraphe.

LES GRANDES ÉTAPES FONÇAGE DES PROFILÉS

Le vibrofonçage des 131 profilés avant HEM 600 (S460) de 26,1 m de hauteur a été conduit par voie nautique ou terrestre. Sur tout le quai, les profilés ont été disposés contre les dos des palplanches existantes, selon un espacement de 1,68 m et placés au plus près de l'écran avant, environ à 20 cm en raison de son ventre en zone immergée (figures 6 et 7).

Le vibrofonçage des 134 profilés arrière HEB 550 (S460) de 20,3 m de hauteur, devant le rideau d'ancrage, a été conduit par voie terrestre entre les tirants passifs enfouis. Après avoir démolé la chaussée et les structures en béton armé et avoir terrassé jusqu'aux têtes des palplanches du rideau d'ancrage, les profilés ont été disposés par unité, paire ou triplet, selon un espacement variable dépendant de la présence de structures existantes. Les structures ont ensuite été reconstruites (figures 8, 9 et 10).

STRUCTURE DE BLOCAGE

La structure de blocage a été construite en glissant des dalles préfabriquées entre les âmes des profilés, puis en injectant du béton de remplissage entre ces dalles et l'écran, les liaisons aux profilés et dalles étant assurées par un réseau de connecteurs. La première opération a été menée à l'issue du fon-

11- Mise en place d'une dalle préfabriquée.

12- Injection du béton de remplissage.

13- Poutre de chaînage, plot terminé en bas et avant bétonnage en haut.

14- Poutre de chaînage, plot terminé à gauche et avant bétonnage à droite.

11- Placing a pre-fabricated slab.

12- Filler concrete injection.

13- Tie beam, completed block at the bottom and before concreting at the top.

14- Tie beam, completed block on the left and before concreting on the right.

çage des profilés avant et la seconde à l'achèvement de la poutre de chaînage pour supprimer le risque de leur basculement vers la Seine sous l'effet de la poussée du béton frais. Ces opérations sous-marines ont nécessité l'intervention de plongeurs pour les opérations de contrôle (figures 11 et 12).

POUTRE DE CHAÎNAGE

La construction de la poutre de chaînage a été réalisée par plots de longueur variable, environ 20 m, 40 m ou 60 m, dépendant des prévisions des escales et opérations de l'usine, de la présence de dispositifs d'accostage provisoires et des états d'avancements des dispositifs d'accostage définitifs (figures 13 et 14).

DISPOSITIFS D'ACCOSTAGE

Les 11 pneus d'accostage ont été remplacés par de nouveaux amortisseurs conçus dans le souci de limiter la pression de coque et l'avancée du front d'accostage pour éviter de perdre

en capacité de grutage (500 t à 30 m) ; ils concilient compacité et amélioration du confort à l'accostage et à l'amarage. Chaque amortisseur absorbe une énergie d'accostage normale de 83 t.m et accidentelle de 145 t.m, et il est doté d'un bouclier de 2 m de largeur et 7,4 m de hauteur, capable de prendre en charge les variations du niveau du fleuve, ainsi que de deux rangées de défenses à jambage de 4,5 m de hauteur. Celles-ci sont fixées sur une structure mécanosoudée solidaire des profilés avant et calée sur un massif en béton optimisant la diffusion des efforts (figures 15 et 16).

DISPOSITIFS D'ACCOSTAGE PROVISOIRES

Pour protéger les profilés avant et la poutre de chaînage en construction, ainsi que pour permettre l'accueil des navires, quatre dispositifs d'accostage provisoires ont dû être réalisés. Chacun a consisté en une défense flottante en appui contre une plaque métallique soudée à trois profilés. La défense de 4,0 ou 6,5 m de long et de 3 m de diamètre pour reculer temporairement le front d'accostage par sécurité est contrainte dans ses déplacements par des élingues et des chaînes de rappel. Ces dernières limitent ses débattements longitudinaux et verticaux et donc les risques de collision avec les profilés voisins ou de remontée sur le quai par frottement avec une coque, notamment lors des marées de siècle (coef.119 en mars) (figures 17 et 18).

RIDEAUX DE PALPLANCHES AUX RETOURS DE QUAI

Sur chaque retour de quai, amont et aval, un soutènement autoporteur a été réalisé dans l'alignement de l'écran ▽



14

© ARCADIS



15



16



17



18

avant pour éviter tout risque de déstabiliser les perrés suite au dragage d'approfondissement et aux remaniements des talus sous-marins. Il a été utilisé deux rideaux en palplanches AZ24-700 (S355) de 13,5 m de hauteur, de 45 m et 50 m de longueur (figure 19).

DRAGAGE

Dans le souci de ne pas endommager l'ouvrage, l'opération de dragage a été menée via un suivi bathymétrique renforcé (11 relevés) par la Drague Aspiratrice en Marche *Jean Ango* du Grand Port Maritime de Rouen en 28 chargements (137 heures) puis par un remorqueur tractant une barre niveleuse. Des sédiments valorisables ont été extraits et une faible part a été clapée en Seine (figure 20).

ACCUEIL DES NOUVEAUX NAVIRES

Les travaux ont permis de rajeunir le vieux quai en l'alignant sur le standard des quais des autres usines du groupe : situé en zone maritime, avec une souille approfondie de 2,5 m, il offre désormais un tirant d'eau maximal de 10,3 m et peut recevoir les plus gros navires de la flotte Technip (figure 21).

15- Dispositif d'accostage, installation de la structure mécanosoudée.

16- Vue de 2 dispositifs d'accostage.

17- Dispositif d'accostage provisoire, de dessus.

18- Dispositif d'accostage provisoire, de profil.

15- Berthing system, installing the fabricated structure.

16- View of two berthing systems.

17- Temporary berthing system, top view.

18- Temporary berthing system, profile view.

LE PHASAGE

Après une phase d'études aux Eurocodes et des campagnes de reconnaissance géotechniques (Fugro) et magnéto (recherche d'engins explosifs de la 2^{de} guerre mondiale) menées de 2012 à 2014, les travaux se sont étalés sur un an comme suit :

- Instrumentation : été 2014 ;
- Études, reprofilage des talus sous-marins : septembre 2014 ;
- Démolitions, fonçage profilés AR, reconstructions : octobre à décembre 2014 ;
- Fonçage profilés AV : novembre 2014 ;
- Mise en œuvre des dispositifs d'accostage provisoires, rideaux de palplanches et dalles préfabriquées : décembre 2014 et janvier 2015 ;

→ Réalisation poutre de chaînage et des dispositifs d'accostage : février à juin 2015 ;

→ Injection béton de remplissage : juin 2015 ;

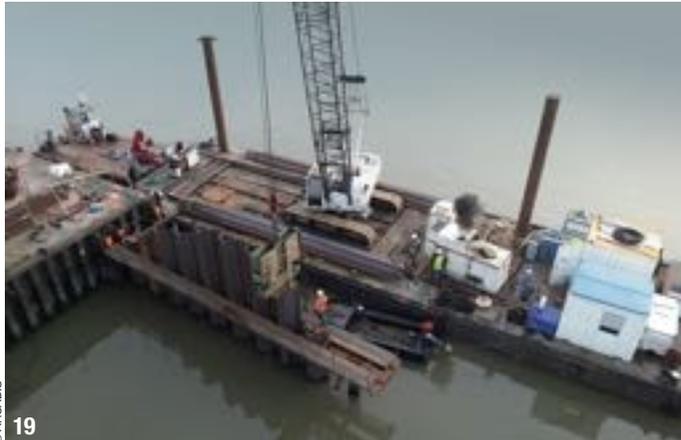
→ Approfondissement souille (drague *Jean Ango*) : juin et septembre 2015 ;

→ Réfection de la chaussée : octobre 2015.

LES COMPLEXITÉS

Les complexités ont essentiellement été liées :

→ À la coactivité entre les travaux de l'entreprise et la poursuite des processus industriels. La coactivité a entraîné la construction de dispositifs d'accostage provisoires, l'établissement de plans spécifiques



© ARCADIS
19



20



© ARCADIS
21

19- Vibrofonçage du rideau de palplanches aval.

20- Dragage.

21- Front d'accostage définitif.

19- Vibropiling of the sheet piling curtain at the front.

20- Dredging.

21- Final dock face.

d'amarrage et de manutention, une construction des structures par plots en libérant progressivement le bord à quai, une limitation des surfaces de stockage disponibles et une gestion complexe et délocalisée des livraisons et enfin une vigilance accrue des règles de sécurité ;

→ À la nécessité d'optimiser l'avancée du front accostage pour maintenir la capacité de grutage en proposant un dispositif d'accueil protégé et performant. □

CHIFFRES CLÉS DU CHANTIER

QUANTITÉ D'ACIER : 1 730 t dont 1 555 t de profilés

QUANTITÉ D'ARMATURES : 28 t

NOMBRE DE DISPOSITIFS D'ACCOSTAGE : 11 u

SURFACE DES DALLES PRÉFAS : 1 200 m²

VOLUME DE BÉTON ARME : 1 440 m³

VOLUME DE TERRES DÉPLACÉES : 570 m³

VOLUME DES DRAGAGES : 21 000 m³

INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Technip Flexi France

MAÎTRISE D'ŒUVRE : Arcadis

ENTREPRISE : Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux

SOUS-TRAITANTS : Cesm, Valetudes, Romeuf

DRAGAGE : Gpmr

INSTRUMENTATION : Dynaopt

ABSTRACT

UNDERPINNING THE QUAY OF TECHNIP'S FLEXI FRANCE DU TRAIT PLANT

PHILIPPE ROBINO, ARCADIS - ÉRIC MALANDAIN, TECHNIP FLEXI FRANCE - SÉBASTIEN HEBERT, ETMF

The quay of Technip's Flexi France du Trait plant, an old metal sheet piling structure dating from the end of the 1950s having a main curtain with an anchor curtain and two layers of tie anchors, was underpinned in 2014 and 2015. The works consisted of enlarging the front curtain abutment by placing against it a series of upright sections held in position by two reinforced concrete structures at the top and in the submerged zone, and also by nailing the open area on the quay edge against potential instabilities such as a major landslide or a Krantz type instability, by means of a second series of sections. The works also involved dredging, placing curtains on the quay sides and replacing the dock face. The quay can now receive the most recent vessels of Technip's fleet and continue to operate under loads of 3 or 10 tonnes/m². □

CONSOLIDACIÓN DEL MUELLE DE LA FÁBRICA TECHNIP FLEXI FRANCE DE TRAIT

PHILIPPE ROBINO, ARCADIS - ÉRIC MALANDAIN, TECHNIP FLEXI FRANCE - SÉBASTIEN HEBERT, ETMF

El muelle de la fábrica Technip Flexi France de Trait, una antigua construcción de finales de los años 1950 hecha de tablestacas metálicas con pantalla principal, pantalla de anclaje y dos capas de tirantes, ha sido consolidado en 2014 y 2015. Las obras han consistido, por una parte, en aumentar el empuje pasivo de la pantalla delantera, adosándole una serie de perfiles verticales sujetos por dos estructuras de hormigón armado en el frontal y en la zona sumergida, y, por otra, en inmovilizar el terraplén al borde del muelle para evitar posibles inestabilidades, como por ejemplo un gran deslizamiento del terreno o la inestabilidad de Krantz, mediante una segunda serie de perfiles. Asimismo, los trabajos han incluido el dragado, la instalación de pantallas en la escollera y la sustitución del frente de atraque. Así, el muelle puede recibir los buques más modernos de la flota Technip y seguir operando con cargas de 3 o 10 t/m². □



1

© ETPO/EMCC

ANSE SAINT-MARC 2 - CONSTRUCTION D'UN QUAI DE 200 M À LA ROCHELLE

AUTEURS : CÉLINE RESCOURIO, INGÉNIEURE STRUCTURE, PÔLE OUVRAGES D'INFRASTRUCTURE ET OUVRAGES SOUTERRAINS, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - KEVIN MARTIN, CHEF DE PROJETS, PÔLE OUVRAGES D'INFRASTRUCTURE ET OUVRAGES SOUTERRAINS, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - GILLES LEFRANC, CHEF DE PROJETS, DIRECTION TECHNIQUE, EMCC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - ANTOINE LABONDE, INGÉNIEUR STRUCTURE, DIRECTION TECHNIQUE, EMCC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE)

LA CONSTRUCTION DU SECOND POSTE À QUAI DE L'ANSE SAINT-MARC RÉPOND À L'AMBITION N°1 DU NOUVEAU PROJET STRATÉGIQUE DU PORT DE LA ROCHELLE, À SAVOIR « DOTER LE GRAND OUEST D'UNE PLATE-FORME INDUSTRIELLE PORTUAIRE À HAUTE VALEUR AJOUTÉE ». EN CONTINUITÉ DU PREMIER QUAI, CE SERA UN LINÉAIRE DE 360 M QUI POURRA ALORS DONNER LA PLEINE MESURE DE LA PLATE-FORME CONSTRUITE À L'ARRIÈRE DU QUAI EN PERMETTANT L'ACCUEIL DE NAVIRES DE TYPE PANAMAX, C'EST-À-DIRE AYANT JUSQU'À 70 000 T DE DÉPLACEMENT POUR 220 M DE LONG ET 14 M DE TIRANT D'EAU.

CONTEXTE DU PROJET

Le Grand Port Maritime est le port de commerce de la ville de La Rochelle, préfecture du département de la Charente-Maritime. Il se classe actuellement au sixième rang des grands ports maritimes de France en tonnage de

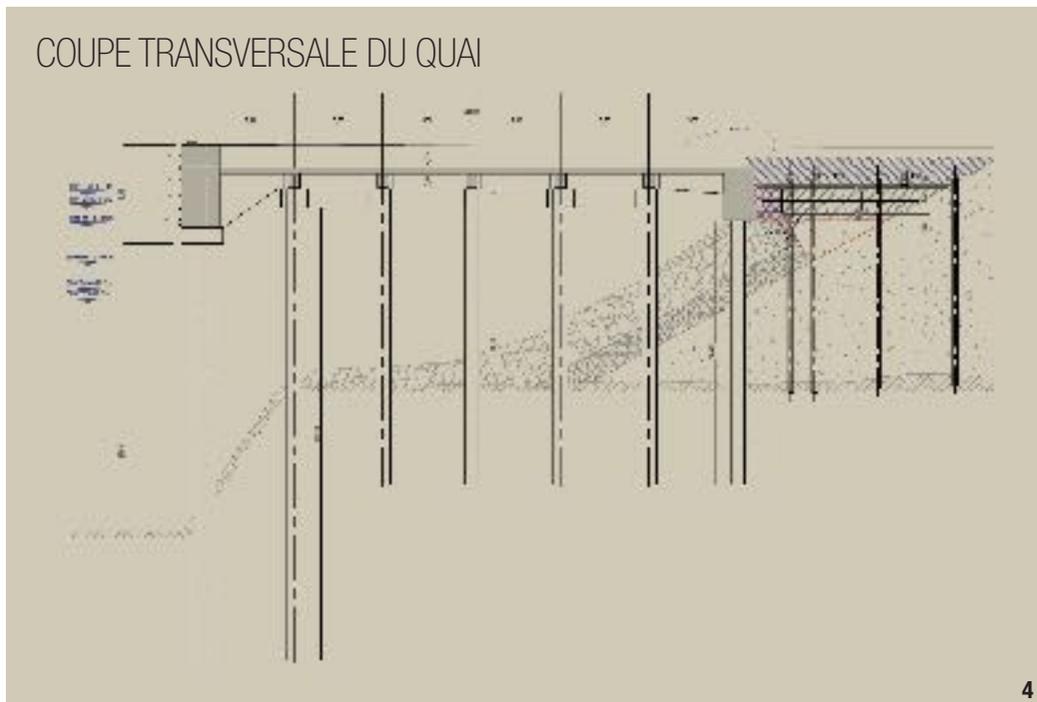
marchandises. Parfois appelé Port de La Pallice du nom du quartier de la ville dans lequel il est implanté, il est le premier port européen pour l'importation de grumes et le premier port français pour l'importation de produits forestiers et de pâte à papier.

**1- Anse Saint-Marc 2 -
Vue aérienne pendant
forage.**

**1- Anse Saint-Marc 2 -
Aerial view during
drilling.**

Dans le cadre des contrats de projet État-Région 2007-2013 et 2015-2020, le Grand Port Maritime de La Rochelle prévoit 6 projets d'infrastructures :
→ La création d'un nouveau terminal de marchandises à l'Anse Saint-Marc ;

COUPE TRANSVERSALE DU QUAI



4- Coupe transversale du quai.

5- Forage d'un pieu de la file B au travers des enrochements.

6- Taillant principal du Symmetrix.

7- Taillant annulaire du Symmetrix.

4- Cross section of the quay.

5- Drilling a pile for row B through riprap.

6- Main drill bit of the Symmetrix.

7- Annular drill bit of the Symmetrix.

4 © ISC

LES CHAPITEAUX

Les chapiteaux sont les éléments préfabriqués coiffant les pieux et servant d'appuis aux poutres préfabriquées en phase provisoire.

Il s'agit de massifs en béton armé présentant une ouverture cylindrique en leur centre afin de permettre le passage des armatures des pieux. Leur masse varie entre 4,85 t et 20 t.

LA POUTRE ARRIÈRE

La poutre arrière est l'élément structural liant les pieux de la dernière file

côté terre. Cette poutre mesure 202 m de longueur, 3,25 m de hauteur et 2 m de largeur.

La poutre arrière présente des dimensions importantes afin de reprendre les poussées du remblai situé à l'arrière du quai, sur lequel circulent des engins. Par ailleurs les charges de service appliquées à l'avant du quai ainsi que des chocs éventuels avec un navire doivent pouvoir être transmis du quai au remblai par l'intermédiaire de cette poutre. Pour cela, le dimensionnement a conduit à 154 t d'armatures pour

béton armé à disposer le long de l'élément (figure 3).

LES POUTRES PRÉFABRIQUÉES

Les cinq files centrales du quai constituent un maillage de 5,5 m par 5,5 m, dont les nœuds sont liés par 407 poutres préfabriquées, posées sur les chapiteaux.

Ces 185 poutres longitudinales, de largeur 0,7 m, présentent des hauteurs variant entre 0,7 m et 0,95 m.

Les 220 poutres transversales ont des inerties plus variées afin d'être en

mesure de reprendre les chocs frontaux éventuels venant de la mer. Pour cela, les hauteurs varient entre 3,35 m au droit des défenses d'accostage à 0,95 m en zone centrale du quai.

Les poutres préfabriquées du quai représentent au total 1 170 m³ de béton pour 382 t d'acier.

LA POUTRE D'ACCOSTAGE

La poutre d'accostage est l'élément le plus imposant du quai Anse Saint-Marc 2. D'une longueur de 202 m, celle-ci présente une section de 2,4 m



5

© ETPO/EMCC



6

© ISC



7

© ISC

de largeur par 3,5 m de hauteur en partie courante et 2,4 m de largeur pour 5,15 m de hauteur au droit des défenses d'accostage.

Les équipements de quais sont fixés sur cette poutre, qui permet à la fois l'accostage et l'amarrage des navires. Les huit défenses d'accostage de la poutre sont de type tronconique TD-AA 1300H. Les huit bollards doubles disposés permettent de reprendre 2x100 t de traction.

Le volume de béton C 40/50 constituant cette poutre est 1730 m³, pour un ratio moyen de 130 kg/m³.

NŒUDS DE CLAVAGE

Les nœuds de clavage correspondent aux parties surplombant les chapiteaux, à l'intersection entre les quatre poutres qui y sont en appuis. Afin de garantir un encastrement entre la tête des pieux, les poutres préfabriquées et la dalle de couverture, de nombreuses armatures HA sont laissées en attente dans les nœuds avant le bétonnage de celui-ci.

LA DALLE

La dalle recouvrant le quai est une dalle en béton armé d'une épaisseur de 35 cm sur la majorité du quai. Seule l'extrémité en console du quai reliant Anse Saint-Marc 2 au premier quai Anse Saint-Marc 1 a une épaisseur de 60 cm. La dalle du quai est constituée de 222 prédalles d'épaisseur moyenne de 17 cm et d'un hourdis coulé en place d'épaisseur moyenne de 18 cm. La partie coulée en place est réalisée en sept plots. Le ratio global de cette couverture de quai est 269 kg/m³.

REMBLAI RENFORCÉ

Compte tenu de l'éloignement de la crête de la digue par rapport à la



8
© ISC

8- Extraction de la colonne de foration avec marteau et taillant principal.
9- Vue du modèle tridimensionnel.

8- Extraction of the drilling column with hammer and main drill bit.
9- View of the three-dimensional model.

configuration du marché (vide entre le talus et la poutre arrière du quai), une solution avec remblais renforcés à l'arrière du quai et poutre arrière abaissée a été choisie par le groupement.

Cette solution a permis d'éviter un rechargement en enrochement de la digue et la réalisation d'un platelage pour la phase de travaux.

L'autre avantage de cette configuration est d'avoir permis la suppression du rideau parafouille de 200 m de long situé à l'arrière du quai (figure 4).

LA CONSTRUCTION DU QUAÏ

CONTEXTE SISMIQUE

Le quai de l'Anse Saint-Marc 2 est un ouvrage parasismique. En effet La Rochelle est classé en zone 3, correspondant à un aléa sismique modéré selon le nouveau zonage sismique applicable depuis le 1^{er} mai 2011. Cette composante s'est avérée dimensionnante pour la partie métallique de l'ouvrage.

Les pieux et les têtes de pieux doivent en effet être à même de reprendre la masse du tablier et des terres soumis à une accélération horizontale en cas de séisme.

CONTEXTE MARITIME

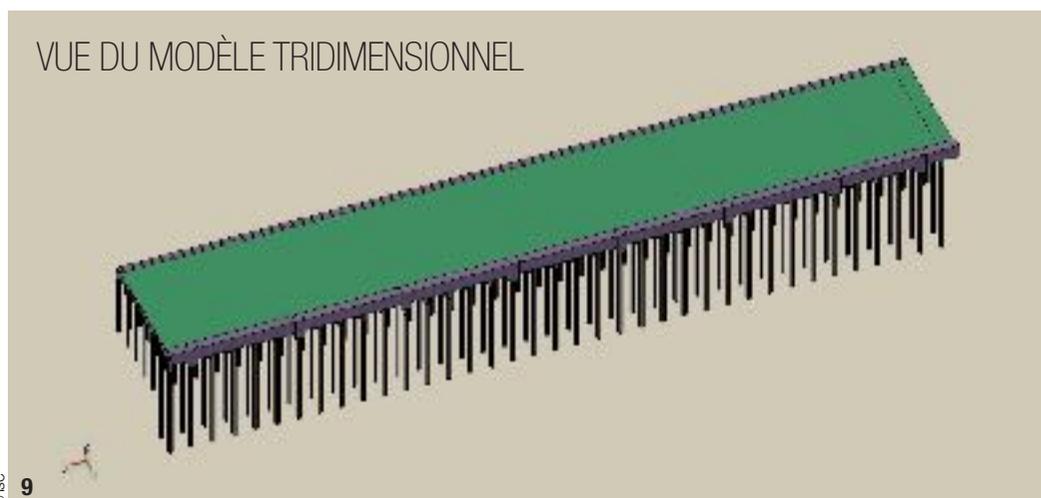
Le quai Anse Saint-Marc 2 étant construit en milieu maritime, des contraintes complémentaires ont dû être considérées dans l'étude du projet. Premièrement, compte-tenu de l'exposition du béton au milieu marin extérieur, il est indispensable de prévoir un enrobage suffisant des aciers dans le béton, ici fixé à 6 cm. Ainsi, le dimensionnement conduit à des sections d'acier plus conséquentes. De plus, l'emplacement du quai rend difficile la construction des éléments côté mer. Le phasage a donc été réfléchi en amont pour construire le quai dans un ordre précis et tenir compte dans les plans d'armatures des problématiques liées aux méthodes, telles que l'acheminement de matériel de chantier par la mer.

MISE EN ŒUVRE DES PIEUX

La grande particularité du chantier a été de foncer 300 pieux à travers une digue protégée d'enrochements lourds de 3/6 t en diorite, matériau d'origine plutonique particulièrement dur et abrasif (figure 5).

L'exposition de la digue à la houle interdit formellement toute découverte ponctuelle ce qui empêche, pour les pieux, toute mise en œuvre classique par battage. Cette contrainte du projet, particulièrement sévère, a conduit le groupement d'entreprises à utiliser une méthode de forage capable de traverser la carapace et de réaliser l'ancrage des pieux dans le substratum calcaire identifié par la reconnaissance des sols. La technologie utilisée est le système breveté Symmetrix. C'est une méthode concentrique de forage de terrain avec un marteau fond de trou avec tubage. Les 2 principaux composants du système sont les suivants :

→ Un taillant principal qui fore le trou et guide le train de tiges (figure 6) ; ▷



9
© ISC

→ Un taillant annulaire soudé au tubage et désolidarisé du tube par un joint torique (figure 7).

L'avancement du tube dans le sol est réalisé par l'impact du marteau et la rotation des taillants.

Une fois la cote de la pointe du pieu atteinte, le taillant principal est séparé du taillant annulaire par un quart de tour et la colonne de foration est extraite avec le marteau et le taillant principal. Le taillant annulaire reste bien entendu sur le pieu (figure 8).

Pour la première fois, le diamètre maximal utilisé pour cette technologie a atteint 1321 mm. Ce diamètre a été mis en œuvre pour la file avant du quai.

MODÉLISATION TRIDIMENSIONNELLE DU QUAI

La modélisation du quai a nécessité l'usage conjoint d'un modèle 3D permettant la prise en compte de l'effet du séisme sur le quai sur pieu dans son ensemble et d'un modèle 2D aux éléments finis permettant l'étude des interactions sol/structure (figure 9).

Des modélisations séparées ont été réalisées afin de calculer les poutres conformément au phasage des travaux.

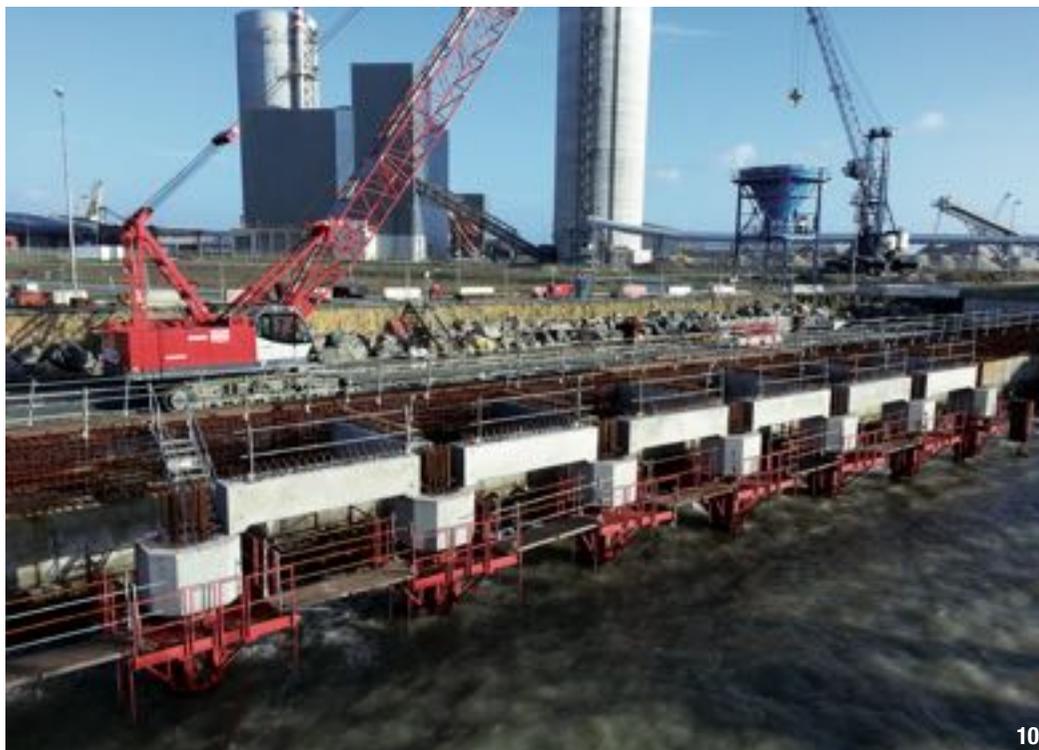
PRÉFABRICATION

Pour la construction du quai Anse Saint-Marc 2, il a été choisi de réaliser une préfabrication foraine. Pour cela, une aire de préfabrication a été mise en place sur chantier, dans le but de ferrailer et coffrer les éléments préfabriqués : chapiteaux, poutres courantes, prédalles et auges de la poutre d'accostage. Les éléments préfabriqués sont ensuite posés puis clavés à l'avancement des fondations (figures 10 et 11).

POUTRE ARRIÈRE

Le phasage de construction de la poutre arrière a été conçu de manière à mettre en cohérence les différents éléments qui s'y insèrent : attentes des pieux de la file arrière, appuis et attentes des poutres transversales de la file arrière, ferrailage du hourdis. Pour cela, le calepinage des cages d'armatures a été adapté à ces contraintes géométriques et le bétonnage de la poutre a été décomposé.

Dans le sens longitudinal, la poutre est réalisée par plots de 11 m de long. Dans le sens vertical, la section de la poutre arrière est bétonnée en trois passes. La première passe est réalisée jusqu'à l'arase inférieure des poutres transversales, afin de pouvoir leur servir d'appui ultérieurement.



10



11

Une fois les poutres transversales posées, la seconde passe de bétonnage permet leur clavage dans la poutre arrière. Enfin, les 35 cm restant à bétonner correspondent à l'épaisseur de la dalle. Cette épaisseur est alors bétonnée lors de la réalisation du hourdis.

POUTRE D'ACCOSTAGE

La réalisation de la poutre d'accostage est particulièrement technique. Ceci s'explique tout d'abord par sa

10 & 11- Chapiteaux et poutres préfabriqués.

10 & 11- Prefabricated cappings and beams.

position au-dessus de l'eau, qui complique le coffrage, et par ses dimensions imposantes. Il a donc été retenu de construire la poutre d'accostage à partir d'éléments préfabriqués coffrants et d'un bétonnage en plusieurs passes. Les retombées au droit des huit défenses d'accostage sont coffrées à l'aide du premier type d'auges préfabriquées, de hauteur 1,65 m et d'épaisseur 15 cm. Une fois ces éléments ferrillés et bétonnés, le second

type d'auge est disposé. Il s'agit de coques préfabriquées posées sur les chapiteaux et retombées de la file avant d'une hauteur de 1,7 m et d'épaisseur 15 cm. Les poutres transversales de la file avant sont ensuite posées dans les encoches laissées par ces auges puis clavées au cours du bétonnage de la partie inférieure de la poutre.

Lors du bétonnage du hourdis, les 35 cm suivant de la poutre d'accostage sont coulés, coffrés côté mer par le voile extérieur des auges.

Enfin, la partie supérieure de la poutre, haute de 1,45 m, est coulée en place. Pour cela un système provisoire de passerelle est fixé côté mer sur la partie inférieure déjà coulée de la poutre d'accostage et des banches y sont mises en place.

En ce qui concerne le ferrailage de cette poutre, des cages d'armatures préfabriquées de 11 m de long sont réalisées et posées à l'avancement. La contrainte majeure réside dans



12- Ferrailage du hourdis.

12- Top slab reinforcing bars.

la position des aciers de chaque cage, qui ne doivent pas interférer avec les tiges d'ancrage des défenses d'accostage (12 tiges par défense), les tiges d'ancrage des bollards doubles d'amarage (6 tiges par bollard), les échelles

de quai encastrées dans la poutre ainsi que les éclairage de front de quai placé tous les 11 m permettant de rendre le quai visible la nuit par les navires.

CLAVAGE DES NŒUDS

Afin de garantir l'encastrement entre les fondations du quai et la superstructure, une attention particulière a été portée sur le clavage des nœuds du maillage formé par les pieux.

Dans un premier temps, la complexité du sujet a été de faire coïncider toutes les attentes qui s'y croisent. En effet les têtes de pieux sont fortement ferrillées et les attentes verticales, traversant les chapiteaux, croisent les attentes des poutres longitudinales et transversales. De plus, afin de permettre la transmission correcte des efforts dans les poutres consécutives au droit des appuis, des armatures supplémentaires sont disposées dans les nœuds. Ceci correspond à 656 t d'acier réparti entre les 185 nœuds (figure 12). □

RÉCAPITULATIF DES DONNÉES PRINCIPALES DE L'OUVRAGE

VOLUME TOTAL DE BÉTON :

- C30/37 (fondations) : 15 000 m³
- C40/50 (génie civil) : 7 700 m³

TONNAGE D'ACIER TOTAL :

- Fondations :
 - armatures 260 t
 - tubes métalliques type 1 321/22 mm : 1 020 m soit 720 t
 - tubes métalliques type 914/17,5 mm : 5 500 m soit 2 130 t
- Génie civil : 2 230 t

POUTRES : 407 u

PRÉDALLES : 222 u

CHAPITEAUX PRÉFABRIQUÉS : 222 u

INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE :

Grand Port Maritime de La Rochelle

MAÎTRE D'ŒUVRE :

Grand Port Maritime de La Rochelle assisté par Tractebel Engineering

GROUPEMENT D'ENTREPRISES :

- Mandataire : Etpo (Entreprise de Travaux Publics de l'Ouest)
- Emcc (Vinci Construction France)

BUREAUX D'ÉTUDES D'EXÉCUTION :

- Fondations : Emcc (Vinci Construction France)
- Génie Civil : Ingénierie des Structures et des Chantiers (Vinci Construction France)

ABSTRACT

ANSE SAINT-MARC 2 - CONSTRUCTION OF A 200-METRE QUAY AT LA ROCHELLE

CÉLINE RESCOURIO, ISC (VINCI) - KEVIN MARTIN, ISC (VINCI) - GILLES LEFRANC, EMCC (VINCI) - ANTOINE LABONDE, EMCC (VINCI)

To expand the berthing capacity of La Rochelle seaport, with a view to unloading ships of the Panamax type (220 m long, 14-metre draught and displacing 70,000 tonnes), it is planned to develop Anse Saint-Marc, where a first 160-metre quay was brought into operation in 2011. A consortium led by Etpo and including Emcc (Vinci Construction France) is responsible for construction of the second quay, 200 metres long, in line with the first. The construction of this second berth is one of the main projects of Grand Port Maritime de La Rochelle, and will make it possible to exploit the full potential of the platform built at the rear of the quay. □

ENSENADA DE SAINT-MARC 2 - CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE DE 200 M EN LA ROCHELLE

CÉLINE RESCOURIO, ISC (VINCI) - KEVIN MARTIN, ISC (VINCI) - GILLES LEFRANC, EMCC (VINCI) - ANTOINE LABONDE, EMCC (VINCI)

Para ampliar las capacidades de recepción del Gran Puerto Marítimo de La Rochelle y poder así descargar buques de tipo Panamax (220 m de eslora, 14 m de calado y 70.000 t de desplazamiento), se ha programado la rehabilitación de la ensenada de Saint-Marc, donde en 2011 entró en funcionamiento un primer muelle de 160 m. Un consorcio de empresas, liderado por Etpo y en el que participa Emcc (Vinci Construction France), se encargará de la realización del segundo muelle, de 200 m, a continuación del primero. La construcción de este segundo puesto de atraque constituye uno de los principales proyectos del Gran Puerto Marítimo de La Rochelle y permitirá aprovechar todo el potencial de la plataforma construida detrás del muelle. □

SEINE-ESCAUT, UNE NOUVELLE PORTE D'ENTRÉE EN EUROPE

AUTEUR : NICOLAS BOUR, DIRECTEUR DES LIAISONS EUROPÉENNES ET DE L'INNOVATION, VOIES NAVIGABLES DE FRANCE

AVEC UN DÉBUT DES TRAVAUX DU CANAL SEINE-NORD-EUROPE EN 2017 POUR UNE MISE EN SERVICE PRÉVUE EN 2023, LA LIAISON SEINE-ESCAUT RENFORCERA CONSIDÉRABLEMENT LA VOIE D'EAU ET SON POTENTIEL MULTIMODAL AU CÔTÉ DES TRANSPORTS FERROVIAIRE ET ROUTIER, AU CŒUR DU RÉSEAU EUROPÉEN DE CORRIDORS MULTIMODAUX.

LES CORRIDORS MULTIMODAUX

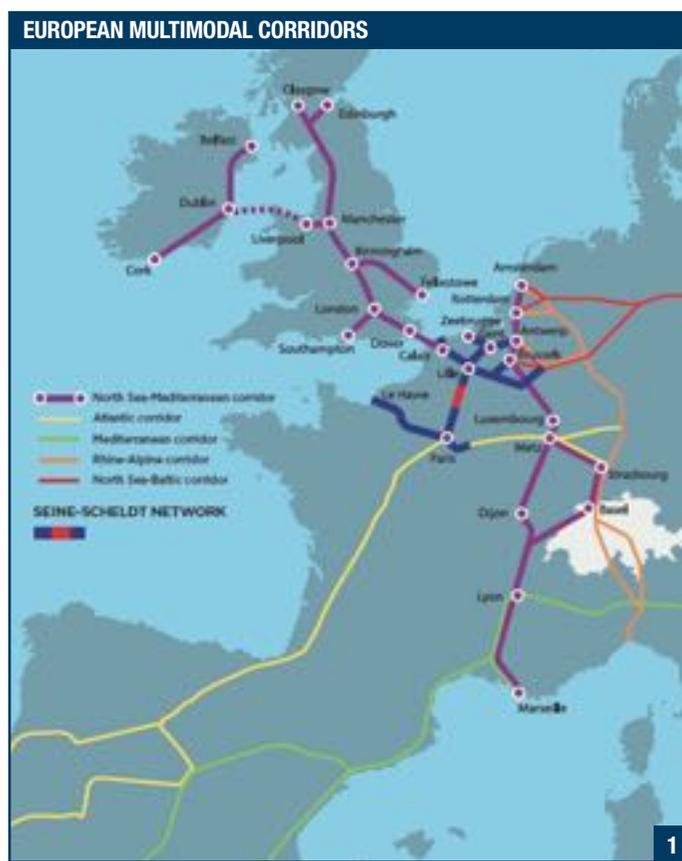
Les évolutions récentes de la stratégie de transports de l'Union européenne visent à mieux utiliser les infrastructures existantes du réseau central européen qui devra être achevé en 2030.

Des « corridors du réseau central » ont été créés pour faciliter la réalisation coordonnée du réseau central.

Ces corridors permettront de rassembler les initiatives privées et publiques et concentreront le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du mécanisme pour l'interconnexion en Europe (MIE).

Le fonds alloué au MIE sera doté de 26 milliards d'euros pour la période 2014-2020. Il soutiendra les projets des corridors visant à supprimer des goulets d'étranglement, à construire des liaisons transfrontalières manquantes et à améliorer l'intégration modale et l'interopérabilité.

Parmi ces neuf corridors, le corridor Mer-du-Nord-Méditerranée part de l'Irlande et du nord du Royaume-Uni puis traverse les Pays-Bas, la Belgique, le Luxembourg et la France jusqu'à Marseille où il rejoint la Méditerranée. Ce corridor multimodal, qui comprend les voies navigables du Benelux et de la France, vise non seulement à améliorer les services multimodaux entre les ports de la Mer du Nord et les bassins de la Meuse, du Rhin, de l'Escaut, de la Seine, de la Saône et du Rhône, mais également à mieux connecter les îles britanniques et l'Europe continentale. Il se situe en effet à la jonction de plusieurs corridors multimodaux européens : le corridor Atlantique, le corridor Mer-du-Nord-Baltique, et le corridor Rhin-Alpes.



Les principaux pays concernés sont donc la France, la Belgique et les Pays-Bas, ainsi que l'Allemagne, le Royaume-Uni, le Luxembourg, les pays baltes et les pays danubiens.

Au sein de ces corridors, la liaison Seine-Escaut réalisera le potentiel multimodal des voies navigables pour la logistique (à travers des centres de distribution européens) et la distribution urbaine, avec l'appui de politiques de transition énergétique et de développement de l'économie circulaire.

1- Connexion des voies navigables du réseau Seine-Escaut aux corridors multimodaux européens.

1- Connection of the waterways of the Seine-Scheldt network to the European multimodal corridors.

LA LIAISON FLUVIALE SEINE-ESCAUT

La liaison fluviale Seine-Escaut est un projet central pour la concrétisation du corridor multimodal Mer-du-Nord-Méditerranée, et a été identifié en tant que tel dans une déclaration conjointe de la Commission européenne, des régions flamande et wallonne de Belgique, des Pays-Bas et de la France le 17 octobre 2013 à Tallinn.

LE PÉRIMÈTRE GÉOGRAPHIQUE DE LA LIAISON SEINE-ESCAUT

La liaison Seine-Escaut est composée de la Meuse, du canal entre Gand et Terneuzen, du canal entre Bocholt et Herentals, des écluses situées sur les voies navigables entre la Seine et l'Escaut ainsi que sur l'Escaut supérieur, des canaux Roulers-Lys et Bossuyt-Courtrai et des liaisons avec les ports d'Anvers et de Zeebrugge, du canal Seine-Nord-Europe, des liaisons Dunkerque-Valenciennes et Lille-Douai, de la Seine entre Le Havre et Nogent-sur-Seine, du canal entre Anvers, Bruxelles et Charleroi, des voies navigables wallonnes et des points de connexion avec les autres modes de transport, y compris les plates-formes multimodales et les liaisons fluviales vers les ports maritimes du Havre, de Rouen, de Dunkerque, de Gand, d'Anvers et de Zeebrugge (figure 2).

PRINCIPAUX ENJEUX DE LA LIAISON SEINE-ESCAUT

Le principal problème identifié sur le corridor Mer du Nord-Méditerranée est la connexion en classe II (canal du Nord) entre le bassin de la Seine et de l'Oise et le réseau du Nord-Pas-de-Calais et du Benelux, qui sont des réseaux

THE EUROPEAN SEINE-SCHIEDT LINK

Seine-Nord Europe Canal

A new gateway to Europe's transport network
EUROPEAN ECONOMIC INTEREST GROUPING (EUI) SEINE-SCHIEDT



2

CARTE DU CANAL SEINE-NORD-EUROPE



3

2- Carte de la liaison européenne Seine-Escaut.

3- Carte du canal Seine-Nord-Europe.

2- Map of the European Seine-Scheldt link.

3- Map of the Seine-Nord Europe canal.

de voies navigables respectivement de classe Va+ et Vb. La réalisation du canal Seine-Nord-Europe améliorera substantiellement la performance des réseaux situés à ses extrémités nord et sud.

PRINCIPAUX OBJECTIFS DE LA FUTURE LIAISON

Les objectifs de la liaison fluviale Seine-Escaut sont les suivants :

- Améliorer la fiabilité des services et développer le réseau existant afin d'encourager le report modal ;
- Augmenter le gabarit du réseau afin de développer l'hinterland des ports maritimes en améliorant ou en créant des plates-formes multimodales et des terminaux à containers aux échelles régionale, nationale et européenne ;

- Lever un goulet d'étranglement sur le réseau fluvial à grand gabarit européen ;
- Encourager les transitions écologique et énergétique en réduisant la consommation du secteur des transports en développant la production et l'usage d'énergies renouvelables (biomasse, éolien, photovoltaïque, etc.) ;
- Optimiser la gestion hydraulique en améliorant la gestion des crues et en assurant l'approvisionnement en eau des agglomérations ;
- Garantir la croissance durable du transport par voie d'eau en Europe ;
- Améliorer la performance industrielle des systèmes logistiques et des secteurs industriels (agriculture et industrie agroalimentaire, matériaux de construction, chimie, automobile, etc.) et développer un système logistique performant et économique pour l'économie circulaire (recyclage de matériaux, de l'acier, du verre, du papier, d'automobiles, etc.) ;
- Stimuler l'innovation pour le secteur des voies navigables (bateaux et transbordement), pour la logistique portuaire, particulièrement avec la mise en place de services rail/voie d'eau ;
- Encourager les investissements d'entreprises françaises, belges, européennes et internationales opérant bord à bord à voie d'eau le long d'un nouveau corridor industriel entre le grand bassin parisien (Grand Paris) et le bassin du Nord-Pas-de-Calais et du Benelux ;
- Contribuer aux stratégies de développement pour les modes de consolidation du transport des ports maritimes et des ports intérieurs du corridor Mer-du-Nord-Méditerranée ;
- Développer les capacités de transport de fret au cœur des grandes agglomérations et des conurbations ;
- Améliorer l'intégration du bassin parisien et de la Haute-Normandie dans l'économie européenne ;
- Décongestionner les axes routiers dans le quart nord-ouest de la France et en Belgique (Paris, Lille, Bruxelles, Anvers, etc.) ;
- Contribuer au déploiement d'un système de logistique urbaine fondé sur les voies navigables pour les grandes agglomérations du corridor ;
- Améliorer la sécurité pour les utilisateurs des systèmes de transport fluvial ;
- Améliorer le potentiel touristique des voies navigables.

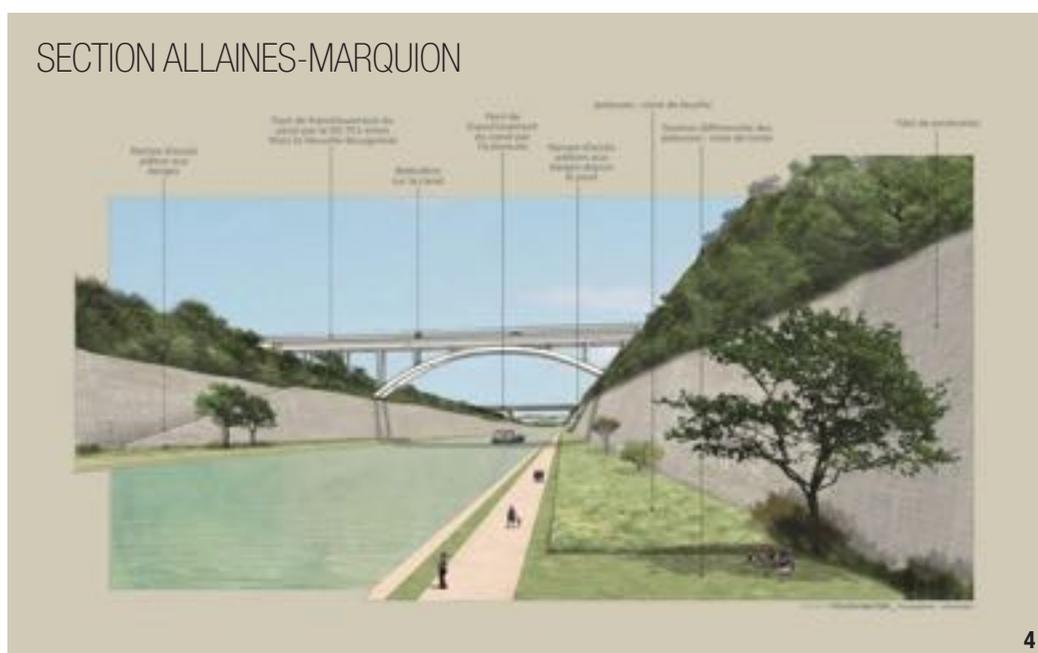
LA CONCEPTION DU CANAL SEINE-NORD-EUROPE

Le canal Seine-Nord-Europe est l'élément central de la liaison fluviale Seine-Escaut. Il connectera l'Oise (à Compiègne) au canal Dunkerque-Escaut (à Aubencheul-au-Bac, près de Cambrai). Son but est de créer une nouvelle section de forte capacité entre le bassin de la Seine et le réseau européen à grand gabarit. Les quantités estimées de biens transportés (vrac et conteneurs) en 2030 s'élèvent à 15 Mt.

Le canal Seine-Nord-Europe est plus qu'une infrastructure, il a été conçu comme un système de transport global et un projet régional de développement au sein du corridor Mer-du-Nord-Méditerranée.

Couvrant une surface totale de 2450 ha avec ses équipements, le canal s'étendra en 4 secteurs géographiques sur 107 km entre Compiègne et Aubencheul-au-Bac, sera large de 54 m et profond 4,5 m (figure 3). Il comprendra 6 écluses, 61 ponts routiers et ferroviaires, 3 ponts-canaux et un bassin réservoir. Il est également prévu de construire 4 plates-formes multimodales, 5 quais céréaliers, 2 quais de transbordement et 5 zones de mouillage.

Les enjeux de construction majeurs du projet seront la construction de 5 écluses de haute chute (de 15 à 25 m de chute), le pont canal de 1300 m au-dessus de la Somme et l'intégration paysagère du canal, particulièrement dans sa section la plus haute entre Allaines et Marquion (figure 4). La construction des 4 plates-formes multimodales, couvrant une surface totale de 360 ha, est prévue afin d'offrir des services de transport multimodal (navettes fluviales régulières vers et depuis les ports maritimes, navettes ferroviaires) et de créer des



4 © VNF

zones attractives pour l'implantation d'activités logistiques et d'industries à haute valeur ajoutée.

La localisation des plates-formes a été choisie en fonction de la présence d'infrastructures existantes pour les autres modes de transport complémentaires (voies ferrées à Marquion et Nesle et autoroutes à Marquion, Péronne et Noyon). Ces plates-formes logistiques seront de nouvelles sources de croissance, de développement économique et de création d'emploi.

AVANCEMENT DES TRAVAUX EN FRANCE

PRINCIPALES DÉCISIONS

À la suite du débat public de 1993 et des études préliminaires de 1997-1998 sur le canal Seine-Nord-Europe, des travaux de régénération ont été réalisés sur les sections nord et sud de la liaison Seine-Escaut. En décembre

4- Section Allaines-Marquion.

5- Travaux d'archéologie préventive.

6- Barrage sur l'Oise.

4- Allaines-Marquion section.

5- Preventive archaeological works.

6- Dam on the Oise.

minaires ont commencé en 2009 avec les acquisitions foncières, les fouilles archéologiques (figure 5) et l'abaissement de l'autoroute A29.

L'engagement de la France à réaliser l'action européenne Seine-Escaut a été confirmée par le ministre délégué aux Transports à Tallinn, le 17 octobre 2013. Le Premier ministre Manuel Valls a annoncé à Arras en septembre 2014 l'objectif de commencer les travaux en 2017 pour une mise en service du canal Seine-Nord-Europe aux alentours de 2023.

L'AVANCEMENT DES TRAVAUX AUX EXTRÉMITÉS DU CANAL SEINE-NORD-EUROPE

En France, les travaux ont déjà commencé aux extrémités nord et sud du canal Seine-Nord-Europe, depuis 2000, pour assurer la continuité avec la future liaison Seine-Escaut. Au nord, les ponts



5



6 © VNF

7- Travaux d'abaissement de l'autoroute A 29.

8- Carte des secteurs du Canal Seine-Nord-Europe.

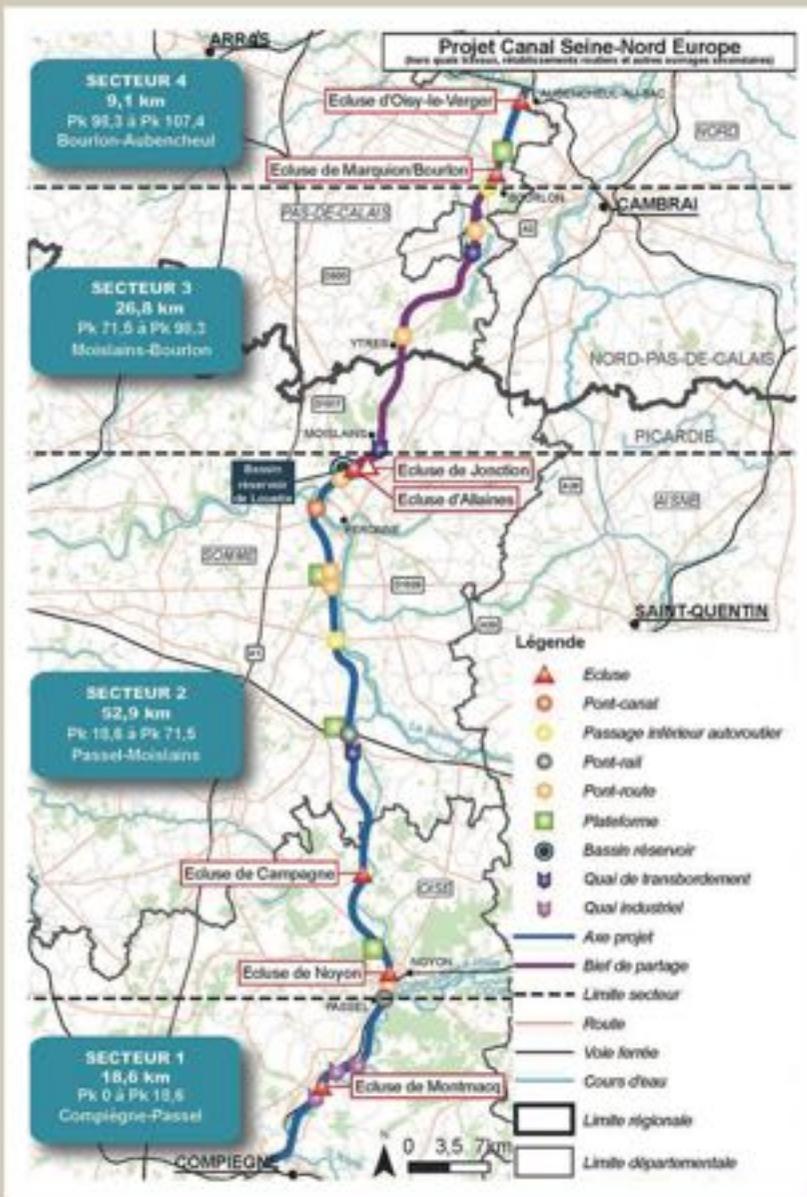
7- Lowering works on the A29 motorway.

8- Sector map of the Seine-Nord Europe Canal.



© VNF 7

CARTE DES SECTEURS DU CANAL SEINE-NORD-EUROPE



© VNF 8

ont déjà été surélevés pour assurer une hauteur sous pont de 5,25 m.

L'Escaut a été recalibré pour permettre le passage de bateaux de 3000 t.

Des travaux importants de recalibrage ont également commencé sur la Deûle pour permettre le passage de bateaux de 3000 t et des travaux préliminaires ont été réalisés pour le canal Condé-Pommeroeul, pour le recalibrage de la Lys et la construction de l'écluse du Quesnoy-sur-Deûle. Sept des écluses et barrages de l'Oise (figure 6) ont été reconstruits entre 2000 et 2012 dans le cadre du programme interrégional de développement de l'Oise.

Des travaux de modernisation et d'amélioration de la fiabilité des écluses de Notre-Dame-de-la-Garenne et d'Amfreville ont été entrepris en Seine aval entre 2007 et 2013 et le barrage de Chatou a été reconstruit (mise en service en 2013). Sur la Seine amont, le barrage de Coudray a été reconstruit et mis en service en 2012, la reconstruction du barrage de Vives-Eaux a débuté avec une mise en service prévue en 2017 et des travaux de modernisation et d'amélioration de la fiabilité des écluses ont été menés à Coudray, Vives-Eaux, La Cave, Varennes ainsi qu'à Evry où ils sont encore en cours. Cet engagement majeur dans le plan de financement RTE-T 2007-2013 (pour les études et les travaux préliminaires) et dans le plan de financement MIE 2014-2020 actuel (finalisation des études et travaux) est lié à la réalisation du canal Seine-Nord-Europe (SNE).

AVANCEMENT DE TRAVAUX DU CANAL SEINE-NORD-EUROPE

Les études et travaux préliminaires réalisés entre 2004 et 2015 (études préliminaires, fouilles, acquisitions foncières, dialogue compétitif, travaux préliminaires) et les investissements correspondants de 235 M€ pour Seine-Nord-Europe durant cette période ont donné au projet la maturité requise par la Commission européenne pour qu'elle accorde en juillet 2015 un financement de 980 M€ pour Seine-Escaut sur la période de financement 2014-2020, ce qui couvrira 50% du montant des études et 40% du montant des travaux, principalement pour Seine-Nord-Europe.

Les études préliminaires et les études socio-économiques ont été approuvées en 2006 et ont mené à la publication du décret d'utilité publique du projet en septembre 2008, ce qui a permis de passer à la conception générale du projet et aux phases de construction. ▢

Les accords pour les acquisitions foncières et l'occupation des sols ont été signés en septembre 2008, afin de commencer les acquisitions foncières (2200 ha en 2014), les fouilles archéologiques et les travaux préliminaires (abaissement de l'autoroute A29 - figure 7).

À la suite de la crise économique et financière, la procédure de partenariat public-privé initiée en mai 2011 a été suspendue en juillet 2012, conduisant à une phase de reconfiguration du projet sur la base des 15 mois de dialogue compétitif entre les candidats.

Cette optimisation a permis une réduction de 10 % des coûts d'investissement et de 20 % des coûts d'exploitation en abaissant de 17 m la section la plus haute du canal et en supprimant une écluse de haute chute, réduisant la hauteur des autres écluses de haute chute et optimisant le bassin réservoir.

Sur la base de ces éléments et des recommandations de la mission confiée au député Rémi Pavros, le gouvernement a décidé en décembre 2013 de conduire le projet en maîtrise d'ouvrage publique pilotée par une société de projet dédiée associant l'État français, ses établissements publics et les collectivités territoriales apportant une partie du financement.

Dans ce cadre, VNF a produit en novembre 2014 un avant-projet sommaire modificatif qui a été approuvé en février 2015 et qui nécessite une déclaration d'utilité publique pour la section modifiée.

Dans la continuité de la consultation locale menée en 2014-2015, l'enquête modificative d'utilité publique a ainsi été menée dans la section concernée du 7 octobre au 20 novembre 2015.

Un appel d'offres européen a été lancé de juin 2014 à février 2015 pour choisir une assistance à maîtrise d'ouvrage pour la période 2015-2027 et portant sur le programme, la conception, la construction et la mise en service du projet.

Ce contrat a été attribué en juin 2015 au groupement européen Setec/Royal Haskoning avec l'objectif d'attribuer les contrats d'ingénierie pour les premiers secteurs du canal (figure 8) en 2016.

CONCLUSION

L'organisation de la gouvernance aux niveaux national et européen est un enjeu majeur dans la réalisation de ce projet transfrontalier visant à améliorer significativement le réseau européen de voies navigables et les services multimodaux.

La commission intergouvernementale (CIG) entre la France et les régions flamande et wallonne de Belgique a été créée en septembre 2009, et un groupement européen d'intérêt économique (GEIE) a été institué à sa demande en mars 2010 entre Voies navigables de France (gérant), Waterwegen & Zee-kanaal (Flandre) et le service public de Wallonie afin de coordonner les procédures, le calendrier, le financement du projet en tant que partie des différentes opérations du projet Seine-Escaut 2020.

À travers la construction d'un réseau performant de ports intérieurs multimodaux, l'objectif principal de la liaison fluviale Seine-Escaut est de répondre à l'intensification et à la plus grande performance des échanges commerciaux entre l'Europe et le reste du monde (25 % des échanges internationaux) et au sein de l'Europe (28 % des échanges internationaux). En créant une nouvelle porte d'en-

trée multimodale en Europe, la liaison Seine-Escaut contribuera à améliorer les échanges entre l'Asie, le Moyen-Orient et l'Amérique du Nord, et favorisera la croissance et la redistribution des activités logistiques en Europe à travers l'adoption d'une approche multimodale qui combine des modes de transport massifiés (maritime, fluvial et ferré) et le transport par route pour les services plus locaux.

À l'échelle internationale, les prochaines phases de développement de cette

infrastructure fluviale vont mobiliser l'expertise et les bonnes pratiques des projets de transport fluvial, développer les standards du commerce maritime, y compris sur les carburants alternatifs, développer les approches multimodales telles que le transport fleuve/mer/fleuve, identifier les enjeux d'investissement et de coopération et contribuer à la définition de la stratégie climatique du transport fluvial ainsi qu'au développement des offres multimodales vers et depuis l'Europe. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

- 107 km de long**
- 54 m de large**
- 4,5 m de profondeur**
- 57 millions de m³ de terre déplacés**
- 6 écluses + 1 écluse de jonction au Canal du Nord**
- 1 pont canal d'une longueur de 1,3 km**
- 61 rétablissements routiers et ferroviaires**
- 4 plates-formes d'activités et des quais de transbordement au droit des plates-formes**
- 3 quais de transbordement**
- 2 quais industriels de desserte pour les industries locales**
- 2 équipements pour la plaisance**
- 1 bassin réservoir d'eau de 14 millions de m³**

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : État français : Voies navigables de France puis Société de Projet du Canal Seine-Nord-Europe

BUREAU D'ÉTUDE : Setec

MAÎTRISE D'ŒUVRE : La maîtrise d'œuvre fait l'objet de marchés publics en cours de publication

Les autres marchés ne sont pas encore attribués

ABSTRACT

SEINE-SCHELDT, A NEW GATEWAY TO EUROPE

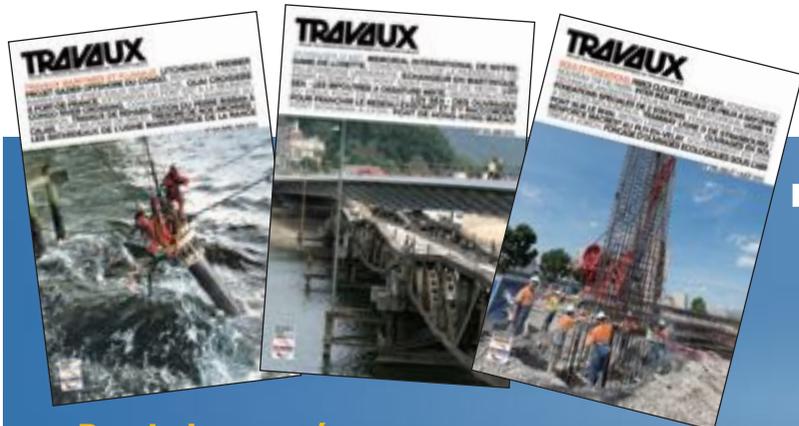
NICOLAS BOUR, VOIES NAVIGABLES DE FRANCE

The inclusion, in October 2013, of the Seine-Scheldt link as a priority European project of the North Sea-Mediterranean multimodal corridor confirmed that river transport was a sustainable solution to meet the challenges of providing bulk transport and reducing congestion on the major transport arteries in the main production and consumption regions of Europe. The development of inland waterways will be very beneficial for Europe's economy and for its trade with the rest of the world via its leading seaports. The hinterland of the seaports of north-western France and Europe will be enlarged, and this will allow better connection with the other European multimodal corridors. □

SENA-ESCALDA: UNA NUEVA PUERTA DE ENTRADA A EUROPA

NICOLAS BOUR, VOIES NAVIGABLES DE FRANCE

La inscripción en octubre de 2013 del enlace Sena-Escalda como proyecto europeo prioritario para el corredor multimodal Mar-del-Norte-Mediterráneo ha confirmado que el transporte fluvial es una solución sostenible para responder a los retos del transporte de mercancías a granel y de la reducción de la congestión de los grandes ejes de transporte en las principales regiones europeas de producción y consumo. El desarrollo de esta vía navegable constituirá una ventaja para la economía europea y sus intercambios con el resto del mundo a través de sus principales puertos marítimos. Este proyecto ampliará la zona de influencia de los puertos marítimos del noroeste de Francia y de Europa, lo que permitirá una mejor conexión con otros corredores multimodales europeos. □



TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

Prochains numéros :

- TRAVAUX n° 923 « Ouvrages d'art »
- TRAVAUX n° 924 « Sols et fondations »
- TRAVAUX n° 925 « Spécial Hongkong »

Retrouvez l'actualité de la profession, les chantiers en images, les interviews des grands décideurs, le point de vue des ingénieurs. Pour réserver votre emplacement publicitaire dans Travaux, contactez :

Bertrand COSSON

Tél. 01 42 21 89 04

b.cosson@rive-media.fr



Carine REININGER

Tél. 01 42 21 89 05

c.reininger@rive-media.fr



CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS

Au service de la Profession des Travaux Publics

Nos missions :

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

La CNETP regroupe **7 400 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 [nous contacter](#)

Par téléphone :

pour les entreprises : 01.70.38.07.70

pour les salariés : 01.70.38.07.77

Serveur vocal (24h/24) : 01.70.38.09.00





1
© ALEXANDRA LEBON

RECONSTRUCTION DES BARRAGES À AIGUILLES DE L' AISNE ET DE LA MEUSE

AUTEURS : JEAN-LUC BERTELOT, DIRECTEUR DU PROJET, EMCC - DENIS CARLIER, DIRECTEUR DE PROJET, BRLI - JULIEN AUBONNET DIRECTEUR DE PROJET, BRLI

AUTOMATISER 29 BARRAGES MANUELS SUR L' AISNE ET LA MEUSE, C' EST LE PROGRAMME CONFIE PAR VOIES NAVIGABLES DE FRANCE À LA SOCIÉTÉ BAMEO DANS LE CADRE D' UN PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ. QUATRE FILIALES DE VINCI CONSTRUCTION FRANCE SONT CHARGÉES DE LA CONCEPTION CONSTRUCTION DES OUVRAGES DU PROJET : EMCC, GTM HALLE, VCF TP LYON ET TOURNAUD. SUR CET IMPOSANT PROJET DONT LES TRAVAUX S'ÉTALERONT SUR 5 ANS, 3 RÉGIONS ET 4 DÉPARTEMENTS, LE PREMIER DÉFI A ÉTÉ LE CHOIX D' UNE TECHNIQUE INNOVANTE ET FINANCIÈREMENT COMPÉTITIVE QUI A PERMIS AUX ÉQUIPES DE S' APPROPRIER LA PROBLÉMATIQUE DE GESTION DE LA VOIE D' EAU : LES BOUCHURES GONFLABLES À L' EAU (BGE).

CONTEXTE

Le projet de reconstruction des barrages de l' Aisne et de la Meuse représente un important programme de modernisation de la voie d' eau. Il s' agit de remplacer les barrages manuels (figure 2) par des barrages modernes et automatisés. Les barrages de Givet et Monthermé, déjà reconstruits, seront également intégrés au projet afin d' as-

surer une gestion de la ligne d' eau et une maintenance cohérentes à l' échelle du bassin.

Il a vocation à mettre fin à des situations de travail pénibles et dangereuses pour les agents d' exploitation de VNF qui interviennent aujourd' hui sur les barrages manuels. Il vise également à améliorer la gestion hydraulique afin de sécuriser les niveaux d' eau pour

1- Pose de bouchures - Barrage de Vic-sur-Aisne.

1- Placing closure devices - Vic-sur-Aisne dam.

les différents usages (navigation, alimentation en eau, usage industriel...). Ce projet comprend également un important volet environnemental.

La réalisation de passes à poissons, sur chacun des ouvrages, va en effet permettre de rétablir la continuité biologique des voies d' eau. L' exploitation de microcentrales hydro-électriques sur quatre des barrages permettra

par ailleurs de contribuer aux objectifs nationaux de transition énergétique. Les différents arrêtés préfectoraux et autorisations administratives ont été délivrés en mars 2015, 18 mois après la signature du contrat de partenariat entre VNF et la société de Projet Bameo, permettant de démarrer les travaux échelonnés sur 5 ans. Le calendrier de réalisation prévoit la mise en service des premiers ouvrages (Givet et Monthermé) à compter de 2016, et une entrée en fonction des barrages et équipements d'ici à 2020.

LES BARRAGES À AIGUILLES

Voies Navigables de France (VNF) gère actuellement près de 500 barrages de navigation ou de prise d'eau sur le réseau qui lui est confié. L'aménagement des rivières de l'Aisne et de la Meuse trouve son origine dans la première moitié du XIX^e siècle, pour permettre le développement économique de la région et faciliter le transport fluvial en toutes saisons. En parallèle de la construction d'écluses sur ces cours d'eau, il est décidé de créer des barrages « composés de fermettes mobiles de manière à pouvoir, selon que les circonstances le demanderont, barrer entièrement la rivière, la rendre à son cours ordinaire, ou enfin faire l'office d'épis présentant une large passe navigable entre leurs musoirs et l'une des rives »⁽¹⁾ (figure 3).



2
© EMCC

2- Barrage manuel à aiguilles.

3- Extrait de plans historiques (Meuse 1876) - Coupe sur un barrage de la Meuse.

2- Manual needle dam.

3- Excerpt from historic drawings (Meuse 1876) - Cross section of a dam on the Meuse.

Les barrages de l'Aisne et de la Meuse sont construits à la fin du XIX^e siècle, selon un principe développé par l'ingénieur Poirée. Il s'agit de fermer la section mouillée à l'aide d'aiguilles de bois dont la section est telle que le poids total déjaugé de chaque aiguille permet sa manutention par un homme. Les aiguilles sont donc d'autant plus larges qu'elles sont courtes. Leur largeur peut varier usuellement entre 5 et 15 cm, si bien qu'il en faut plusieurs centaines pour obturer totalement des cours d'eau de plusieurs dizaines de mètres de largeur. Les aiguilles sont butées en pied, au fond de l'eau, contre une longrine ou une forme de la maçonnerie. Elles reposent en tête contre une cor-

nière métallique positionnée entre deux fermettes (cadre métallique articulé en pied).

Une série de planches posées sur les fermettes constitue une passerelle qui permet aux barragistes de venir manipuler les aiguilles.

Au gré des fluctuations hydrologiques, des aiguilles sont retirées (figure 4) ou remises en place pour adapter en permanence l'ouverture au débit du cours d'eau, de sorte que le niveau d'exploitation souhaité soit assuré dans le bief amont.

Ces barrages mobiles de conception rustique auront perduré près de 150 ans. Toutefois, les standards de sécurité actuels ne permettent plus de les conserver. Les manœuvres manuelles génèrent des situations de travail à risque inacceptables au XXI^e siècle et ne garantissent pas une gestion hydraulique optimisée.

LA GÉOGRAPHIE DU PROJET (figure 5)

Le projet concerne :

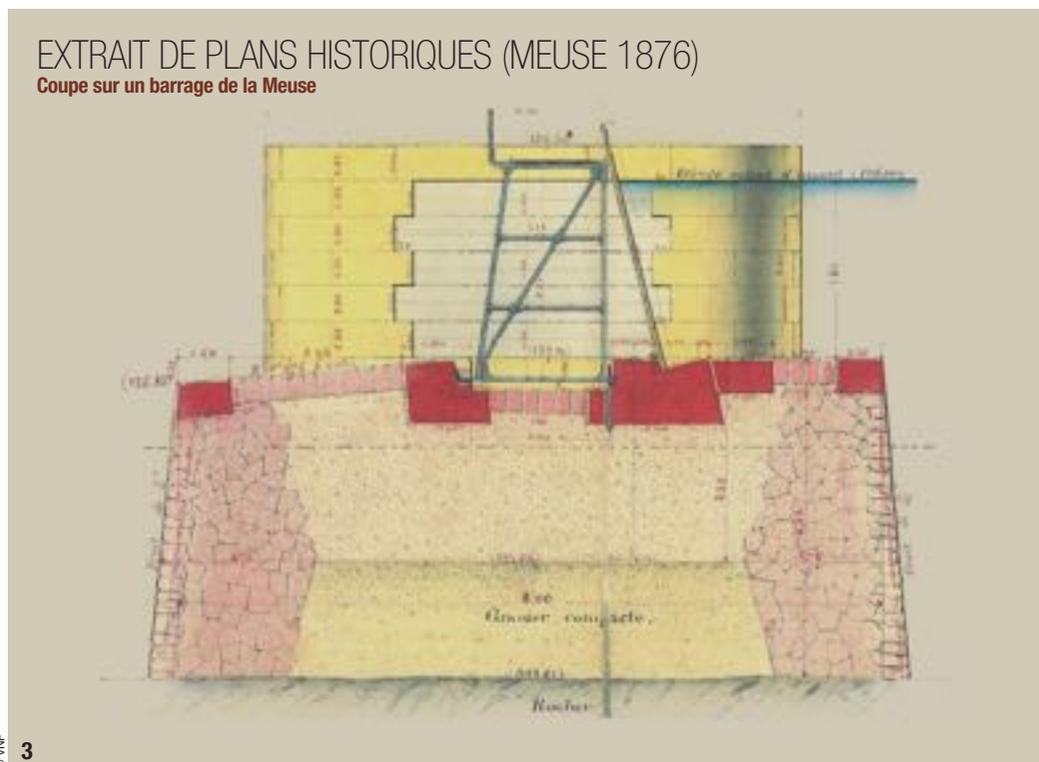
- 2 cours d'eau : la rivière Aisne et le fleuve Meuse ;
- 3 régions : Picardie, Champagne-Ardenne et Lorraine (2 depuis la réforme territoriale de 2015) ;
- 4 départements : Aisne et Oise, et Ardennes et Meuse ;
- 31 barrages dont 29 à reconstruire, 6 sur la rivière Aisne et 23 sur le fleuve Meuse et 2 à adapter ;
- 42 communes riveraines.

L'HYDRAULIQUE DU PROJET

Les études hydrauliques du projet des 29 barrages à reconstruire ont eu pour objet de répondre à deux problématiques distinctes, définies par les deux régimes hydrologiques et hydrauliques suivants :

- Le régime normal d'exploitation des barrages caractérisé par un débit dans les rivières allant de l'étiage au débit maximal (appelés débits d'effacement). Débits pour lesquels les barrages mobiles même totalement effacés ne permettent plus de tenir les niveaux de navigation requis ;
- Les régimes de crues normales et exceptionnelles caractérisés par des débits dans l'Aisne et la Meuse supérieurs aux débits d'effacement.

S'est ajoutée à ces deux problématiques une troisième problématique spécifique à la période des travaux qui a donné lieu à des études hydrologiques et hydrauliques particulières propres à apporter des réponses ▷



3
© VNF



4
© VNF

tangibles aux questions essentielles suivantes : à quelles périodes de l'année est-il possible de construire dans la rivière ? Quelle portion de la section de rivière est-il possible de barrer sans risque pour l'exploitation des barrages manuels ? Quelles conséquences peut-on prévoir de la présence des batardeaux de chantier vis-à-vis des avoisinants ?

LES ÉTUDES HYDRAULIQUES DE COMPORTEMENT DES BARRAGES EN PÉRIODES DE CRUE

Il s'agit de vérifier par des modèles numériques, en tous points de l'itinéraire, que les niveaux hydrauliques atteints dans les différents biefs restent en deçà des niveaux de crue atteints en situation de référence (soit dans la configuration actuelle).

La première étape de ces études hydrauliques a consisté en la mise en œuvre d'un modèle filaire complet intégrant la topographie et la bathymétrie des cours d'eau et la modélisation de chacun des 31 ouvrages, mais également l'ensemble des points singuliers de ces tronçons de rivières tels que : ponts, seuils fixes, réseaux maillés, zones recalibrées, etc. Le modèle ainsi construit doit permettre de simuler tous les régimes transitoires de crue sur l'ensemble de l'itinéraire de la Meuse, soit de l'ordre de 250 km sur la Meuse et 37 km sur l'Aisne pour tous les régimes de débit jusqu'aux crues centennales.

La deuxième étape de ce travail a consisté à caler le modèle hydraulique complet sur la base d'évènements de crues réelles pour lesquelles des relevés de niveaux de crue étaient disponibles. Il a ainsi été procédé au calage des modèles pour des débits proches de la crue décennale pour lesquels les barrages sont tous en position effacée

sans pour autant que soient déjà observés des débordements significatifs dans le lit majeur. Cette étape de calage étant réalisée, la troisième et dernière étape a consisté à vérifier que, pour l'ensemble des biefs, les niveaux de crues en situation aménagée avec les nouveaux barrages restaient toujours inférieurs ou équivalents aux niveaux de crue de référence résultant des barrages manuels actuels : ceci pour l'ensemble des crues caractéristiques allant de la crue biennale Q2 à la crue centennale Q100.

4- Barragiste VNF enlevant des aiguilles prises dans la glace.

5- Géographie du projet.

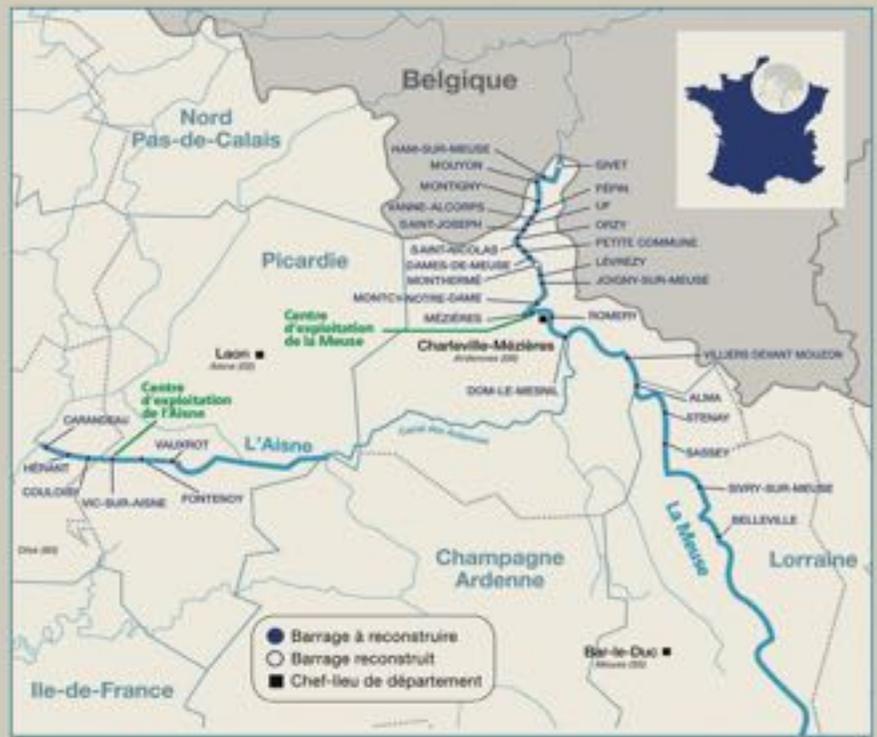
4- French waterway ('VNF') dam operator removing needles caught in the ice.

5- Project geography.

LES ÉTUDES HYDRAULIQUES EN RÉGIME NORMAL D'EXPLOITATION

Il s'est agi ici de vérifier par des modèles numériques adéquats qu'en toutes circonstances les niveaux de chacun des biefs régulés par les bouchures mobiles de type BGE (bouchure gonflée à l'eau) restent à l'intérieur d'une plage de régulation imposée par le Programme Performantiel ne devant pas excéder ±9 cm autour d'une valeur de référence appelée niveau de la Retenue d'Exploitation.

GÉOGRAPHIE DU PROJET



5
© BAMCO

Cette contrainte forte de respect d'une plage de régulation inférieure à 20 cm, en tout point de l'itinéraire et en toute circonstance d'exploitation, devra être tracée au stade de l'exploitation par des enregistrements de mesure de niveau implantés à l'amont et à l'aval de chaque barrage.

Les valeurs de niveau, devant être calculées toutes les 6 minutes, permettront de vérifier en temps réel et a posteriori la conformité de cette contrainte appelée « performance eau » des ouvrages.

Ci-contre, à titre d'exemple, un des premiers relevés de niveau automatiques, obtenu sur le site du barrage de Monthermé (figure 6).

En outre, sont définies au Programme Fonctionnel et Performantiel d'autres critères à respecter, rassemblés sous le vocable « respect de l'exploitation douce des ouvrages », qui, pour l'es-

sentiel, tendent à limiter les gradients de variation de hauteur à des valeurs limites préétablies.

La simulation numérique du respect de ces contraintes a requis de pouvoir compléter les modèles numériques précédemment définis en y intégrant :

- Les bouchures BGE elles-mêmes, leurs lois de débitance et de réactivité dans le temps $Z(t)$;
- Les variations de débit résultant des crues naturelles ;
- L'impact de l'arrêt/démarrage normal ou intempestif des groupes de microcentrales sur les débits transitant par les barrages et, partant, sur la variation des niveaux en résultant ;
- L'effet des autres organes de contrôles-commande, notamment les points de mesure de niveaux et leurs fréquences de mesure, sur la chaîne de contrôles des niveaux.

LES ÉTUDES HYDRAULIQUES EN PHASE « TRAVAUX » OU « BISEAU »

La phase biseau est caractérisée par le fait que, sur l'itinéraire, certains barrages sont déjà reconstruits, d'autres sont en cours de réalisation, tandis que les barrages manuels non encore reconstruits doivent pouvoir être maintenus en parfait état de fonctionnement jusqu'au moment de leur substitution par un ouvrage neuf.

Cette problématique de phase travaux est sans doute celle qui recèle la plus grande variété de situations à étudier et à modéliser, cette variété de situation s'appliquant aussi bien à l'échelle d'un site que d'un ensemble d'ouvrages. Les modélisations de phase travaux étudiées à l'échelle de l'itinéraire ou d'un sous-ensemble d'ouvrages ont été réalisées en utilisant la même base de modèles filaires que ceux ayant

permis d'étudier la situation actuelle et future en phase aménagée. À l'inverse, les modélisations fines à l'échelle d'un site ont systématiquement fait appel à une modélisation 2D de type Telemac (figure 7), ce qui permet de modéliser les variations spatiales de configurations de batardage pour chacune des principales phases de travaux.

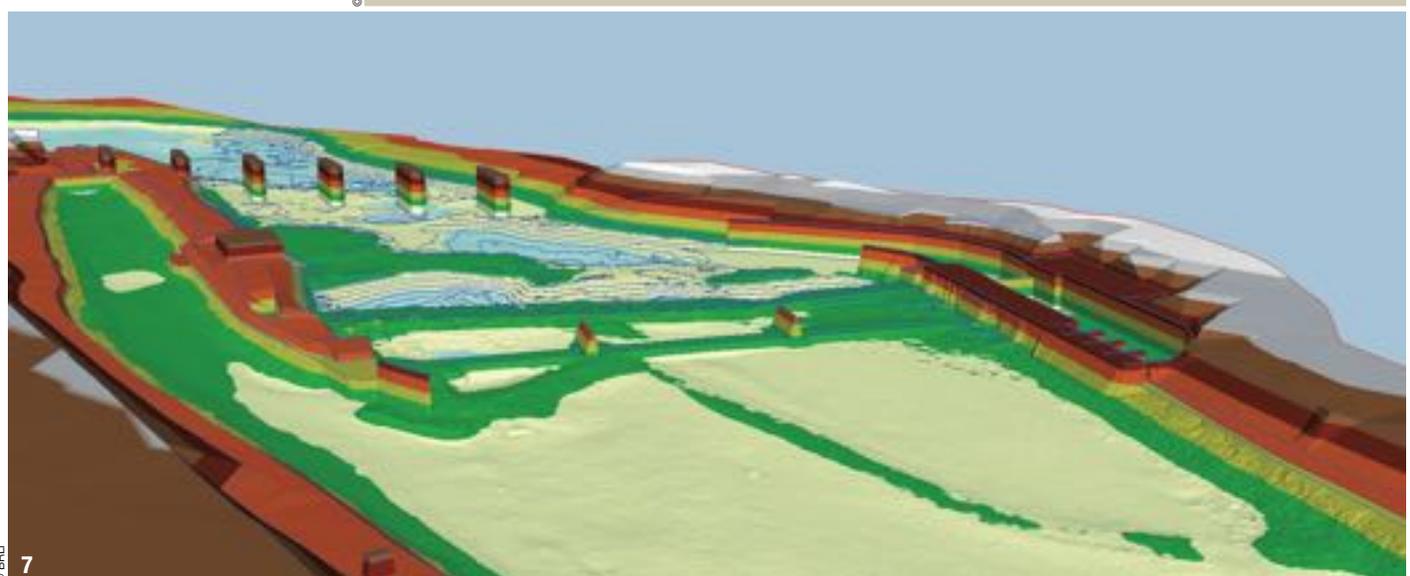
À titre d'exemple est représentée (figure 7) une modélisation du site du barrage de Saint-Joseph incluant toutes les spécificités du site : existence d'une microcentrale existante, piles d'un pont SNCF, etc.

LE BARRAGE GONFLABLE À L'EAU (BGE)

Le groupement d'ingénierie de Vinci Construction France, piloté par Brl ingénierie, a proposé pour ce projet la mise en œuvre de bouchures gonflables à l'eau (figure 8). ▷

6- Exemples d'enregistrements de mesure de niveau, implantés à l'amont et à l'aval de chaque barrage.
7- Modélisation 2D de type Telemac.

6- Examples of level measurement recordings, located upstream and downstream of each dam.
7- Telemac type 2D modelling.



Parmi les solutions envisageables et compte tenu de la configuration des ouvrages, la technologie des barrages gonflables s'est avérée être une solution techniquement et économiquement intéressante, tant en investissement qu'en exploitation et maintenance. Le principe d'un barrage constitué d'une membrane souple a été inventé puis breveté par Monsieur Mesnager, Ingénieur Général des Ponts, dès 1947. La conception du barrage se caractérise par une paroi souple attachée par ses deux extrémités et gonflée à l'eau ou à l'air.

Bien que mondialement très répandue (plus de 4 000 barrages recensés dans le monde), la technologie « gonflable » a connu un essor limité en France. À fin 2015, seuls trois barrages en sont équipés sur le réseau VNF (barrages gonflables à volets métalliques). Le barrage d'Auxonne sur la Saône⁽²⁾, de 220 m de longueur répartis sur 4 passes et constitué de volets métalliques actionnés par des membranes gonflées à l'air, constitue la dernière référence française en la matière. Le projet de reconstruction des barrages de l'Aisne et de la Meuse constitue un cap important pour cette technologie puisqu'il permettra, d'ici 2020, la mise en service de plus de 80 bouchures gonflables à l'eau sur ces itinéraires.

UNE RÉPONSE ADAPTÉE AU CONTEXTE DU PROJET

Le principal enjeu de conception porte sur la standardisation des barrages mobiles, le maintien ou l'amélioration de leurs fonctionnalités, l'optimisation de leurs coûts de construction, d'exploitation et de maintenance, dans un contexte sociétal, environnemental et réglementaire qui a évolué depuis leur conception originelle.



8

© EMCC

L'INTÉGRATION ARCHITECTURALE ET PAYSAGÈRE

Sur l'Aisne et la Meuse amont, les ouvrages s'insèrent dans un paysage ouvert, avec non seulement le dégagement créé par le cours de la rivière (environ 80 m de rive à rive) mais aussi la topographie peu marquée de la vallée. Les barrages existants n'émergent pas dans le paysage ; ils viennent souligner les grandes horizontales que créent la rivière et son environnement. Sur la Meuse aval, les barrages soulignent les horizontales formées par l'eau, et viennent dans le massif ardennais en contrepoint d'un paysage empreint de verticalité. Une grande humilité se dégage des ouvrages anciens et, même s'ils se font force pour dominer et réguler le cours du fleuve, ils dégagent une échelle humaine qui contraste avec la puissance de la Meuse et la robustesse du Massif Ardennais.

Dans ce contexte, le choix des bouchures gonflables à l'eau permet une grande discrétion qui répond parfaitement aux enjeux d'intégration architecturale et paysagère (figure 9).

LA LOGIQUE DE STANDARDISATION

Si l'objectif premier du projet est de reconstruire des barrages neufs, c'est le choix du type et de la dimension des bouchures mobiles à prévoir pour satisfaire les performances hydrauliques de l'ouvrage qui guide la nature et l'importance des travaux de génie civil. Une approche de standardisation est alors conduite.

Elle permet de définir des classes de hauteur et de longueur des bouchures mobiles à reconstruire. Cette standardisation garantit une uniformité dimensionnelle (dimensions de passe) sur un groupe d'ouvrages. Cela facilite les opérations de batardage de maintenance, et autorise la reproduction d'équipements modulaires et/ou unitaires systématiques tant en phase études qu'en phase travaux.

L'infrastructure de génie civil doit être simple ; piles de faible hauteur, charges réparties sur le radier.

Dans un objectif de développement durable, les équipements sont rustiques. Ils permettent de limiter les

8- Bouchure gonflable à l'eau - Barrage de Vic-sur-Aisne.

9- Exemple d'intégration du barrage sur la ligne d'eau.

8- Water-inflatable closure device - Vic-sur-Aisne dam.

9- Example of dam integration on the water level.

coûts d'exploitation et de maintenance : aucun organe de manœuvre sur pile, matériel standard regroupé dans le local technique.

Les procédures et méthodes de fabrication des équipements de vantellerie sont simplifiées, et la recherche de matériels issus des gammes du commerce et de l'industrie est privilégiée.

LES AVANTAGES DU BARRAGE GONFLABLE À L'EAU

La technologie gonflable est compatible avec la création de passes à fort élanement (figure 10), en augmentant le linéaire des passes équipées.

Une solution traditionnelle de type clapet métalliques limite la portée de la bouchure : celle-ci implique souvent, au-delà de 20 m, la mise en place de deux actionneurs sur piles, de type treuils à chaîne ou vérins hydrauliques. Le barrage gonflable permet ainsi de supprimer les organes de manœuvre et de réduire le nombre de piles en rivière. La mise en œuvre d'une passerelle d'exploitation n'est plus indispensable. Les coûts de construction et



9

© BRU

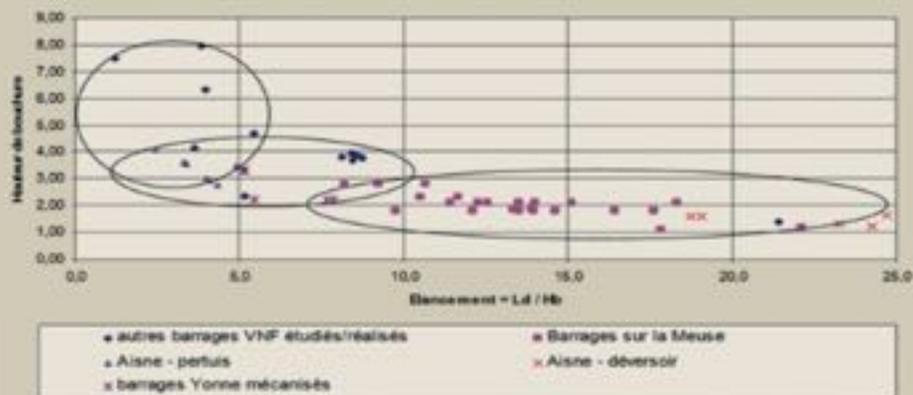
10- Sur l'ellipse droite : nuage de points qui caractérisent l'élançement des déversoirs de l'Aisne et des barrages de la Meuse et se distribuent de façon très ordonnée.

10- On the right-hand ellipse: scatter plot characterising the slenderness of the Aisne spillways and the Meuse dams and distributed in a very orderly manner.

© BRLI 10

SUR L'ELLIPSE DROITE :

Nuage de points qui caractérisent l'élançement des déversoirs de l'Aisne et des barrages de la Meuse et se distribuent de façon très ordonnée



maintenance associés sont supprimés. Le choix du fluide de remplissage constitue une étape déterminante pour le projet.

Les exigences fixées par le Programme Performantiel de VNF impliquent une régulation des niveaux d'eau et une

disponibilité continue des bouchures. En cela, le gonflage à l'eau dispose de plusieurs avantages.

Du fait de la densité de l'eau, les bouchures ont une stabilité accrue pour tous les débits. La pression de gonflage réduite et la viscosité

permettent une résilience forte de la bouchure, notamment si celle-ci est endommagée.

Enfin, sans éléments mécaniques implantés dans le lit mineur du cours d'eau, le barrage apporte une garantie d'effacement gravitaire en cas de crue

importante, y compris en l'absence d'énergie. □

1- Extrait du registre des Archives du Commerce, de l'Industrie Agricole et Manufacturière, septembre 1837.

2- Maîtrise d'Ouvrage VNF, Maîtrise d'œuvre Brl ingénierie - Ism, Entreprise Crbt - Tournaud.

PRINCIPALES QUANTITÉS

- **BUDGET : 312 M€**
- **PROCÉDURES ADMINISTRATIVES : 18 mois**
- **DURÉE DU CHANTIER : 5 ans**
- **29 barrages + 2 barrages à adapter**
- **3 nouvelles microcentrales électriques**
- **2 BASSINS VERSANTS : Aisne et Meuse**
- **3 RÉGIONS : Lorraine, Picardie et Champagne Ardennes (2 depuis la réforme territoriale de 2015)**
- **4 DÉPARTEMENTS : Ardennes, Meuse, Aisne et Oise**
- **BOUCHURES : 2 500 m**
- **PALPLANCHES : 10 000 t**
- **BÉTON : 80 000 m³**
- **ACIERS : > 6 500 t**
- **TERRASSEMENT : 200 000 m³**
- **HEURES DE TRAVAIL : 1 000 000 h**

PRINCIPAUX INTERVENANTS

CONCÉDANT/PERSONNE PUBLIQUE : VNF

MAÎTRE D'OUVRAGE : Bameo (Vinci Concessions, Shema, Meridiam)

PROGRAMME ET NATURE DE L'OPÉRATION : Financement, conception, construction et exploitation de 31 ouvrages sur l'Aisne et la Meuse - installation de 6 turbines Very Low Head (VLH) dans les Ardennes

ARCHITECTES : Faubourg 234 / Tda

GROUPEMENT D'INGÉNIERIE : Brl ingénierie (mandataire), Hydrostadium, Faubourg 234, Ism ingénierie

ANNÉES DE LIVRAISON : livraisons échelonnées de 2016 à 2020

CONSTRUCTEUR : Groupement « Corebam » (une marque de Emcc), regroupant quatre entités de Vinci Construction France (Emcc, Vcf Tp Lyon, Gtm Halle, Tournaud), dont Emcc est membre et mandataire

ABSTRACT

RECONSTRUCTION OF NEEDLE DAMS ON THE AISNE AND MEUSE

JEAN-LUC BERTEROTTIERE, EMCC - DENIS CARLIER, BRLI - JULIEN AUBONNET, BRLI

The plan for reconstruction of the Aisne and Meuse dams represents a major waterway modernisation programme. It involves replacing the manual dams with modern, automated dams. The aim is to improve water resource management so as to secure the water levels for various uses (navigation, water supply, industrial applications, etc.). The plan is also to eliminate work situations that are painful and dangerous for the waterway operating personnel who currently perform work on the manual dams. For this project, the water-inflatable dam technique was adopted. This solution, innovative in France, is extremely effective in maintaining the water level for all uses. □

RECONSTRUCCIÓN DE LAS PRESAS DE AGUJAS DE AISNE Y LA MEUSE

JEAN-LUC BERTEROTTIERE, EMCC - DENIS CARLIER, BRLI - JULIEN AUBONNET, BRLI

El proyecto reconstrucción de las presas de Aisne y la Meuse constituye un importante programa de modernización de la vía navegable. La idea es sustituir las presas manuales por presas modernas automatizadas. Con ello se pretende mejorar la gestión hidráulica para garantizar los niveles de agua para los distintos usos (navegación, suministro de agua, uso industrial, etc.). Asimismo, tiene como finalidad eliminar las exigentes y peligrosas situaciones de trabajo de los agentes operativos de la empresa VNF que intervienen actualmente en las presas manuales. Para este proyecto se ha seleccionado la técnica de las presas hinchables con agua. Esta solución, innovadora en Francia, es especialmente eficaz para mantener el nivel del agua necesario para el conjunto de los usos. □



CONSTRUCTION DU QUAI H DANS LE PORT DE SÈTE

AUTEURS : ALICE PACQUETET, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE -
MARIE JOURDAN, DIRECTRICE TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE

L'ATTRACTIVITÉ D'UN PORT SE MESURE PAR SES INFRASTRUCTURES. C'EST BIEN LE PARI QU'A FAIT LA RÉGION LANGUEDOC-ROUSSILLON-MIDI-PYRÉNÉES POUR LE PORT DE SÈTE. ELLE FINANCE, AVEC L'AIDE DE L'EUROPE, UN NOUVEAU TERMINAL : LE QUAI H, DESTINÉ À L'ACCUEIL DE NAVIRES PORTE-CONTENEURS DE 260 M DE LONG ET DE NAVIRES DE VRAC.

Ce nouvel ouvrage permet de gagner 60 m sur la mer, avec un bord à quai de 460 m pour un tirant d'eau de 14,5 m.

Le groupement Soletanche Bachy/Balinea a été retenu en tant qu'entreprise générale pour la réalisation de ce quai,

en forme de L (figures 1 et 2), dont le mur est constitué d'une paroi moulée en béton armé.

Cette variante, proposée par le groupement, a séduit pour sa meilleure pérennité par rapport à un rideau mixte.

Le terre-plein final pourra supporter 6 t/m² dans la zone d'évolution des portiques (35 m de large côté mer) et 10 t/m² dans la zone de stockage en arrière (45 m de large).

Les travaux, débutés en septembre 2014, se composent de 5 grandes

étapes s'échelonnant sur une durée de 22 mois.

Le chantier a été organisé en deux « casiers », permettant le démarrage d'une phase sur le casier Sud tandis que l'activité précédente se termine sur le casier Nord.



1- Vue d'ensemble des travaux de fondation en juin 2015.

2- Vue aérienne en phase de réalisation de la digue provisoire.

1- General view of the foundation works in June 2015.

2- Aerial view during the temporary break-water execution phase.

CONSTRUCTION DE LA DIGUE PROVISOIRE

La première étape, d'une durée de 7 mois, consiste à construire une digue provisoire au droit du futur mur de quai. L'assise de cette digue a préalablement été draguée sur 1 m d'épaisseur, afin d'enlever les matériaux vasards.

La digue est construite en matériaux de carrière, de façon à mesurer 7 m en crête, 2 m au-dessus du niveau moyen de la mer (figure 4), avec une digue intermédiaire délimitant les deux caisiers.

Le volume total représente 281 000 m³, avec des talus à 3/2.

Le choix des matériaux de carrière est critique, car ils doivent satisfaire plusieurs conditions. Ils doivent garantir la tenue de l'ouvrage :

- Pendant une durée d'un an, notamment au sud, zone exposée à la houle de sud-est,
- Pendant l'amélioration des sols par vibrocompactage,
- Puis pendant l'excavation de la paroi moulée.

Un compromis a amené à choisir 3 types de matériaux :

- Granulométrie grossière côté mer (0/500 calcaire),
- Granulométrie 0/150 côté terre,
- Et noyau 0/100 de matériau plus fin au centre.

Les carrières locales (Poussan, La Madeleine, Les Roches Bleues) ont approvisionné le chantier pendant 5,5 mois.

La construction de la digue, réalisée par l'entreprise sous-traitante Buesa, a fait appel à des moyens terrestres et nautiques.

La première phase consiste à claper les matériaux. Après mise en stock sur le chantier, les matériaux sont chargés ▷





3

© SOLETANCHE BACHY

à la pelle dans un chaland fendable, qui largue les matériaux par son fond ouvrable à la position voulue, guidé par GPS et dirigé par un pousseur.

Au-dessus de -3 mZn, les matériaux sont acheminés par camion et poussés au bulldozer.

On procède ensuite à l'élargissement de la digue par du sable, prélevé dans le port de Sète grâce à une drague aspiratrice statique opérée par l'entreprise sous-traitante Emcc. Le prélèvement de ce sable participe aussi à l'agrandissement de la zone de navigation de la darse 2. Le sable est amené dans chaque casier par voie hydraulique, au moyen d'une conduite immergée lestée au fond de la darse. Environ 150 000 m³ de sable ont été nécessaires pour élargir la digue de 7 à 20 m, afin d'accueillir les machines pour la réalisation de la paroi moulée.

La digue élargie subit ensuite une amélioration par vibrocompactage (figure 3) des matériaux de carrière et ajout de ballast dans le sable (colonnes ballastées). L'augmentation de la compacité des matériaux se traduit par un tassement de la digue d'environ 1 m. L'objectif consiste à garantir des critères géotechniques nécessaires à la stabilité de l'écran de soutènement : angle de frottement de 38° et module pressiométrique de 15 MPa en profondeur. Les travaux sont réalisés par l'entreprise sous-traitante Menard, grâce à une grue de 150 t équipée d'une aiguille vibrante type V8 de 25 m de haut.

MUR DE QUAI EN PAROI MOULÉE

La paroi moulée est réalisée en 4 mois à l'aide d'un atelier à benne hydraulique type KS (figure 5) fonctionnant en 3 postes. Ce mur de quai, d'épaisseur 1 m et de profondeur 29 m, traverse la digue artificielle et s'ancre de 12 m dans le terrain naturel (figure 7).

Ses deux extrémités viennent se raccorder sur les ouvrages existants, à savoir la digue existante recouverte d'une carapace au sud, et contre une colonne en béton au nord.

La paroi a été découpée en panneaux de 7,35 m de large pour un ratio d'acier de 80 kg/m³. Une attention particulière

3- Atelier de vibrocompactage pour l'amélioration des sols phase 1.

4- Coupe stratigraphique de la digue provisoire.

3- Vibro-compactation equipment for soil improvement phase 1.

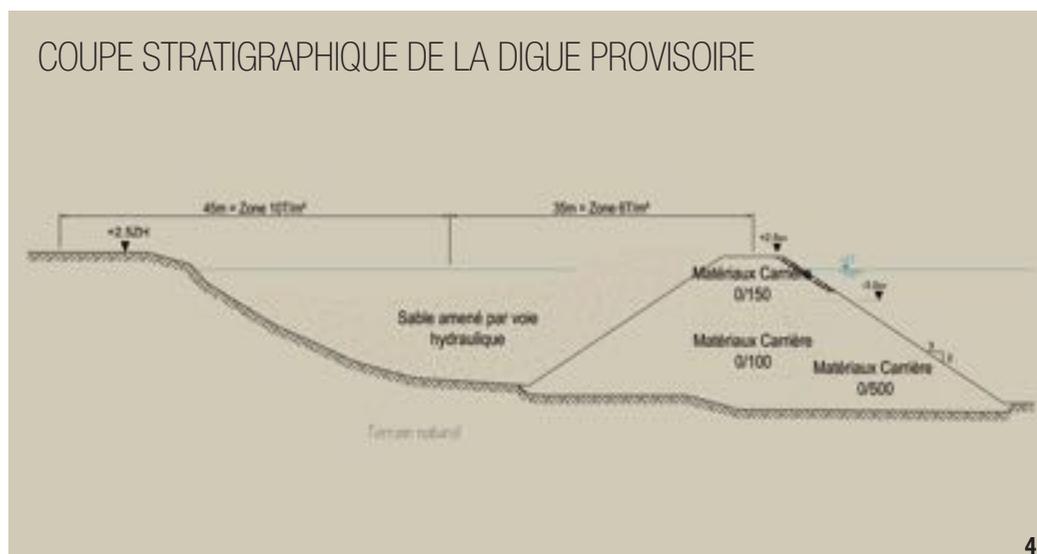
4- Stratigraphic cross section of the temporary breakwater.

a été portée aux caractéristiques de la boue d'excavation et du béton. En effet, ces matériaux doivent s'adapter à plusieurs caractéristiques :

- Un milieu salin,
- Une géologie hétérogène (terrains ouverts de la digue artificielle, sable, puis argile en pied),
- Et, enfin, la gestion de gros volumes de béton à couler en plein été.

La rhéologie du béton est contrôlée par les essais usuels d'affaissement, mais aussi par des essais de ressuage et des essais de ressuage sous pression, essais que le laboratoire Matériaux de Soletanche Bachy prescrit sur tous ses chantiers, dès l'exécution des bétons

COUPE STRATIGRAPHIQUE DE LA DIGUE PROVISOIRE



4

© SOLETANCHE BACHY



d'étude et des essais de convenance. Il est à noter que des passages de sables indurés (grès) ont été traversés ponctuellement. Malgré des épaisseurs plus importantes que prévu, ils ont pu être excavés avec succès par la benne KS, ou l'usage d'un trépan si nécessaire. La paroi moulée est coiffée d'une poutre de couronnement de 470 m de long, 2 m de haut (de +0,50 mZH à +2,50 mZH) et 180 kg/m³ d'acier. Elle représente 2 400 m³ de béton. La réalisation de cet ouvrage, dont le niveau bas est au niveau de la mer, est soumise aux conditions de houle, car les postes de travail de ferrailage et coffrage sont exposés côté mer. Il a fallu 2 mois de travail, avec plusieurs interruptions lorsque la houle ne permettait pas de travailler en sécurité côté mer. Cet ouvrage supportera les équipements de quai, tels que les défenses, bollards, voies de roulement et butoirs de portiques. Les différents inserts sont incorporés à la poutre, comme les douilles d'ancrage des défenses dans le masque préfabriqué (figure 6) côté mer.

5- Excavation de la paroi moulée par benne hydraulique.

6- Pose d'un masque préfabriqué de la poutre de couronnement.

7- Coupe de la phase de réalisation de la paroi moulée.

5- Excavation of the diaphragm wall by hydraulic grab.

6- Placing a pre-fabricated mask for the capping beam.

7- Cross section of the diaphragm wall execution phase.

ANCRAGE DU MUR PAR UN RIDEAU ARRIÈRE

La stabilité du quai est garantie par des tirants passifs repris dans un rideau moulée profonde. La cote de pose des ancrages est -3 mZH, soit 5,5 m sous le nez de quai. Une phase de pompage, puis de terrassement a donc été nécessaire en amont de cette pose (figure 9). Le rabattement de nappe à l'abri d'un ouvrage à proximité immédiate de la mer est une opération risquée. De plus, l'enceinte n'est pas fermée : il n'y a pas d'ouvrage d'étanchéité côté digue existante.

L'installation de pompage est composée de 15 puits équipés de tubes crépinés métalliques de 20 m de profondeur, et d'autant de piezomètres permettant le suivi quotidien du niveau de rabattement. Des pompes sur radeau ont complété le dispositif les premières semaines, afin de vider les casiers. Le débit de pompage est monté jusqu'à 1 800 m³ par heure, jusqu'à ce que les casiers soient vides. Le débit est ensuite maintenu à environ

500 m³ par heure. Ce débit a été stabilisé grâce à 3 facteurs : l'excellente étanchéité côté mer grâce à la paroi moulée profonde, la bonne gestion des venues d'eau aux extrémités grâce à des barrages en sable fin, et le bon espacement des puits permettant de maîtriser les venues d'eaux constantes de la nappe existante. Le rabattement est maintenu pendant 6 mois avec 2 contrôles journaliers et un système d'astreinte en cas de défaillance d'une pompe.

Un volume de 45 000 m³ de matériaux de carrière et de sable de la digue a été déplacé, pour la pose du rideau arrière vers la zone 10 t.m², en arrière du terre-plein.

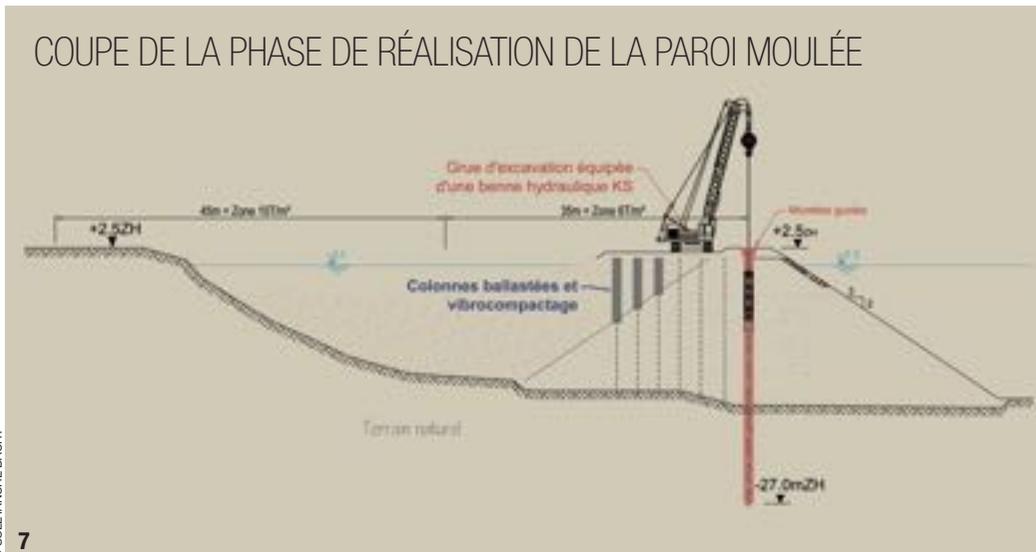
La pose du rideau arrière se décompose en 3 activités :

- Un atelier d'amélioration de sol par colonnes ballastées dans le sable qui n'avait pas été traité préalablement (car immergé),
- Un atelier de battage des tubes de 6,5 m de long et de 1 420 mm de diamètre,
- Et une équipe d'assemblage des ancrages métalliques.

Un ancrage est constitué de 3 barres d'environ 10 m de longueur et de 160 mm de diamètre. Chacun des 72 panneaux de paroi moulée a été équipé d'une réservation appelée « cage à rotule ». Cette pièce métallique permet de visser l'extrémité de l'ancrage. L'autre extrémité traverse le tube battu. Une plaque et un écrou permettent de serrer l'ancrage (figure 8). Cette étape a pris fin le 18 décembre 2015.

DÉMONTAGE DE LA DIGUE AVANT ET REMBLAI DU TERRE-PLEIN

La quatrième étape, actuellement en cours, consiste à remblayer le terre-plein par les matériaux issus du démontage de la digue avant. ▷





8

© CEDRIC HELSLY POUR SOLETANCHE BACHY

Les matériaux enlevés devant la paroi moulée, en rétro (figure 10) depuis la poutre, sont basculés à l'arrière. Afin de garantir le tirant d'eau de 14,5 m de profondeur, 3 engins sont mobilisés. La première pelle, modèle Liebherr 954, permet de terrasser les matériaux de 0 jusqu'à 6 m sous l'eau. La seconde pelle, modèle Liebherr 966, est équipée d'une rallonge de 3 m allant jusqu'à 11 m sous l'eau. Le dernier terrassement est réalisé à l'aide d'une grue avec benne preneuse.

Une fois le remblai suffisamment avancé, des inclusions rigides de type Colonnes à Module Contrôlé sont exécutées pour la future zone de stockage 10 t/m² des conteneurs (figure 11). Les CMC ont pour but de garantir la portance, tout en maintenant un tassement à long terme inférieur à 3 cm.

ÉQUIPEMENTS PORTUAIRES ET VRD

Une fois le terre-plein réalisé, on construira la semelle pour le rail arrière des portiques, 27 m en arrière du rail avant.

Les 950 m de voies de roulement sont constituées de rails à double-gorge de type GCR108 assis sur une platine ancrée dans la poutre et la semelle arrière. Le rail est maintenu par des clips sur les côtés et posé sur un intercalaire en élastomère. Depuis

septembre 2015, les déplacements de la paroi moulée sont suivis au moyen d'inclinomètres et de cibles topographiques, afin de confirmer les déplacements, de l'ordre du centimètre, de la poutre de couronnement. Ce procédé permettra de respecter l'alignement des voies de roulement dont la pose interviendra en mai 2016.

Le quai sera protégé par 38 systèmes de défense. Chaque bouclier mesure 2,5 m de haut et 3,4 m de large. Ils sont constitués d'une ossature en métal, réalisée à côté de Bordeaux

8- Pose d'un ancrage du rideau arrière.
9- Coupe de la phase de pose du rideau arrière.

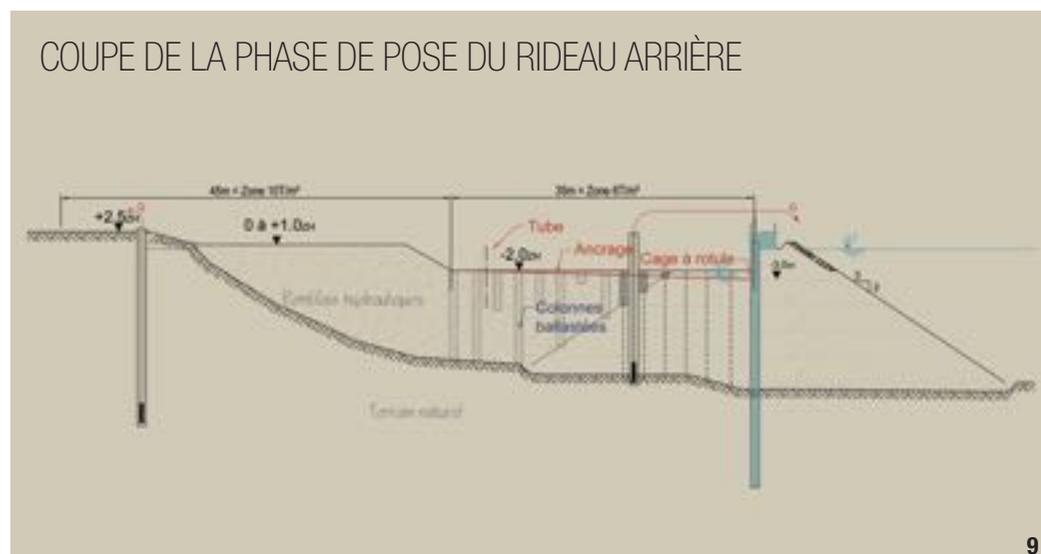
8- Placing anchoring for the rear curtain.
9- Cross section of the rear curtain placing phase.

par le fournisseur Cesm, et recouverts d'une plaque en polyéthylène. Quatre jambages en caoutchouc permettent d'absorber l'énergie d'accostage des navires, tout en contrôlant la réaction induite par le choc, afin de préserver les coques des navires.

L'amarrage des bateaux sera assuré par 40 bollards bi-blocs de 100 t et l'éclairage de la future zone de travail est prévu, avec cinq nouveaux mâts de 40 m de haut.

Enfin, le terre-plein sera équipé d'un réseau neuf d'évacuation des eaux

COUPE DE LA PHASE DE POSE DU RIDEAU ARRIÈRE



9

© SOLETANCHE BACHY



pluviales, composé de 1,5 km de caniveaux à grilles et deux séparateurs à hydrocarbures.

Le terre-plein de 42 000 m² sera recouvert d'une structure de chaussée en béton compacté routier de 40 cm réalisé par l'entreprise sous-traitante Eurovia.

La réussite du projet repose sur une collaboration efficace des acteurs du projet. Des études approfondies ont été menées en amont par la Direction des Ports de la Région, le Pôle Ingénierie des services portuaires et le bureau d'études Brl Ingénierie. Soletanche Bachy a ensuite poursuivi la conception géotechnique complète de l'ouvrage, intégrant la construction de la digue, l'ensemble des techniques d'amélioration de sol et la paroi moulée, pour livrer un ouvrage robuste et pérenne.

Le nouveau Quai H sera livré à la Région Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées à l'été 2016. Il constituera indéniablement un atout majeur pour le Port de Sète, qui fête ses 350 ans et souhaite se positionner comme nouvelle escale de porte-conteneurs dans le bassin méditerranéen.

Soletanche Bachy ajoute une nouvelle référence sur sa liste de quais en paroi

10- Pelle déconstruisant la digue avant pour remblaiement du terre-plein.

11- Vue arienne en phase de remblaiement et d'amélioration des sols par Colonne à Module Contrôlé.

10- Shovel de-constructing the front breakwater for backfilling of the open storage area.

11- Aerial view in the phase of backfilling and soil improvement by Controlled Modulus Columns.

moulée réalisés dans le monde entier, comme Port 2000 au Havre, le quai des Flamands à Cherbourg, Port Est à La Réunion ou encore le quai Sud à Cotonou (Bénin). □

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE :

La région Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées
Direction des transports et des communications / sous-direction des Ports

MAÎTRISE D'ŒUVRE TRAVAUX :

La région Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées
Service des opérations portuaires - Pôle Ingénierie

MAÎTRISE D'ŒUVRE CONCEPTION :

Brl Ingénierie

ENTREPRISE GÉNÉRALE :

Groupe Soletanche Bachy France (mandataire) - Balineau

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

VASE ASPIRÉE : 160 000 m³

MATÉRIAUX DE CARRIÈRE : 280 000 m³

SABLE HYDRAULIQUE DRAGUÉ : 215 000 m³

DÉBLAIS/REMBLAIS : 80 000 m³

BÉTON : 26 000 m³

ACIER : 20 000 t

DÉFENSES D'ACCOSTAGE : 38 u

BOLLARDS : 41 u

VOIE DE ROULEMENT : 860 m

CHAUSSÉE : 41 600 m²

ABSTRACT

CONSTRUCTION OF QUAY H IN THE PORT OF SETE

ALICE PACQUETET, SOLETANCHE BACHY - MARIE JOURDAN, SOLETANCHE BACHY

Soletanche Bachy and Balineau are building a new quay 470 m long and of 14.5 m draught in the port of Sète, for the Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées region. The port is designed to receive cement carriers and container ships. The quay wall is executed by the diaphragm wall technique, 80 metres from the existing coast, in an artificial breakwater formed of quarry materials and hydraulic sand. Backfilling at the rear requires the supply of almost 600,000 m³ of materials improved by vibratory compacting, ballasted columns and rigid inclusions. A capping beam will bear a rail in addition to all the conventional quay equipment. Work completion is scheduled for the summer of 2016. □

CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE H DEL PUERTO MARÍTIMO DE SETE

ALICE PACQUETET, SOLETANCHE BACHY - MARIE JOURDAN, SOLETANCHE BACHY

Soletanche Bachy y Balineau están construyendo un nuevo muelle de 470 m de longitud y de 14,5 m de calado en el puerto de Sète, por encargo de la región de Languedoc-Rosellón-Mediodía-Pirineos. Tiene como finalidad acoger buques cementeros y portacontenedores. El muro de muelle se ha realizado con pantallas continuas a 80 m de las costas existentes en un dique artificial hecho de materiales de cantera y arena hidráulica. El relleno hacia tierra requiere una aportación de casi 600.000 m³ de materiales mejorados por vibrocompactado, pilotes granulados e inclusiones rígidas. Una viga de coronación soportará un raíl, además de todos los equipos de muelle tradicionales. Está previsto que las obras finalicen en verano de 2016. □



Tchad

Travaux d'aménagement des berges du Chari à N'Djamena

Terre Armée France réalise en sous-traitance de Sogea Satom Tchad les travaux d'aménagement des berges du Chari sur le site du « Grand Hôtel » à N'Djamena, capitale du Tchad.

Sogea Satom Tchad vient d'achever la première phase, commencée en Avril 2014, de la construction d'un mur de 840 m de long et 8,25 m de haut dans le centre de N'Djamena pour une surface d'environ 7 000 m².

Ce mur en écailles TerraClass® utilisant des armatures synthétiques Haute Adhérence de type GeoStrap® 5 HA protège le site du « Grand Hôtel » des inondations de la rivière du Chari.

Ces armatures, constituées de faisceaux compacts de fibres polyester haute ténacité protégés par une enveloppe de polyéthylène, présentent des avantages tels que :

La durabilité

Elles sont insensibles à la présence de sels dans les remblais et sont particulièrement adaptées aux applications hydrauliques.

La robustesse

La présence d'un gainage continu en polyéthylène assure une protection très efficace contre l'endommagement à l'installation.

Leur fabrication est soumise à un contrôle qualité rigoureux depuis la qualification des matières premières jusqu'au contrôle du produit fini. Le marquage CE est un gage supplémentaire de qualité.

Le niveau des plus hautes eaux atteint 80% de la hauteur du mur. La prestation d'études de Terre Armée France inclut l'étude de la substitution du sol de fondation et la protection du mur contre l'affouillement par des enrochements.

Ce projet fait suite à un premier projet similaire de 9 000 m² dont la construction s'est achevée en 2014.



280 avenue Napoléon Bonaparte
92500 Rueil-Malmaison
Tél : +33 1 47 76 81 90 - Fax : +33 1 47 76 78 71
www.terre-armee.fr



CONSULTEZ **TRAVAUX** SUR INTERNET
revue-travaux.com

Vous pourrez :

- Télécharger les articles
- Vous abonner en ligne
- Accéder à la présentation de la revue
- Consulter 17 ans d'archives de la revue
- Compléter votre collection

RENFORCEMENT D'UN QUAI SOUMIS À DES RISQUES D'EFFONDREMENT À ROUEN

AUTEURS : SYLVAIN GARDET, CHEF DE SERVICE DU SETI, GRAND PORT MARITIME DE ROUEN - STÉPHANE GALY, RESPONSABLE ANTENNE NORMANDIE, SOLETANCHE BACHY FRANCE - CAMILLE PATUREAU, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE

DANS LE CADRE DES TRAVAUX DE RENFORCEMENT DU QUAI SUR LA PRESQU'ÎLE ROLLET À ROUEN, OUVRAGE SOUMIS À UN RISQUE D'EFFONDREMENT BRUTAL, SOLETANCHE BACHY FRANCE A MIS EN ŒUVRE UNE SOLUTION ORIGINALE AVEC UNE PLATE-FORME DE FORAGE SUSPENDUE AU BOUT D'UNE GRUE. LES TRAVAUX POUR LE GRAND PORT MARITIME DE ROUEN SE SONT ACHEVÉS LE 22 JANVIER 2016 POUR DONNER LIBRE COURS AUX TRAVAUX PAYSAGERS AVANT DE RESTITUER LA ZONE AUX HABITANTS.



CONTEXTE DU PROJET CONTEXTE GÉNÉRAL

Au pied du pont Flaubert à Rouen, le terre-plein du quai de la presqu'île Rollet s'était effondré en août 2012 sur plusieurs dizaines de mètres (figure 2), en montrant d'autres signes d'affaiblissement

et un risque élevé de rupture brutale de tout ou partie de l'ouvrage. Les travaux de renforcement de ce quai sur une longueur de 200 m entrent dans le cadre du projet de l'éco-quartier Flaubert. Le financement a été porté par la métropole Rouen

Normandie (51 %) et le Conseil Général (29 %), les 20 % restants étant pris en charge par HAROPA Port de Rouen [NDLR. Le GIE HAROPA réunit les ports du Havre (HA), de Rouen (RO) et de Paris (PA), une alliance stratégique qui permet de mettre en commun

leurs fonctions les plus importantes.] Le marché a été remporté début 2015 en solution variante par le groupement Soletanche Bachy France (mandataire)/ Bouygues Travaux Publics Régions France. Il s'est achevé le 22 janvier 2016. ▶

Soletanche Bachy France a effectué les prestations d'études, de mise en place des micropieux, d'injection de régénération de la maçonnerie et de terrassements. Bouygues TPRF a réalisé la structure en béton armé.

PATHOLOGIE

Le quai de la presqu'île Rollet a été construit en 1889. Côté Seine, une structure en maçonnerie repose sur un platelage en bois porté par des pieux battus en bois. En bord à quai, des bollards pouvant reprendre des charges d'amarrage de 20 t sont ancrés dans la maçonnerie. Côté terre, le platelage en bois porté est recouvert de remblais constituant le terre-plein.

Suite à l'effondrement de 2012 intervenu sur une longueur de 35 m, des inspections par plongeurs ont été menées. L'expertise a montré un pourrissement continu des platelages et des pieux en bois supportant l'arrière du quai, avec un risque de rupture brutale de l'ouvrage (figure 3). L'origine de ces désordres provient du niveau assez élevé des têtes de pieux en bois et du platelage. Ils sont tantôt émergés à marée basse, tantôt immergés à marée haute. Ainsi, le cycle répétitif des marées génère le pourrissement continu de ces structures en bois.

SOLUTION TECHNIQUE

La solution de renforcement retenue a consisté en une structure en béton armé appuyée sur micropieux, ceux-ci étant scellés à l'avant dans les maçonneries du quai. Des travaux d'évacuation des remblais anciens situés sur le platelage du terre-plein ont permis de supprimer les risques de fuite de matériaux en Seine. Ces travaux ont été complétés par la régénération des maçonneries du quai, afin d'homogénéiser et de rigidifier le massif du quai. Cette opération permettra de reporter son poids propre sur les micropieux avant, en cas de défaillance des pieux en bois (figure 4).

La solution méthodologique conçue et suivie par Soletanche Bachy France s'est concentrée sur la sécurité des intervenants. Une bande de 12 m depuis le bord à quai a été interdite à la circulation sur l'ensemble du linéaire de la zone de travaux. Pour travailler au-dessus de cette bande, une plateforme suspendue sur grue a été développée par les équipes de Soletanche Bachy France. Elle porte une machine de forage qui réalise des micropieux inclinés. Cet équipement a permis au personnel et aux matériels d'évoluer

en toute sécurité en s'affranchissant de la structure existante déficiente.

De plus, la stabilité du massif maçonné sur pilotis était particulièrement précaire et sensible aux vibrations occasionnées par les travaux.

C'est pourquoi Soletanche Bachy France a mis en œuvre le procédé de forage innovant Hi'Drill qui a limité les vibrations subies par l'ouvrage.

2- Vue d'ensemble de la zone de chantier avant démarrage.

3- Schéma de la structure existante du quai.

2- General view of the site area before start of works.

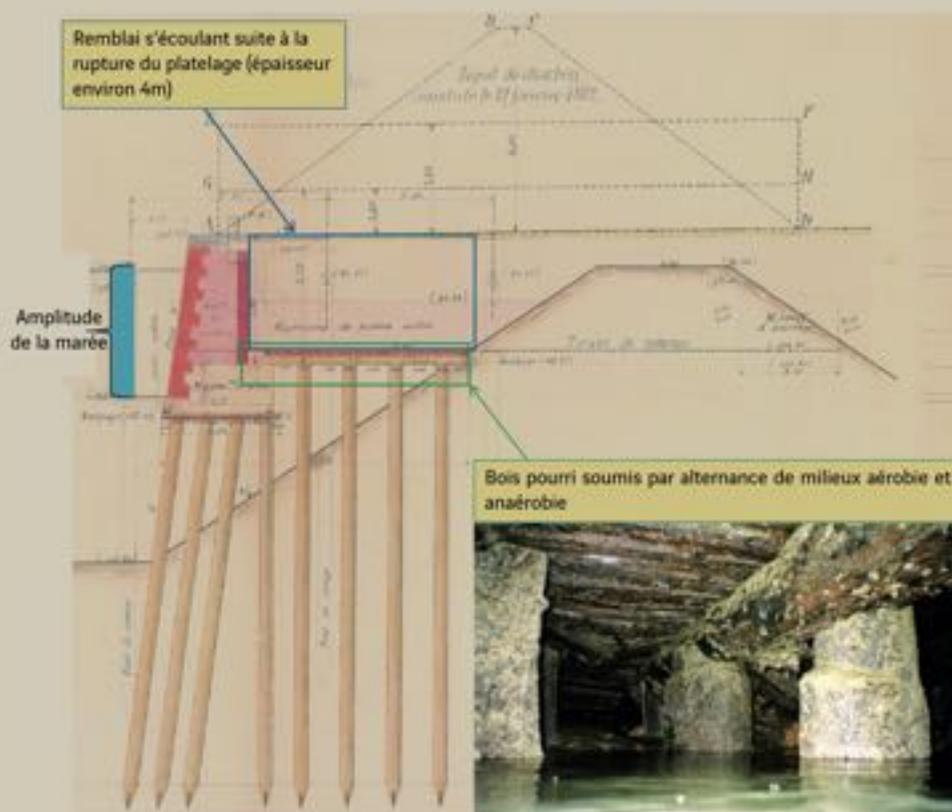
3- Diagram of the existing quay structure.



2

© SOLETANCHE BACHY

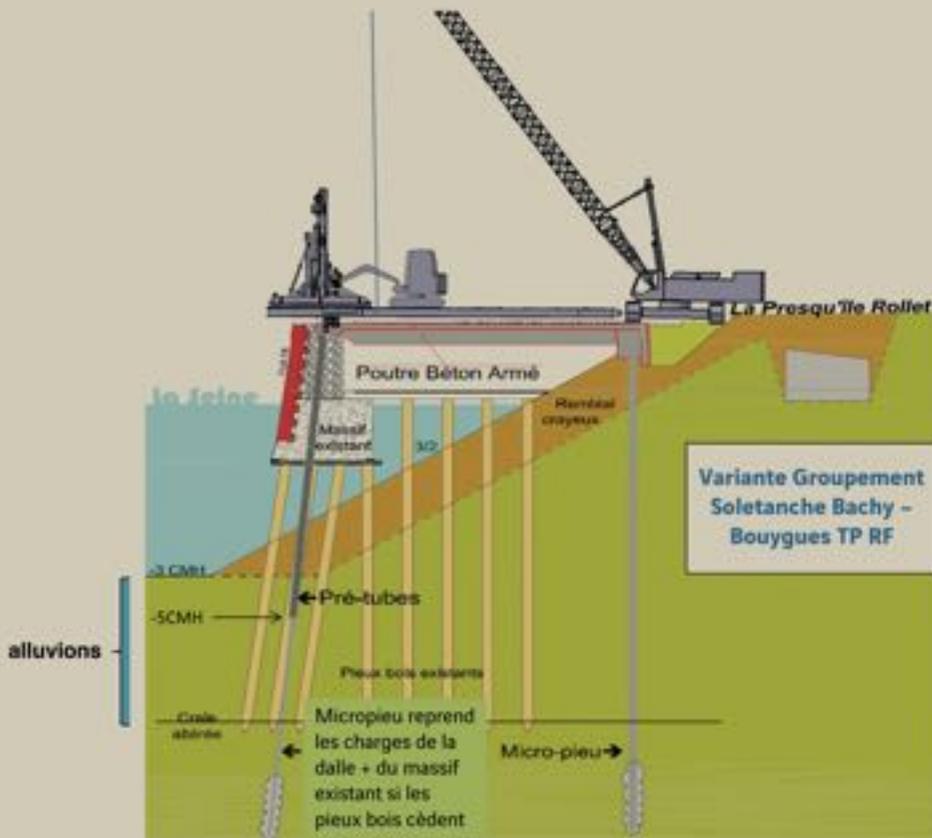
SCHÉMA DE LA STRUCTURE EXISTANTE DU QUAI



3

© GPMR

SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA SOLUTION TECHNIQUE



4



5

4- Schéma de principe de la solution technique.

5- Monitoring des déplacements du quai.

4- Schematic diagram of the technical solution.

5- Monitoring of quay movements.

PRÉPARATION DU PROJET ÉTAT ET SUIVI DE LA STRUCTURE

Compte tenu des risques analysés pour les personnels et l'ouvrage, un suivi des déplacements en temps réel avec définition de valeurs seuils et alerte automatique a été mis en œuvre pendant les phases de préparation, puis de travaux (figure 5). Les mesures ont été interprétées journalièrement pendant le chantier. Aucune alerte n'a été déclenchée.

De manière générale, la présence de bois pose de grandes difficultés lors du forage.

Pour éviter ces difficultés, il a été nécessaire de reconnaître la position réelle des pieux.

Cela a permis de fiabiliser au maximum le planning, tout en prévenant toute détérioration du matériel.

Ainsi, un relevé par plongeur a été effectué préalablement à l'exécution, afin de définir les zones sans pieux en bois sous le quai.

Des déplacements métriques des pieux en bois ont été constatés par rapport à la position des plans d'archives.

L'emplacement de ces zones préalablement reconnues (figure 6) a été intégré dans le modèle de dimensionnement. Ce dernier a donc pris en compte des distances entre micropieux variables.

ÉTUDES

Les bureaux d'études de fondations et de génie civil ont été fortement mobilisés pendant toute la période de préparation du chantier.

Essais de conformité

Conformément à l'Eurocode 7, la valorisation des retours d'expérience de chantiers effectués par Soletanche Bachy France au préalable dans la région a permis d'optimiser le dimensionnement des micropieux.

Ainsi, les longueurs de scellement des micropieux ont-elles été réduites, conduisant à des économies significatives.

Le scellement des micropieux a été effectué dans deux horizons différents de terrain : les alluvions sablo-graveleuses et le substratum crayeux.

Les frottements sables/micropieux ont été évalués à partir des abaques pour la couche d'alluvions sablo-graveleuses. Dans le substratum, des essais préalables spécifiques ont été effectués afin de mesurer les frottements substratum/micropieux.

Dans ce cadre, deux micropieux autoforés type III ont été effectués avec une foreuse Hi'Drill et scellés sur toute la hauteur.

La méthode habituelle pour s'affranchir des frottements sables/micropieux à l'aide d'un tube PVC graissé n'est pas réalisable pour des micropieux autoforés.

C'est pourquoi, une semaine après le scellement des micropieux, le contact sables/micropieux hors substratum a été supprimé en remordant les micropieux d'essai jusqu'au substratum à l'aide d'une foreuse équipée d'un outil de type couronne (figure 7).

Ces essais ont permis de mesurer les caractéristiques mécaniques du substratum seul, où sont scellés les micropieux.

Ces mesures ont confirmé les hypothèses préalablement prises.

Les valeurs des frottements maçonnerie/micropieux ont également été mesurées sur site avant les travaux.

Études sur un ouvrage ancien

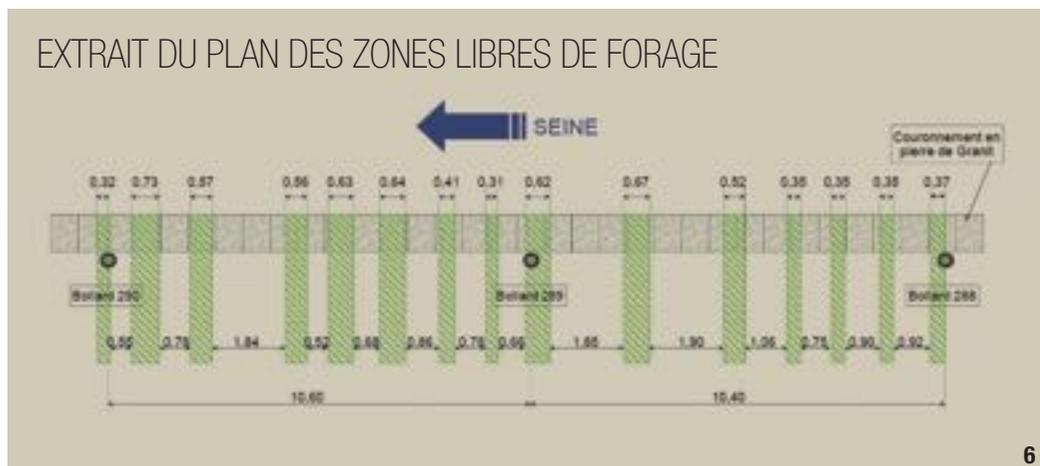
L'état général du quai était globalement détérioré, que ce soit au niveau du platelage, des pieux en bois ou de la maçonnerie et ce, de manière très hétérogène.

De plus, les connaissances du modèle initial d'un ouvrage aussi ancien se sont révélées incomplètes et délicates à définir.

C'est pourquoi le bureau d'études de Soletanche Bachy France a dû étudier la répartition des efforts horizontaux entre les files avant et arrière selon un modèle de calcul complexe intégrant à la fois la superstructure et les fondations (logiciel interne « Paris »).

Des raideurs distinctes ont notamment été considérées pour les deux files de micropieux en considérant, d'une part, une liaison de type rotule pour la file arrière et, d'autre part, une liaison de type encastrement à l'avant (caractère massif du quai) (figure 8).

Force est de constater que la complexité de l'ouvrage existant (matériaux, bois, maçonnerie), la difficulté d'appréhender son niveau de stabilité et les nombreuses inconnues ont rendu nécessaire le recours à un modèle de calcul élaboré où le fonctionnement



6

© SOLETANCHE BACHY

global de la structure diffère notablement d'un fonctionnement classique en portique.

Interactions micropieux/génie civil

Le projet comprenait des travaux de fondations (micropieux) et de génie civil (structure poutre/prédalle).

Ces deux éléments interagissent l'un avec l'autre pour former un modèle global.

Le modèle de calcul des micropieux intègre la superstructure. Toutefois, la superstructure doit, d'autre part, s'adapter à la géométrie et au dimensionnement des micropieux.

La prise en compte fine de ces interactions a suscité une forte coordination entre les bureaux d'études internes de Soletanche Bachy France et de Bouygues Trpf, ce qui s'est révélé primordial dans la conception du projet.

6- Extrait du plan des zones libres de forage.

7- Essai de conformité sur micropieux avec création d'une longueur libre.

8- Extrait de plan du projet final avec liaisons rotule arrière et encastrement avant.

6- Excerpt from the drawing of drilling-free areas.

7- Conformity test on micropiles with the creation of a free length.

8- Excerpt from a drawing of the final project with rear ball joint and front end restraint links.

TRAVAUX ET METHODOLOGIES

L'établissement d'un planning détaillé des multiples phases de travaux a été nécessaire, afin de limiter et de gérer au maximum les coactivités.

Après les investigations (reconnaisances par plongeurs, essais préalables) et les travaux préparatoires (terrassement, retrait des mobiliers urbains, retrait de maçonnerie), les micropieux arrière ont été effectués courant 2015 avant un démarrage des micropieux en bord à quai au mois d'août.

Afin de respecter les délais imposés, les travaux du génie civil ont débuté neuf semaines après le démarrage des micropieux en bord à quai.

Ce décalage, associé à un phasage précis des terrassements, a permis d'organiser deux zones de travaux séparées et de ne nuire, ni à la production, ni

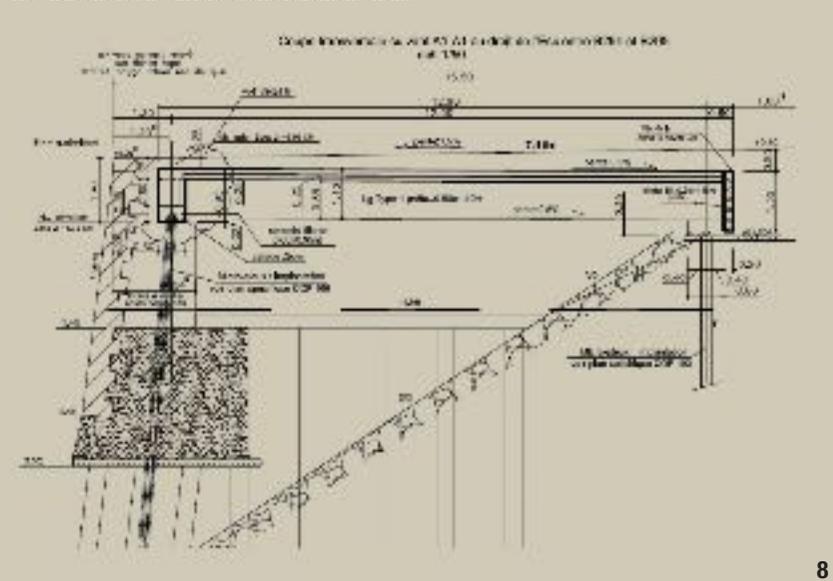


7

© GPMR

EXTRAIT DE PLAN DU PROJET FINAL

avec liaisons rotule arrière et encastrement avant



8

© SOLETANCHE BACHY



© CEDRIC HESLY POUR SOLETANCHE BACHY

à la sécurité des opérateurs (figure 9). Les injections de régénération ont suivi la fin des travaux de génie civil.

FOCUS TRAVAUX FRAISAGE

La géométrie de la structure projetée imposait le retrait de 20 cm de maçonnerie sous la pierre de couronnement en granit. L'enjeu de cette prestation,

qui nécessitait d'ailleurs une grande précision, consistait à éviter de déstabiliser le quai déjà en équilibre précaire. Pour répondre à un objectif de précision, Soletanche Bachy France a opté pour un fraisage de la maçonnerie. En conséquence, une fraise hydraulique a été équipée sur une pelle à long bras. Ce bras a permis de fraiser, sans que la pelle ne circule sur la

bande interdite située à 12 m du bord à quai (figure 10).

TERRASSEMENTS

Les phases les plus importantes et les plus délicates des terrassements se sont déroulées en période de production maximale et en coactivité entre les équipes chargées du génie civil et de l'exécution des micropieux.

Le principe général a consisté à réaliser ces travaux par plots successifs de longueur adaptée.

Sur la longueur du plot, une fois les micropieux avant et arrière terminés, une première phase de terrassement a été organisée.

Elle a consisté, d'abord à découvrir les micropieux arrière, puis à retirer sur 1,8 m de profondeur les sols compris ▷

9- Vue d'ensemble du chantier en exécution.

10- Fraisage de la maçonnerie.

11- Schéma de principe des phases de terrassement.

9- General view of the site during works.

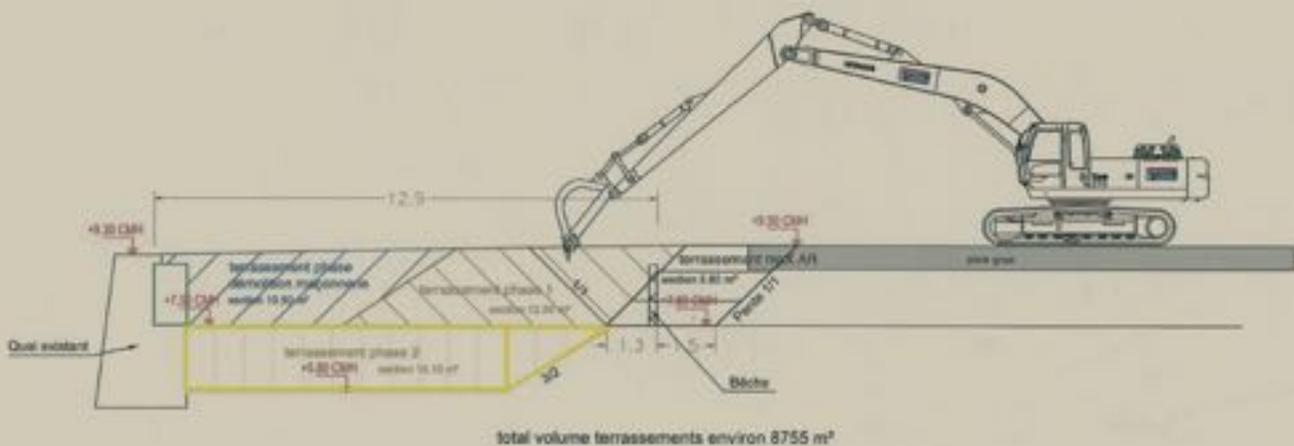
10- Masonry milling.

11- Schematic diagram of earthworks phases.



© GPMR / SOLETANCHE BACHY

SCHÉMA DE PRINCIPE DES PHASES DE TERRASSEMENT



© SOLETANCHE BACHY



12

© CEDRIC HESLY POUR SOLETANCHE BACHY



13

© GPMR



14

© CEDRIC HESLY POUR SOLETANCHE BACHY

12- Vue d'ensemble du chantier en exécution - coactivité.

13- Mise en place d'un pré-tube.

14- Micropieu en bord de quai terminé.

12- General view of the site during works - co-activity.

13- Placing a preliminary tube.

14- Micropile on completed edge of quay.

entre les deux zones de micropieux (soit 12 m). Cette opération a été préalable à l'exécution des chapiteaux, des longrines et à la pose des poutres. Une fois les poutres installées, la deuxième phase de terrassement a été déclenchée. Elle a consisté à retirer l'intégralité du terrain en place jusqu'au platelage bois, soit sur les 1,7 m de profondeur restants (figure 11).

Les prédalles et la fin de la structure ont alors pu être exécutées. Ces phases étaient tributaires de l'avancement du chantier et ont eu également un impact direct sur le planning, car elles conditionnaient les travaux de génie civil. Leur organisation a nécessité une parfaite coordination avec les équipes de génie civil. La coactivité sur site (génie civil, micropieux et terrasse-

ment) a été facilitée par une parfaite communication entre les différents intervenants (figure 12).

RÉALISATION DES MICROPIEUX EN BORD DE QUAI

Les micropieux en bord à quai se sont effectués en plusieurs étapes bien distinctes. Dans un premier temps, le quai a été préforé au diamètre \varnothing 300 mm

jusqu'à une profondeur de 7,5 m environ avec la méthode Hi'Drill.

Un pré-tube en acier préalablement équipé d'un sac gonflable extérieur a été positionné dans le pré-forage. Sa pose à une profondeur bien précise a été réalisée à l'aide d'un vibreur manipulé par une grue de maintenance (figure 13). Le sac a ensuite été gonflé, afin de former un bouchon



15

© SOLETANCHE BACHY

étanche entre le pré-tube acier et la maçonnerie.

Après un temps de séchage d'au moins 10h, l'espace annulaire entre le pré-tube et le forage a été rempli par un coulis de ciment dosé à C/E=2. Ce scellement testé en phase préparatoire permet d'assurer la liaison mécanique entre les micropieux et la maçonnerie. Le micropieu type III Hi'Drill autoforé a ensuite été réalisé à l'intérieur du pré-tube, au moins 24 heures après le scellement du pré-tube (figure 14).

CONTRAINTE DE HAUTEUR LIMITÉE SOUS LE PONT

La zone de travail sous le pont Flaubert comportait un tirant d'air limité à 9 m. L'utilisation d'une grue impose des contraintes de distance, de longueur de flèche et de contre-flèche en fonction de la charge à soulever et donc, une hauteur totale des éléments.

15- Phase travaux sous le pont Flaubert.

15- Works phase under Flaubert Bridge.

La présence de cette zone de hauteur limitée a demandé une réflexion importante.

Des configurations de grue spécifiques ont donc été définies de manière à obtenir un équilibre flèche/contre-flèche respectant les hauteurs disponibles sous le pont (9 m) et à soutenir la charge nécessaire.

Des adaptations de talus ont même été effectuées, afin de respecter les distances imposées (figure 15). □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

FINANCEMENT : Rouen Métropole Normandie / CG76 / HAROPA Port de Rouen

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Grand Port Maritime de Rouen - Direction du Grand Port Maritime de Rouen

MAÎTRISE D'ŒUVRE : Grand Port Maritime de Rouen - Direction du Chenal et des Travaux Maritimes

ENTREPRISES : Groupement Soletanche Bachy France (mandataire) / Bouygues Travaux Publics Régions France

PRINCIPALES QUANTITÉS

200 m de quai

109 micropieux avant type III de 30 m environ

39 micropieux arrière type III de 30 m environ

39 poutres préfabriquées

184 prédalles

ABSTRACT

STRENGTHENING OF A QUAY SUBJECTED TO RISKS OF COLLAPSE IN ROUEN

S. GARDET, GRAND PORT MARITIME DE ROUEN- S. GALY, SOLETANCHE BACHY - C. PATUREAU, SOLETANCHE BACHY

Strengthening the quay of Rollet peninsula, a project managed by Grand Port Maritime de Rouen, entailed the execution of Hi'Drill type III self-drilled micropiles, the construction of a reinforced concrete structure and regeneration grouting. The structure was in a state of precarious equilibrium, and equipment could not come less than 12 m closer to the edge of the quay. Furthermore, it was essential that the strengthening works should not disturb its stability in the works phase. Any movements were monitored continuously by instrumentation. The main challenges were: safety of those involved in the work due to the innovative method using a suspended drilling machine, and adaptation to the uncertainties of the model by means of complex studies. □

REFUERZO DE UN MUELLE CON RIESGO DE DESPRENDIMIENTO EN ROUEN

S. GARDET, GRAND PORT MARITIME DE ROUEN- S. GALY, SOLETANCHE BACHY - C. PATUREAU, SOLETANCHE BACHY

El refuerzo del muelle de la península Rollet, encargado por el Gran Puerto Marítimo de Rouen, ha dado lugar a la ejecución de micropilotes de tipo III autoperforantes Hi'Drill, a la realización de una estructura en hormigón armado y a inyecciones de regeneración. La construcción actual, en estado de equilibrio precario, no permitía la aproximación de los materiales a menos de 12 m del borde del muelle. Además, las obras de refuerzo no debían perturbar su estabilidad durante la fase de ejecución. Sus eventuales movimientos fueron objeto de un seguimiento continuo mediante instrumentación. Los principales desafíos fueron la seguridad de los intervinientes, para lo cual se utilizó un método innovador que consiste en emplear un equipo de perforación suspendido, y la adaptación a la incertidumbre del modelo mediante estudios complejos. □



1
© DR

L'ALLONGEMENT DE L'ÉCLUSE DE ROCHETAILLÉE-SUR-SAÔNE

AUTEURS : FRÉDÉRIC AURY, DIRECTEUR TECHNIQUE, EMCC - MATHIEU FERRIÈRE, CHEF DE PROJET, CNR INGÉNIERIE

L'ÉCLUSE DE ROCHETAILLÉE SITUÉE SUR LA SAÔNE, JUSTE À L'AMONT DE LYON, CONSTITUE, PAR SA LONGUEUR UTILE INFÉRIEURE À 185 M, UN POINT PÉNALISANT DE L'ITINÉRAIRE RHÔNE-SAÔNE. IL EST PRÉVU D'ALLONGER SON SAS PENDANT LES 10 JOURS DE L'ARRÊT DE NAVIGATION DE MARS 2016 POUR PORTER SA LONGUEUR UTILE À 195 M AFIN DE PERMETTRE LE PASSAGE DES CONVOIS DE 190 M DE LONGUEUR QUI NAVIGUENT ACTUELLEMENT SUR LE RHÔNE. LE GUIDAGE DES BATEAUX EN ENTRÉE ET SORTIE DU SAS À L'AVANT SERA ÉGALEMENT AMÉLIORÉ PAR LA CONSTRUCTION D'UN MUR GUIDE DE 90 M IMPLANTÉ DANS LE PROLONGEMENT DE L'ÉCLUSE.

LE CONTEXTE ET LES PRINCIPALES CONTRAINTES

Située à 15 km au nord de l'agglomération lyonnaise, l'écluse de Rochetaillée - Couzon est localisée au PK17 de la Saône, côté rive gauche. Côté rive droite se situe un barrage à clapets composé de quatre passes, auquel est accolée une micro-centrale hydro-électrique.

L'actuelle écluse de Rochetaillée (figure 1), dont les travaux ont débuté en 1955 pour s'achever en 1958, a été la première des écluses de la Saône à

être construite au gabarit européen. Elle a ensuite été allongée par son amont en 1967 à l'occasion de la construction, de 1965 à 1968, du barrage à clapets attenant à l'écluse.

Elle remplace une ancienne écluse probablement construite au XIX^e siècle et aujourd'hui abandonnée (figure 1). La refonte des biefs aval de La Mula-tière et de l'Île Barbe en un seul, assuré par l'aménagement hydroélectrique de Pierre Bénite sur le Rhône, a entraîné l'abaissement du bief aval de l'ancienne écluse de Rochetaillée au point de ne plus permettre la navigation dans de

1- Photo aérienne depuis l'aval de l'écluse.

1- Aerial photo from downstream of the lock.

bonnes conditions puisqu'un mouillage suffisant n'y était plus assuré. Des travaux d'abaissement du radier de l'ancienne écluse auraient donc

été nécessaires, mais cette opération apparaissait alors aléatoire en raison du mauvais état des maçonneries. C'est pourquoi il a été décidé à l'époque de construire une nouvelle écluse en rive gauche, entre la maison éclusière et l'ancienne écluse⁽¹⁾ (figure 1).

Cependant, le maintien en service de l'ancienne écluse pendant les travaux de construction de la nouvelle écluse a conduit à l'implanter trop proche de la berge rive gauche. Le nouvel axe longitudinal, avec un angle limité à 6° par rapport à l'ancien pour ne pas pénaliser les conditions d'accès à l'amont,

n'offre pas de bonnes conditions pour les manœuvres d'entrée ou d'éloignement à l'aval en raison des courants de retour du barrage.

De plus, la longueur utile de son sas (184,50 m) reste un point pénalisant de l'itinéraire Rhône/Saône sur lequel circulent des convois poussés d'une longueur totale de 190,00 m (2 barges + pousseur). Cette situation oblige actuellement les transporteurs à adapter leurs convois (une seule barge ou un pousseur de longueur réduite, donc moins puissant) ou à désaccoupler les barges des convois lors du franchissement de l'ouvrage. Cette écluse se révèle donc très pénalisante pour les transporteurs pour lesquels il est difficile d'optimiser les conditions de transport de marchandises dans un contexte de croissance du trafic commercial vers le nord du bassin (développement des ports de Pagny, de Chalon-sur-Saône et de Macon).

La Direction Territoriale Rhône-Saône de Voies Navigables de France, basée à Lyon, a donc lancé un projet de rénovation de l'écluse en 2015 pour, d'une part, sécuriser l'approche des ouvrages par la construction d'un dispositif de guidage coté aval et pour, d'autre part, harmoniser la longueur utile de cette écluse avec celle des autres écluses de l'axe Rhône-Saône.

L'opération est financée dans le cadre d'un contrat de projet interrégional dont le financement est assuré par la Communauté Européenne, Voies Navigables de France (VNF) et la Région Rhône Alpes.

Les travaux devront être menés de manière à :

- Perturber le moins possible l'exploitation de l'écluse,
- Assurer la sécurité des usagers de la voie d'eau vis-à-vis des risques générés par les travaux,
- Assurer la sécurité des travailleurs sur le chantier vis-à-vis des risques générés par le passage des bateaux,
- Laisser libre la navigation en dehors des périodes de chômage⁽²⁾.

LA CONCEPTION

CNR Ingénierie a obtenu le mandat de maîtrise d'œuvre complète pour mener à bien cette opération. Les études préliminaires envisageaient :

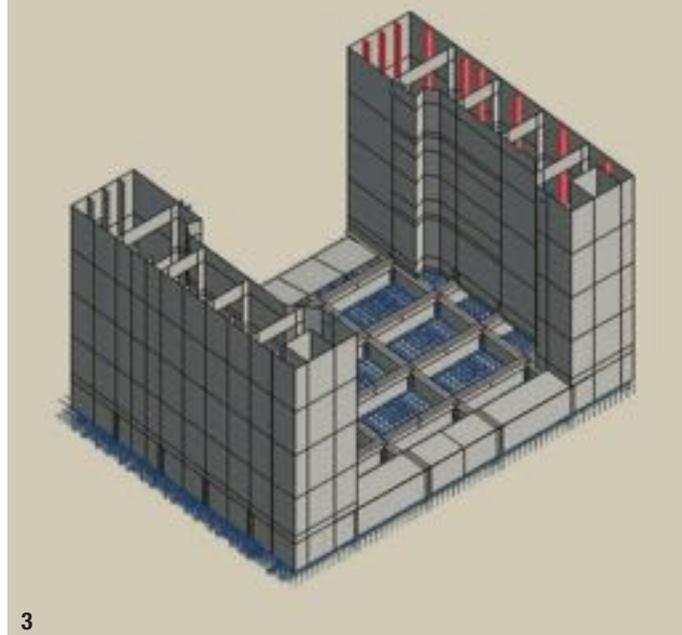
L'allongement du sas de l'écluse (figure 2)

Le principe retenu est un allongement du sas par l'aval, ce qui revient à reconstruire une nouvelle tête aval (allongement de l'ordre de 15 m) selon



2

VUE 3D DU CAISSON MÉTALLIQUE EN U



3

2- Vue en plan du projet.

3- Vue 3D du Caisson métallique en U.

2- Plan view of the project.

3- 3D view of the U-shaped steel caisson.

une des trois méthodologies suivantes du fait des fortes contraintes d'exploitation de la voie navigable :

- Allongement par immersion d'une structure béton amenée par flottaison puis échouée,
- Allongement par immersion d'une structure métallique amenée par flottaison puis échouée,
- Allongement par construction en place.

Les dispositions suivantes ont été retenues par le maître d'ouvrage VNF pour l'allongement du sas à l'issue des études d'avant-projet et de projet : La solution "structure béton amenée par flottaison" a été écartée dès l'avant-projet du fait de son tirant d'eau trop important et donc non adapté aux profondeurs de la rivière dans la zone de circulation et d'échouage.

Les deux autres solutions, "structure métallique amenée par flottaison" et "construction en place" ont été développées jusqu'au stade du projet.

Bien que proposée par les entreprises en solution variante, la solution de type "construction en place" déjà réalisée en 1995 dans le cadre de l'allongement de Clévant à Nancy, avec la mise en œuvre d'enceintes en palplanches à l'abri desquelles auraient été bétonnés les bajoyers, s'est avérée inadaptée en raison de l'affleurement du substratum calcaire.

Ainsi, c'est la solution de base proposée au DCE, qui consiste à amener par flottaison la nouvelle tête aval préfabriquée sous la forme d'un caisson métallique en U et à l'échouer devant la tête actuelle, qui a été retenue pour la construction.

Le guidage des bateaux à l'aval de l'écluse (figure 2)

Plusieurs épures du chenal de navigation ont dû être tracées afin d'essayer de concilier les recommandations des circulaires, les règles de l'art en matière de conception des chenaux de navigation avec les courbes naturelles de la Saône et l'implantation des ouvrages construits dans les années cinquante. Ces épures ont confirmé que les accès à l'écluse sont délicats de par leur aspect "hors norme" et aussi en raison des courants particuliers de la Saône au passage du barrage.

Le guidage aval retenu vise un double objectif : protéger l'allongement vis-à-vis des chocs de bateaux et aider l'utilisateur de la voie d'eau en favorisant son accès à l'écluse. Il comprend les ouvrages suivants :

- La construction d'un mur-guide en rive gauche présentant un guidage rectiligne d'environ 90 m de longueur aligné avec le bajoyer rive gauche de l'écluse.
- La construction d'une estacade en rive droite de 18 m de longueur totale avec un alignement rectiligne de 3 m avec le bajoyer rive droite de l'écluse et, en extrémité aval, une amorce d'environ 15 m de longueur inclinée formant ainsi une sorte d'entonnement avec le mur guide. ▷



4
© DR

La structure prévue est une solution "poutre sur pieux". Le plan de glissement des navires est constitué par des plaques verticales en béton armé préfabriquées qui prennent appui sur une poutre de couronnement et sur les pieux de fondation par l'intermédiaire de butées. Les plaques en béton sont équipées de plats métalliques incorporés au coulage afin de réduire le frottement entre les coques des bateaux et l'ouvrage de guidage. Grâce à la souplesse relative de la structure inhérente à la conception, l'énergie de choc des bateaux induite au moment du guidage est absorbée par la déformation élastique des pieux, ce qui réduit les risques d'avarie sur la coque des bateaux et les déformations irréversibles sur les structures.

Le marché de construction de l'allongement et des murs guides a été attribué à l'entreprise Tournaud (Vinci Construction France). Dans la suite de l'article, les propos ne concernent que

l'allongement de l'écluse qui constitue la singularité essentielle du projet.

LA CONCEPTION DU CAISSON METALLIQUE FLOTTANT

L'opération consiste en la réalisation d'un caisson métallique en U (figure 3), rempli de béton connecté à l'acier par le biais de goujons.

L'ouvrage, d'une longueur de 14,20 m, d'une largeur de 19,00 m et de 11,25 m de hauteur, est du type ouvrage mixte, c'est à dire que la charpente principale du caisson est constituée d'éléments participant à la résistance et à la stabilité de la structure. Le dimensionnement de la charpente métallique du caisson est rendu complexe par le grand nombre de phases provisoires inhérentes à la construction du caisson, à sa mise en flottaison, à son bétonnage et à son échouage. Le dimensionnement de la structure métallique est d'abord établi à l'ELS

**4- Mise à l'eau
du radier.**

**5- Transfert du
radier par voie
fluviale.**

**6- Structure mé-
tallique interne
des bajoyers.**

**4- Launching the
foundation raft.**

**5- Transfer of the
raft by waterway.**

**6- Internal steel
structure of the
lock walls.**

éléments de bajoyers et du montage de la porte.

→ Immersion de la structure par guidage et remplissage en eau.

→ Coulage en eau du béton dans le radier et les bajoyers. Le béton étant de type auto-plaçant, la poussée du béton frais à l'intérieur du caisson est déterminée comme une poussée hydrostatique sur plus de 7 m de hauteur en prenant une densité de 2,40 t/m³. Cette poussée est à l'origine d'un renforcement important de la structure métallique du caisson.

→ Travaux de finition sur le caisson mis à sec : dimensionnement du puits d'accès.

En phase définitive, le radier et les bajoyers travaillent en section mixte, le béton étant connecté aux tôles du caisson métallique.

Le dimensionnement de ces sections est alors établi à l'ELS et à l'ELU selon l'Eurocode 4.

et à l'ELU selon l'Eurocode 3 au regard des phases transitoires suivantes :

→ Levage et mise à l'eau du radier.

→ Enfoncement maximal de la structure non immergée, c'est-à-dire à l'achèvement de l'assemblage des



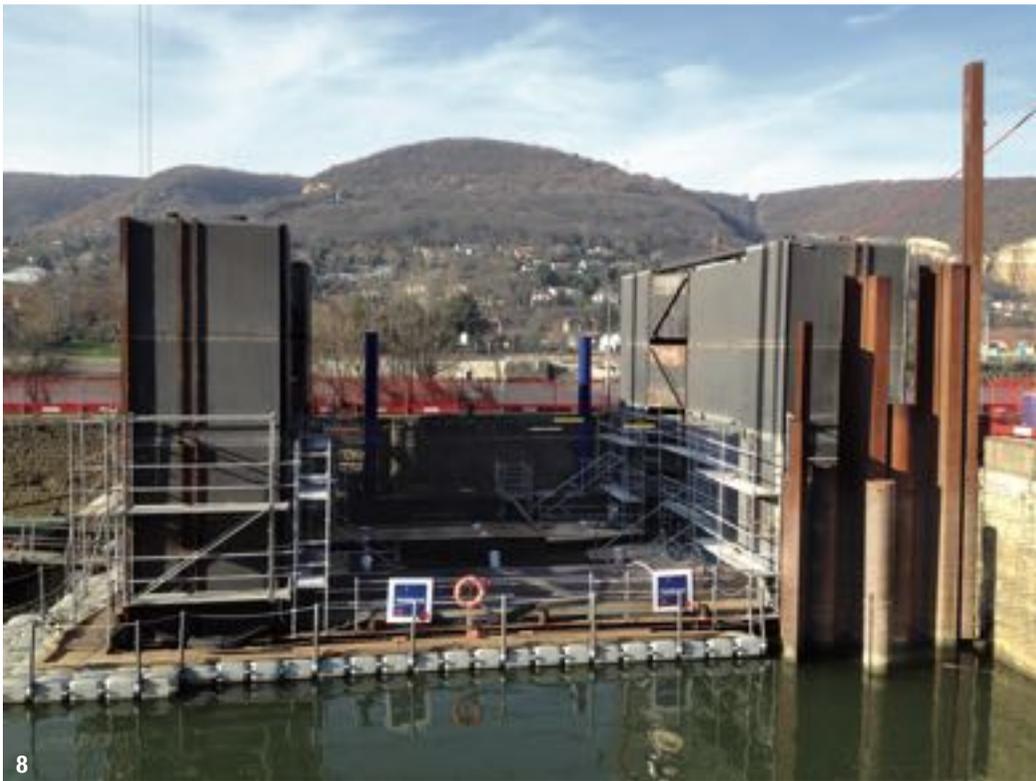
5



6



© DR 7



© DR 8

Des vérifications de la stabilité d'ensemble de la tête d'écluse sont ensuite effectuées comme les conditions de non glissement à l'interface caisson/béton de calage et à l'interface béton de calage/rocher, les conditions de non renversement et de non décompression du sol et les conditions de non poinçonnement du sol de fondation. La spécificité de l'ouvrage implique de vérifier également des conditions de non soulèvement sous l'effet des sous-pressions en l'absence d'eau à l'intérieur du sas. Le radier est alors susceptible d'être sollicité par une pression verticale ascendante.

7- Levage et assemblage des niveaux N3+4 sur le niveau N2.

8- Caisson assemblé dans l'ancienne écluse.

7- Lifting and assembly of levels N3+4 on level N2.

8- Assembled caisson in the old lock.

LES MÉTHODES D'EXECUTION

Une des grandes particularités de l'ouvrage réside dans sa méthodologie de construction complexifiée par la multitude de phases transitoires.

Préfabriquée en atelier, la structure métallique du radier est assemblée à terre et mise à l'eau au port Édouard Herriot à Lyon grâce à 2 grues de 500 t (figure 4).

Après la pose et l'assemblage du premier niveau des bajoyers, l'ensemble est transféré par voie fluviale (figure 5) jusqu'à l'ancienne écluse de Rochetaillée.

Chaque bajoyer métallique (figure 6) est constitué de quatre niveaux (N1 à N4) de 2,50 m de hauteur qui se composent :

- De tôles latérales de 10 mm d'épaisseur,
- D'une tôle amont de 20 mm d'épaisseur,
- D'une tôle aval de 10 mm d'épaisseur,
- Et de raidisseurs multiples, constitués de plaques d'épaisseur 10 mm évidées formant des diaphragmes transversaux.

Les niveaux N2, N3 et N4 sont ensuite levés et assemblés (figure 7) sur le radier en flottaison amarré dans le sas de l'ancienne écluse (figure 8) au moyen d'une soudure périphérique étanche au niveau des tôles enveloppes.

À cet instant de l'avancement des travaux de l'allongement, le caisson métallique est achevé et peut être équipé de la porte d'écluse et des batardeaux provisoires insérés dans les rainures de part et d'autre du sas afin de préparer l'échouage (figure 9). L'opération suivante consiste, pendant la période de chômage de la navigation de mars 2016, à déplacer le caisson face à l'écluse, à l'immerger dans sa position finale (figure 10) puis à bétonner l'interface entre le substratum préalablement purgé des alluvions et fermé par des gabions et la sous-face du radier (figure 11).

La période de chômage étant fixée au préalable et immuable, la méthode d'immersion doit permettre une pose du caisson quel que soit le niveau d'eau à l'aval de l'écluse car, en cette période de l'année, le risque de fluctuation est grand. La méthode d'échouage proposée par la Direction Technique d'Emcc (Vinci Construction France) pour le compte de Tournaud (Vinci Construction France) n'est donc pas basée sur un simple ballastage mais sur un principe de guidage par transfert progressif des charges sur quatre pieux supports insérés au préalable dans les bajoyers. Ce transfert se fait par l'intermédiaire de suspentes et de vérins annulaires disposés dans la charpente. Le ballastage à l'eau permet d'équilibrer immédiatement les sous-pressions lors de la descente en eau et de limiter ainsi les efforts sur les tôles.

Cette méthode présente l'énorme avantage d'être réversible jusqu'au bétonnage du radier. En cas de problème, il est possible de renflouer la structure en venant pomper dans les bajoyers et en remontant les suspentes (figure 11). ▷

CAISSON ASSEMBLÉ DANS L'ANCIENNE ÉCLUSE



9

DÉPLACEMENT ET ÉCHOUAGE DU CAISSON



10

Une fois la structure à la bonne profondeur et dans le bon alignement, une première phase de bétonnage vient combler l'espace entre le substratum rocheux et la sous face du radier ; puis l'eau est remplacée par le béton, dans le radier d'abord, puis dans les bajoyers (figure 12).

Une autre particularité du projet est de mettre en œuvre un béton structural auto-plaçant immergé. Cette contrainte a nécessité des études spécifiques de béton réalisées par le laboratoire béton de Vinci Construction France. Des maquettes ont été réalisées sur des

volumes de 50 litres de béton coulé dans des grands fûts métalliques remplis d'eau afin de qualifier le comportement du béton auto-plaçant sous eau et les reprises de bétonnage notamment celle prévue entre radier et bajoyers.

CONCLUSION

L'allongement de l'écluse de Rochetaillée constitue un défi majeur pour tous les acteurs du projet, à savoir le maître d'ouvrage VNF, le maître d'œuvre CNR et enfin, l'entreprise Tournaud. En effet, bien que plusieurs fois proposée dans des marchés, la construction

d'une tête d'écluse amenée par flottaison et échouée pendant une période de chômage constitue une première en France.

Ce défi comporte plusieurs étapes : La première, c'est de définir la liste exhaustive des sollicitations des charges sur la structure métallique durant l'ensemble des phases du chantier, de la mise en flottaison au port Édouard Herriot à l'échouage, en passant par les phases de poussage, de ballastage par de l'eau puis par du béton auto-plaçant, de transfert de charges sur les pieux et cela avec

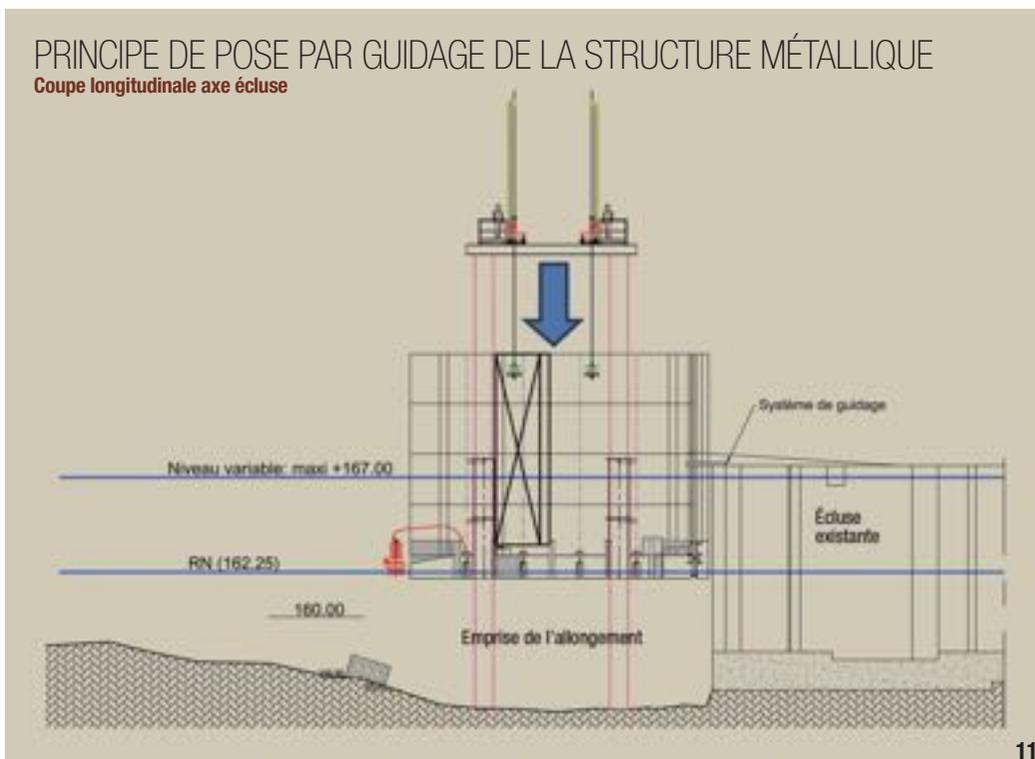
une faculté de réversibilité quel que soit le niveau d'eau.

La deuxième, c'est de concevoir un béton immergé auto-plaçant et participant à la structure puisque l'ouvrage est conçu comme une structure mixte acier/béton.

Ces deux premières étapes ont été franchies avec succès et le caisson construit et en flottaison dans l'ancienne écluse attend patiemment la troisième étape du défi, la période de chômage de mars 2016, pour être positionné et offrir enfin une nouvelle aire commerciale au trafic fluvial sur la Saône. □

PRINCIPE DE POSE PAR GUIDAGE DE LA STRUCTURE MÉTALLIQUE

Coupe longitudinale axe écluse



11

9- Caisson assemblé dans l'ancienne écluse.

10- Déplacement et échouage du caisson.

11- Principe de pose par guidage de la structure métallique - coupe longitudinale axe écluse.

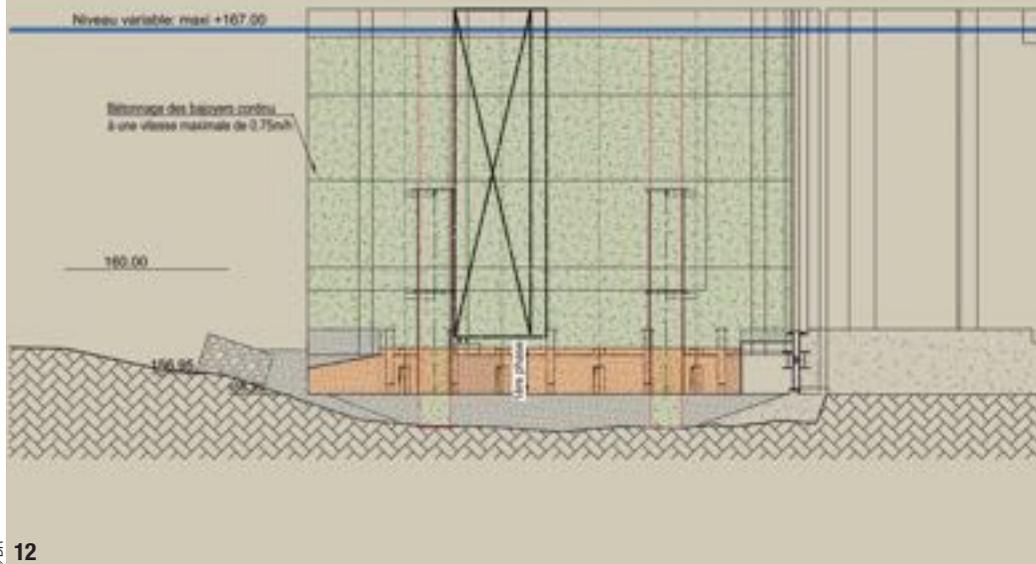
9- Assembled caisson in the old lock.

10- Moving and grounding the caisson.

11- Installation technique by guiding the steel structure - longitudinal section on lock centreline.

PRINCIPE DE BÉTONNAGE SOUS EAU DU RADIER ET DES BAJOYERS

Coupe longitudinale axe écluse



12- Principe de bétonnage sous eau du radier et des bajoyers - coupe longitudinale axe écluse.

12- Technique for underwater concreting of the foundation raft and lock walls - longitudinal section on lock centreline.

1- Le lecteur pourra trouver d'autres renseignements relatifs à la construction de l'écluse dans deux articles anciens publiés par la revue *Travaux* : R. Chamboredon et J. Costet - "La nouvelle écluse de Couzon" - *Travaux* - mai 1956 et R. Chamboredon, R. Coulomb et J. Winghar - "La nouvelle écluse de Couzon" - *Travaux* - août 1961.

2- Ces périodes de chômage correspondent à des arrêts de navigation complets de 10 jours, programmés annuellement sur les axes de navigation afin de réaliser la maintenance des écluses. Durant ces périodes, en général deux par an prévues en mars et en octobre, aucun bateau ne circule entre biefs. Elles sont immuables, les dates sont figées et ne peuvent être modifiées sous peine de pénalités élevées.

© DFC 12

PRINCIPALES QUANTITÉS

DÉROCTAGE EN EAU : 250 m³

CHARPENTE MÉTALLIQUE POUR LA CONSTRUCTION DU CAISSON : 200 t

ARMATURES MÉTALLIQUES : 43 t

BÉTON : 2 000 m³ dont 1 400 m³ coulés en eau

TUBE POUR PIEUX : 270 t

FORAGE DANS LE ROCHER : 135 m

PLATELAGE BOIS DU PARVIS BELVÉDÈRE : 1 000 m²

COÛT GLOBAL : 14 millions d'euros TTC

FINANCEMENT : Europe 7%, VNF 71%, Région Rhône-Alpes 22%

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Voie Navigables de France (VNF)

CONDUITE DE L'OPÉRATION :

VNF - Direction territoriale Rhône Saône

MAÎTRISE D'ŒUVRE :

CNR (Compagnie Nationale du Rhône) Ingénierie

CONTRÔLE EXTÉRIEUR GÉOTECHNIQUE, SOUDURE ET PEINTURE :

Cerema de Lyon

ENTREPRISES : Tournaud (mandataire), Zwahlen & Mayr, Mcc, Ducrocq, Soletanche Bachy

BUREAUX D'ÉTUDES MÉTHODES ET EXÉCUTION :

Direction Technique Emcc, Sgi Ingénierie, Sce, laboratoire béton de Vinci Construction France

ABSTRACT

LENGTHENING THE LOCK AT ROCHETAILLÉE-SUR-SAÔNE

FRÉDÉRIC AURY, EMCC - MATHIEU FERRIÈRE, CNR INGÉNIERIE

In light of the changing nature of convoys on the Saône River, lengthening of the Rochetaillée lock, north of Lyon, is an imperative commercial necessity for Voies Navigables de France, which operates the waterway. In September 2015, this contract, under project manager CNR Ingénierie, was awarded to the contractor Tournaud, a Lyon company of the Vinci Construction France group specialised in river works. Apart from improving the downstream guidance of boats by a flexible wall on piles, the main technical difficulty was to execute lengthening via prefabrication of the lock head, delivering it by floating and grounding it as an extension of the current lock, without impeding navigation. For the installation operation and for execution of mechanical continuity between the existing structure and the new head, navigation is neutralised for only 10 days, over a period at fixed dates. □

EXTENSIÓN DE LA ESCLUSA DE ROCHETAILLÉE-SUR-SAÔNE

FRÉDÉRIC AURY, EMCC - MATHIEU FERRIÈRE, CNR INGÉNIERIE

Habida cuenta de la evolución de los convoyes en el río Saona, la extensión de la esclusa de Rochetaillée, al norte de Lyon, constituye una necesidad comercial ineludible para la empresa operadora de la vía navegable, Voies Navigables de France. En septiembre de 2015, el promotor de la obra, CNR ingenierie, concedió este contrato a la empresa lionesa Tournaud, del grupo Vinci Construction France, especializada en obras fluviales. Además de la mejora del guiado aguas abajo de los barcos por un muro flexible sobre pilotes, la principal dificultad técnica consiste en realizar la extensión mediante una cabeza de esclusa prefabricada, transportada por flotación y encallada a continuación de la esclusa actual sin obstaculizar la navegación. La operación de instalación y la realización de la continuidad mecánica entre la construcción existente y la nueva cabeza supondrán una interrupción de la navegación de tan solo 10 días en el marco de un calendario inamovible. □



1

© FRANCE MACCAFERRI

OUVRAGES HYDRAULIQUES EN GABIONS POUR LA SÉCURISATION DU BASSIN VERSANT INSTABLE DES BOUISSES (06)

AUTEURS : ALEXANDRE PLASTRE, DIRECTEUR TECHNIQUE, FRANCE MACCAFERRI - BRUNO CÔTE, RESPONSABLE RÉGION SUD-EST, FRANCE MACCAFERRI

LA LIGNE FERROVIAIRE RELIANT NICE À BREIL-SUR-ROYA TRAVERSE, SUR LA COMMUNE DU PEILLON (06), LE VERSANT DES BOUISSES SOUMIS À UN GLISSEMENT ACTIF MENAÇANT SA STABILITÉ D'ENSEMBLE. CE PHÉNOMÈNE EST AGGRAVÉ PAR L'ÉROSION GÉNÉRÉE EN PIED DE VERSANT PAR LE TORRENT DU PAILLON AINSI QUE PAR LES ÉCOULEMENTS SUPERFICIELS PROVENANT DES DISPOSITIFS DE DRAINAGE DE LA VOIE FERRÉE. UNE PROTECTION DE BERGES DU TORRENT AINSI QUE DES DESCENTES D'EAU EN GABIONS ONT ÉTÉ RÉALISÉS AFIN DE LIMITER LES ÉROSIONS SUPERFICIELLES ET AINSI RALENTIR LE PHÉNOMÈNE DE GLISSEMENT.

UN CONTEXTE GÉOLOGIQUE DÉLICAT

Le versant des Bouisses, d'une hauteur d'environ 350 m est caractérisé par la superposition de couches géologiques d'une dizaine de mètres de la famille des calcaires.

Le pendage défavorable de ces bancs calcaires est élevé et atteint localement 90° (figure 2).

Dans la partie inférieure du versant se trouve le tracé de la voie SNCF, située une cinquantaine de mètres au-dessus de la rivière du Paillon.

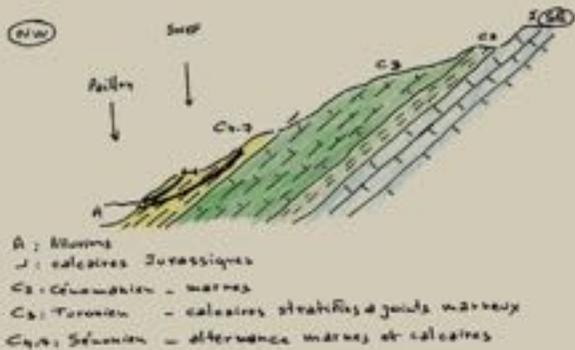
1- Ensemble de la protection.

1- Protection system.

Des signes de glissement sont visibles dans la partie inférieure du versant, d'une dizaine de mètres au-dessus de la voie ferrée au cours d'eau.

En novembre 2000, un glissement en pied de versant a généré un embâcle en rive gauche du Paillon, déviant les

COUPE GÉOLOGIQUE SCHÉMATIQUE DU VERSANT



© SNCF
2

écoulements en rive droite ce qui a, par la suite, causé la destruction de la culée du pont en aval. Dans un premier temps, des enrochements ont été mis en place en rive droite et le pont a été reconstruit à l'aval.

L'étude géotechnique spécifique réalisée par le Cete Méditerranée en 2011 a permis de mieux comprendre les mécanismes en jeu dans l'instabilité du versant.

Par l'analyse de données physiques (mesures de tassements, déplace-

2- Coupe géologique schématique du versant.

3- Différents types d'ouvrages réalisés.

2- Schematic geological cross section of the slope.

3- Various types of structures executed.

ments, données inclinométriques, etc.) et photographiques aériennes (comparaison de photographies de 1955, 1964, 1999 et 2004), l'étude a mis en évidence l'existence de plusieurs glissements emboîtés dans le versant, ayant des vitesses, des amplitudes et des profondeurs variables. Ils sont résumés dans le tableau A.

Ces différents glissements ont une évolution cyclique avec cependant « une dérive générale non réversible ». L'action de l'eau superficielle ou souterraine est un facteur aggravant dans la cinétique des glissements :

- 1- Les eaux de ruissellement occasionnent une érosion des terrains superficiels ;
- 2- Les eaux souterraines occasionnent des variations du niveau de la nappe dans le versant, générant une saturation/désaturation des terrains ;
- 3- L'écoulement dans le Paillon génère une action mécanique d'affouillement du pied du versant.

En novembre 2000, le glissement aval a fait suite à une pluviométrie exceptionnelle ayant généré un effet de sape de la rivière (réduction de la butée de pied) et une saturation des terrains ayant réduit leurs propriétés géo-mécaniques.

En conclusion de l'étude, il est conseillé d'endiguer le Paillon tout en créant un réseau d'assainissement pérenne du bassin versant. L'objectif des travaux était de stabiliser le glissement aval superficiel du talus.

NATURE DES TRAVAUX

Sur la base des recommandations de l'étude géotechnique, plusieurs familles d'ouvrages ont été réalisées (figure 3) :

- Un endiguement des berges du Paillon avec la création d'un mur de soutènement et d'une protection contre l'affouillement en pied de mur ;
- La réalisation de descentes d'eau de la plateforme ferroviaire jusqu'au cours d'eau du Paillon ;
- Une protection superficielle contre l'érosion réalisée par des tapis antiérosifs de type *bionatte*.

Au stade travaux, la Forézienne d'Entreprises (Eiffage), titulaire du marché, s'est appuyée sur l'expertise de France Maccaferri dans la lutte contre l'érosion pour dimensionner et fournir les structures nécessaires à la réalisation de l'endigement et des descentes d'eau.

ENDIGUEMENT

La butée de pied du versant en rive gauche a été réalisée par un ouvrage de soutènement de type mur poids en gabions double torsion. Le mur en gabions est composé de cages de section 2 m x 1 m de hauteur empilées sur une hauteur variable entre 2 et 3 m, décalées de 25 cm à chaque niveau. Cet ouvrage est protégé en pied par un dispositif anti-affouillement en matelas Reno® de 30 cm d'épaisseur de 7 m de longueur, 2 m étant disposés sous la base du mur gabion et 5 m placés dans le lit de la rivière. En partie supérieure de mur, un talus à 3H/2V sur 6 m de rampant est également protégé par un matelas Reno® (figure 4). Ce dernier effectue un retour à plat en tête de 2 m sur lequel un gabion de section 1 m x 1 m est disposé. La définition géométrique (hauteur et redans) de l'ouvrage en gabions s'est faite en respectant la section hydraulique nécessaire pour évacuer les écoulements du Paillon en période de crue, le respect strict de l'enveloppe de l'ouvrage était nécessaire. Les gabions utilisés sont en grillage à maille hexagonale double torsion type 8x10 ayant un fil plastifié de diamètre 2,7/3,7 mm, spécialement choisis pour leur souplesse permettant de s'adapter à d'éventuels tassements en fondation sans compromettre leur résistance interne.

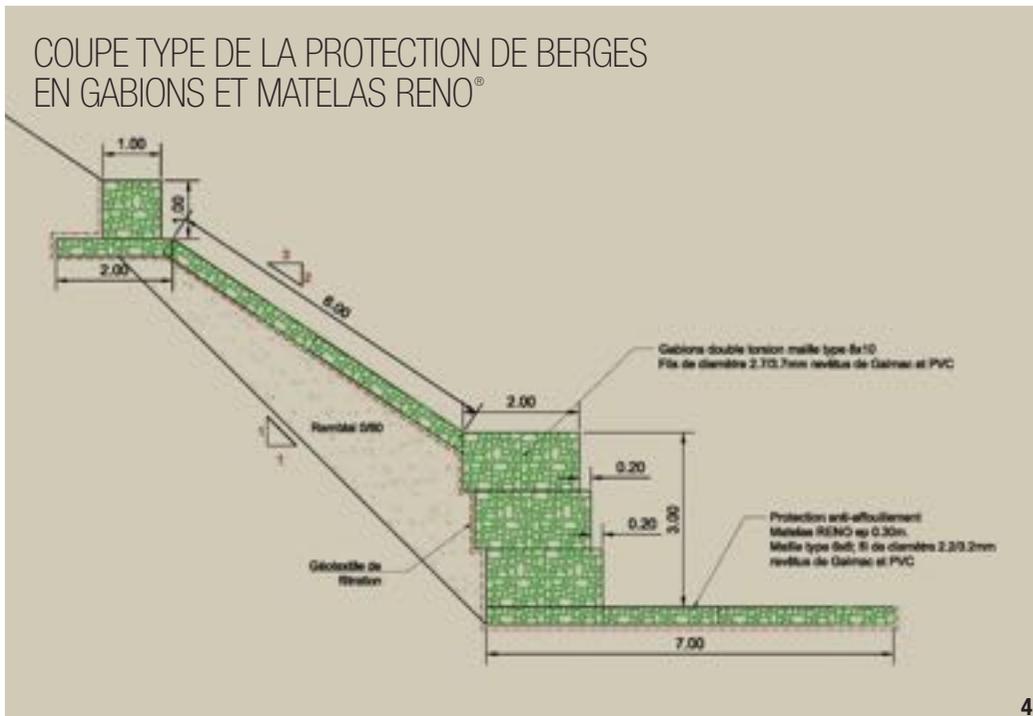


© EIFFAGE
3

TABLEAU A :

	Localisation	Profondeur	Vitesse
Grand glissement	Au droit de la plateforme ferroviaire	Grande profondeur (18 à 23 m)	Très lent (2 mm/an)
Glissement aval	En pied du versant	Moyenne profondeur (environ 10 m)	Très lent à lent (4 mm/an)
	Entre la plateforme ferroviaire et le Paillon	Glissement superficiel (terrains de couvertures - 3 à 6 m)	Moyennement lent (7 mm/an)

COUPE TYPE DE LA PROTECTION DE BERGES EN GABIONS ET MATELAS RENO®



4

© FRANCE MACCAFERRI

4- Coupe type de la protection de berges en gabions et Matelas Reno®.

5- Coupe longitudinale de principe des descentes d'eau.

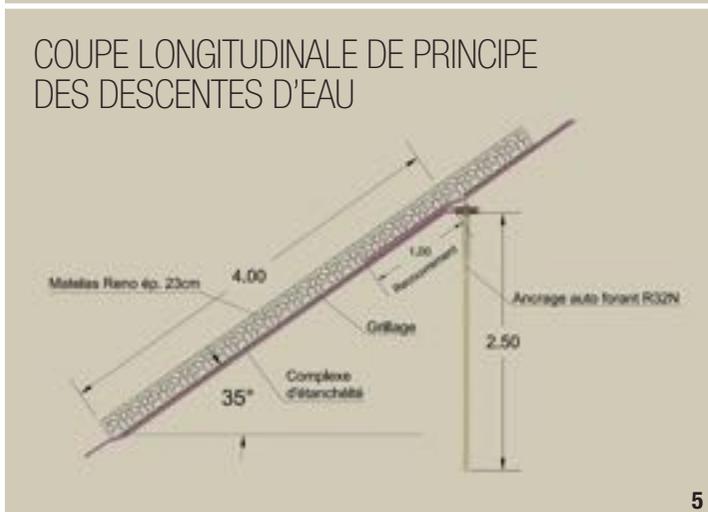
6-Mise en place en tuile de la géomembrane.

4- Typical cross section of bank protection with gabions and Reno® mattresses.

5- Schematic longitudinal section of water down-comers.

6-Positioning the geomembrane liner in tiles.

COUPE LONGITUDINALE DE PRINCIPE DES DESCENTES D'EAU



5

© FRANCE MACCAFERRI

Les matelas Reno®, caractérisés par la présence de doubles diaphragmes obtenus par pliage d'une seule nappe de grillage constituant les côtés, le fond et les diaphragmes, ont été choisis pour s'adapter aux ruptures de pente du terrain (partie supérieure au mur) et leur résistance aux sollicitations hydrauliques. Seuls les matelas fabriqués avec cette technologie pouvaient être mis en place sur des talus avec une pente aussi forte.

Les matelas Reno® sont en maille type 6x8 et fil plastifié de diamètre 2,2/3,2 mm. Les matelas sont liaisonnés par agrafage au mur gabions et le protègent contre le risque d'affouillement de la fondation en s'enfonçant progressivement à leur extrémité libre, bloquant ainsi l'érosion générée en bordure de protection.

Les structures sont fabriquées selon la norme NF EN 10223-3 et font l'objet d'une certification volontaire NF acier qui garantit une maîtrise et une conformité de la qualité du produit fini aux exigences d'un référentiel strict.

Le grillage constitutif des structures est constitué de fils d'acier revêtus de Galvalum (Alliage Zinc 95% - Aluminium 5% + métaux rares et mishmétal) - ayant une résistance à la corrosion 3 à 4 fois supérieure à celle d'un revêtement zinc traditionnel - et d'une gaine en PVC de 1 mm d'épaisseur afin d'augmenter la résistance à la corrosion du fil dans un contexte hydraulique agressif, conformément à la NFP 94 325-2 traitant de la mise en œuvre de ces structures en milieu aquatique.

Ce revêtement procure au produit une durée de vie de 120 ans en



6

© SYSTRA

7- Schéma du détail de l'ancrage en tête de tronçon de descente d'eau.

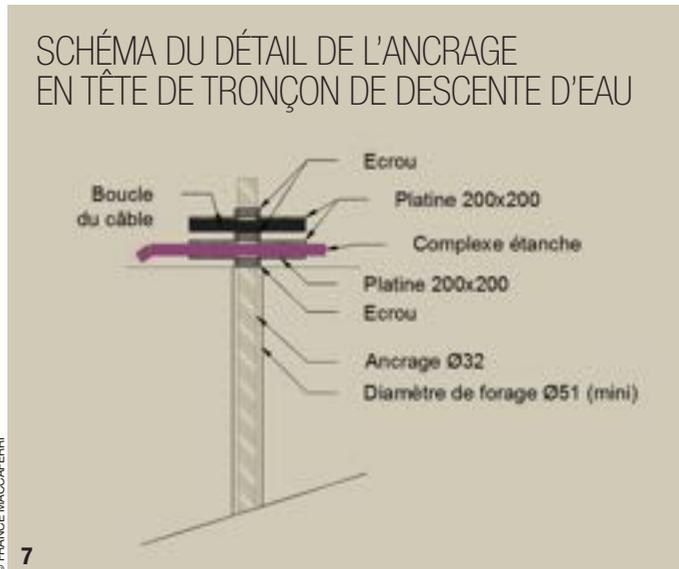
8- Ancrage en tête de tronçon de descente d'eau.

9- Utilisation de pelle à long bras.

7- Detailed diagram of anchoring at the head of the water downcomer section.

8- Anchoring at the head of the water downcomer section.

9- Using a loader fitted with an extension boom.



conditions humides, selon la norme NF EN 10223-3.

Le dimensionnement du mur en gabions a été réalisé conformément à la norme NFP 94-281 d'avril 2014, norme d'application des Eurocodes 7 pour les ouvrages de soutènement de types « Murs ». Cette norme prévoit, outre les vérifications habituelles de stabilité (glissement sur la base, poinçonnement, stabilité générale) des vérifications de stabilité interne.

Pour les murs en gabions, l'annexe E est spécifiquement dédiée aux ouvrages en gabions et prévoit notamment les vérifications de glissement entre blocs, du renversement d'une partie de l'ouvrage, de résistance à la compression et au cisaillement.

Ces deux dernières vérifications doivent s'effectuer sur la base d'essais spécifiques en laboratoire permettant de caractériser la résistance d'un matériau composite qui comporte une enveloppe grillagée spécifique et un matériau de remplissage.

DESCENTES D'EAU

Sur la zone concernée par l'aménagement, deux descentes d'eau étaient prévues au marché de façon à évacuer les eaux collectées par le caniveau de la voie SNCF vers le cours du Paillon. Afin d'éviter tout risque d'infiltration d'eau dans les colluvions, les ouvrages hydrauliques devaient être étanchés. ▷

La descente d'eau nord présente une longueur d'environ 100 m avec des pentes variant entre 25 et 45° et la descente d'eau sud une longueur de 30 m pour des pentes de l'ordre de 30 à 35°.

Les matelas Reno® se sont avérés être la solution technique la plus appropriée en permettant de réduire le volume des matériaux (économie d'environ 150 t par rapport aux enrochements) dans un contexte d'accès et de mise en œuvre difficile pour les hommes et les matériels.

Le complexe étanche a, quant à lui, été réalisé à l'aide d'une géomembrane en PEHD, protégée par deux géotextiles de protections de 800 g/m² placés en sandwich pour éviter la perforation de la membrane.

L'interaction entre le complexe étanche et les matelas Reno® étant très peu frottante (coefficient d'interaction estimé à $\delta=12^\circ$), il a été nécessaire de dimensionner un dispositif de retenue des matelas sur la pente (figure 5). Un système innovant a été mis en place consistant à retenir le matelas, par tronçons de 4, 6 ou 8 m selon la pente, par un grillage double torsion agrafé en sous face des matelas. Le grillage est quant à lui maintenu en tête de tronçon par un câble de diamètre 16 mm placé transversalement à l'axe de la descente d'eau. Le grillage effectue un retour sur lui-même autour du câble sur une distance d'environ 50 cm et un agrafage des deux lés est réalisé. Le câble de tête est fixé au talus par le biais de trois ancrages auto-forants de diamètre 32 mm de 2,50 m de longueur, placés aux deux extrémités et au centre du câble.

Afin d'assurer la continuité de l'étanchéité entre chaque tronçon, un système a été spécialement étudié pour le projet : la géomembrane est installée « en tuiles » avec un recouvrement de 1 m entre les tronçons (figure 6). En tête de tronçon, elle est fixée aux ancrages auto-forants par l'intermédiaire de 2 platines et de 2 écrous servant de mors et évitant ainsi le fluage du polymère autour de la tête d'ancrage (figures 7 & 8).

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Les travaux ont été réalisés dans un contexte géotechnique compliqué avec des pentes importantes et la difficulté de réaliser des terrassements sans compromettre la stabilité de l'ensemble du massif. Le mur de pied, dont l'emprise est importante et dont l'accès ne peut se faire que par l'aval, a néces-



10 © EIFFAGE

10- Descente d'eau en cours de réalisation.

11- En cours de montage des structures gabions.

12- En cours de montage des matelas Reno®.

10- Water down-comer being executed.

11- Assembly of gabion structures in progress.

12- Assembly of Reno® mattresses in progress.



11

© SYSTRA



12

© EIFFAGE



© FRANCE MACCAFERRI

13

sité l'utilisation de pelles à long bras (figure 9). Un phasage spécifique a dû être étudié pour permettre la réalisation de l'ouvrage sans avoir à circuler sur les matelas Reno®.

Pour les descentes d'eau, des pelles araignées ont été déployées pour exécuter les travaux de terrassements et le recours à des hélicoptères a même été nécessaire pour approvisionner en matériaux de remplissage les matelas Reno® des descentes d'eau situés dans les tronçons les plus pentus (figure 10). La mise en œuvre des structures gabions et matelas Reno® (figures 11 & 12) a été faite en conformité avec les normes d'exécution des gabions NFP 94-325-1&2 qui prévoient notamment tous les dispositifs relatifs à une installation dans les règles de l'art ; parmi ceux-ci, on peut citer :

13- Ensemble de l'aménagement.

13- The complete development scheme.

- La mise en œuvre de tirants reliant la face avant à la face arrière du gabion à raison de 4 u/m² ;
- L'utilisation de gabarits de montage permettant de coffrer la face avant lors du remplissage de la structure ;
- Le respect d'un phasage de remplissage.

CONCLUSION

Le recours à une technique souple et modulable en gabion et matelas Reno® a permis de relever les défis techniques liés aux contraintes géotechniques et d'accessibilité sur site tout en assurant une intégration paysagère réussie de l'aménagement (figure 13). □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : SNCF Réseau - Ingénierie et Projets Méditerranée - Agence Projets PACA

MAÎTRE D'ŒUVRE : Systra Marseille

ENTREPRISE DE TERRASSEMENT : Société Forézienne d'Entreprises (groupe Eiffage) - Agence Sud - Zone Méditerranée

FOURNISSEUR DES GABIONS/MATELAS RENO® : France Maccaferri

PRINCIPALES QUANTITÉS

GABIONS : 1 500 m³

MATELAS RENO® : 3 700 m²

ANCRAGES AUTO-FORANTS : 104 u de 2,50 m

ABSTRACT

GABION HYDRAULIC STRUCTURES TO SECURE THE UNSTABLE CATCHMENT AREA OF LES BOUISSES

ALEXANDRE PLASTRE, MACCAFERRI - BRUNO CÔTE, MACCAFERRI

The catchment area of Les Bouisses, crossed by the railway track linking Nice to Breil-sur-Roya, is characterised by the presence of several interlinked landslips, of variable depths and speeds. The fastest surface slip is related to the action of water by phenomena of surface erosion and undermining of the base of the slope by the Paillon River. In order to block this slip, a levee was built on the watercourse and water downcomers were executed with gabions and Reno® mattresses developed by France Maccaferri. □

CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS CON GAVIONES PARA LA PROTECCIÓN DE LA CUENCA DE CAPTACIÓN INESTABLE DE BOUISSES

ALEXANDRE PLASTRE, MACCAFERRI - BRUNO CÔTE, MACCAFERRI

La cuenca de captación de Bouisses, que atraviesa la línea ferroviaria que pone en comunicación Niza y Breil-sur-Roya, se caracteriza por la presencia de varios deslizamientos de terreno encajados, de profundidades y velocidades variables. El deslizamiento superficial más rápido está relacionado con la acción del agua por fenómenos de erosión superficial y socavamiento del pie de la ladera por el río Paillon. Para bloquear este deslizamiento se ha encauzado el curso de agua y se han realizado bajantes de agua con gaviones y colchones Reno® desarrollados por France Maccaferri. □



1
© ARCADIS

CONFORTEMENT DU QUAI DE PORT-AUX-FRANÇAIS AUX ÎLES KERGUELEN

AUTEURS : BERTRAND HARPIN, CHEF DE PROJET, ARCADIS - ALAIN GÉLY, TECHNICIEN SUPÉRIEUR GÉOLOGUE, ARCADIS - ALEXANDRE MONDOLO, CONDUCTEUR DE TRAVAUX, MERCERON TP

L'ARCHIPEL SUBANTARCTIQUE DES ÎLES KERGUELEN SE SITUE À 3400 KM AU SUD-EST DE L'ÎLE DE LA RÉUNION. À PORT-AUX-FRANÇAIS, L'UNIQUE QUAI D'ACCOSTAGE DE L'ARCHIPEL PRÉSENTAIT DE NOMBREUX DÉSORDRES. POUR SÉCURISER CET OUVRAGE QUI PERMET LE RAVITAILLEMENT DE LA BASE, LA COLLECTIVITÉ DES TERRES AUSTRALES ET ANTARCTIQUES FRANÇAISES (TAAF) DEVAIT LE RÉHABILITER.

Le quai de Port-aux-Français (PAF) était en très mauvais état et le temps était venu de prolonger durablement la vie de cet ouvrage essentiel pour le ravitaillement d'une des bases françaises les plus isolées du monde.

Dès le début, l'option d'une reconstruction complète, trop lourde en organisation et trop coûteuse, fut écartée. Le choix fut donc de le restaurer (figure 1) avec pour objectif d'améliorer les conditions d'accostage et de manutention des marchandises.



1- Vue générale de la portion de quai restaurée.
2- Éléphant de mer traversant la route menant au quai.

1- General view of the restored portion of the wharf.
2- Sea elephant crossing the road leading to the wharf.



3- Vue générale du quai. La poutre de couronnement des palplanches est déconstruite sur le linéaire de quai devant être restauré.

4- Avant les travaux, le bord du quai est très endommagé.

5- Durant les tempêtes, l'angle Sud du quai et le mur en retour sont soumis aux assauts des fortes houles naissant dans le Golfe du Morbihan.



3- General view of the wharf. The sheet piling capping beam is deconstructed over the length of wharf to be restored.

4- Before the works, the edge of the wharf is severely damaged.

5- During storms, the southern corner of the wharf and the side wall are assailed by the strong swells coming from Morbihan Gulf.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

SITUATION

Dans le vaste océan Austral, l'archipel de Kerguelen s'étend en bordure des cinquantièmes rugissants. Composé d'une grande île et de plus de 300 îles et îlots couvrant une superficie totale équivalente à la Corse, il présente 2800 km de côtes et concentre des colonies importantes de mammifères marins (figure 2).

L'île principale, en partie recouverte à l'ouest par une calotte glaciaire, compte de nombreux fjords et de multiples baies dont la plus grande est le Golfe du Morbihan. L'archipel n'est accessible que par la mer.

Le ravitaillement de la base, l'enlèvement des déchets et le renouvellement des personnels se font au départ de la Réunion par le Marion Dufresne, le navire des Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF).

CADRE GÉOPOLITIQUE ET ADMINISTRATIF

Créé par la loi du 6 août 1955, les TAAF bénéficient d'une autonomie administrative et financière. L'ensemble est placé sous l'autorité de l'Administrateur Supérieur des TAAF qui relève du Ministère de l'Outremer.

PORT-AUX-FRANÇAIS

La station de Port-aux-Français est ins-

tallée sur la rive orientale du Golfe du Morbihan, à l'est de la Grande Terre. Elle abrite, suivant la saison, une population de 45 à 120 personnes.

Le climat y est subpolaire océanique avec une température moyenne d'environ 5°C.

En plus des moyens logistiques nécessaires à son fonctionnement et d'un petit hôpital, la base abrite des laboratoires scientifiques et des installations techniques.

Lors des ravitaillements, le Marion Dufresne jette l'ancre dans le Golfe du Morbihan à 700 m du quai, le chaland L'Aventure II se chargeant de faire la navette pour transporter colis et containers.

LE QUAI DE PORT-AUX-FRANÇAIS

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Depuis son angle Sud, le quai présente une ligne d'accostage orientée Ng 30°, avec un retour orienté Ng 300° (figure 3). Il permet :

- La mise bord à quai du chaland ;
- Le positionnement et le déplacement des engins de manutention ;
- Le stockage des marchandises en transit.

Avant les travaux, il était constitué d'un rideau de palplanches de type Larsen II couronné d'une poutre en béton armé.

Sa dalle en béton armé de 1 000 m² environ offrait 49 m pour l'accostage et 30 m de mur en retour.

HISTORIQUE

Un premier quai de fortune fut édifié en 1952 mais il fut tout de suite emporté par les houles.

Après des reconstructions en 1953 et 1958, sur une base d'éléments en béton préfabriqués coiffés de voiles en béton armé, la dalle du quai se retrouva supportée par un ensemble de caissons remplis de remblai. Mais, dès 1966, l'ouvrage, de nouveau abîmé, dut être enfermé à l'arrière d'un rideau de palplanches lequel fut conforté côté Ouest et équipé d'anodes galvaniques en 1996.

PATHOLOGIES

Après plus de 40 années d'exploitation, le quai présentait un état de vétusté avancée. Plusieurs études et diagnostics menés dans les années 2000 avaient constaté les désordres suivants :

Défaut d'ancrage des palplanches

Les palplanches furent mises en œuvre jusqu'à des refus probablement obtenus sur des galets, les documents d'archives rendant compte de longueurs d'ancrage très faibles. Un relevé bathymétrique récent, réalisé par les TAAF, révéla un approfondissement des fonds. Par endroit, l'ancrage du rideau était quasi nul.

Dégradation de la poutre de couronnement

Sous la poutre de couronnement, de gros pneus suspendus à des chaînes arrimées aux bittes d'amarrage jouaient le rôle de défenses d'accostage (figure 4).

Leurs mouvements sous l'action de la houle provoquaient le raclement des chaînes sur la poutre, au point de mettre son ferrailage à nu (ragage).



6

© ARCADIS

Remblais décomprimés

Des essais d'impédance mirent en évidence des défauts de contact entre la dalle du terre-plein et les remblais sous-jacents.

La présence de vides et de remblais décomprimés, surtout à proximité des palplanches, a été confirmée par la réalisation de carottages.

Retour du quai soumis à fortes contraintes

Les directions de la houle dans le Golfe du Morbihan font que c'est le retour du quai qui subit le déferlement des vagues (figure 5).

Les sollicitations dynamiques sont donc très importantes sur cette partie de l'ouvrage, ce dernier pouvant être submergé lors des fortes tempêtes.

6- Au premier plan, la grue décharge le chaland. En arrière-plan, le Marion Dufresne.

7- Houle de vent aux abords du quai.

6- In the foreground, the crane unloads the barge. In the background, the Marion Dufresne.

7- Wind swell in the surrounds of the wharf.

LES PRINCIPALES CONTRAINTES

ACCESSIBILITÉ - PLANNING

Le Marion Dufresne (MD) ravitaillant la base 4 fois par an seulement (en mars, septembre, novembre et décembre), l'amenée-repli du matériel et des personnels, ainsi que l'évacuation des déchets du chantier, ne pouvaient se faire que lors de ces rotations.

Les temps de navigation, d'escale et d'immobilisation du matériel devaient être pris en compte, soit 11 jours pour le trajet Réunion-Kerguelen via Crozet et 12 jours pour le retour via l'île d'Amsterdam.

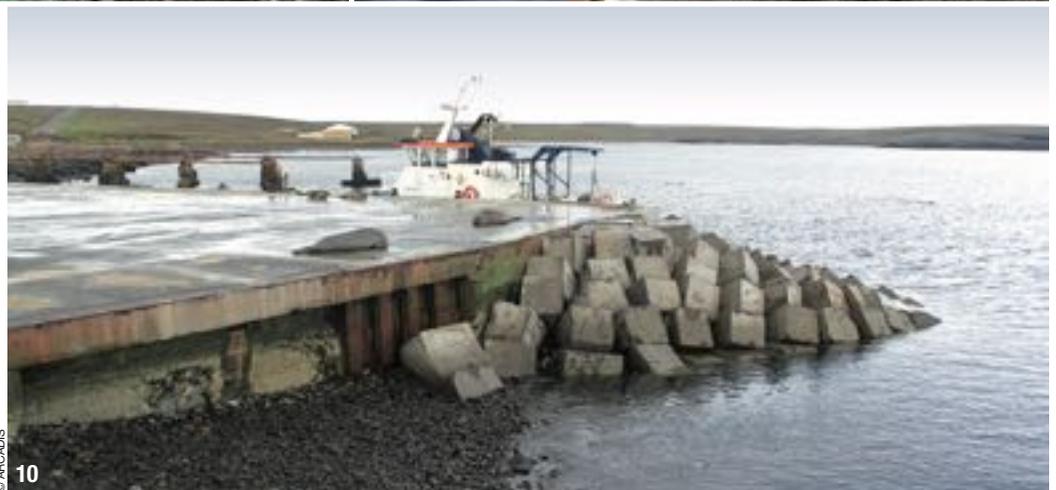
MANUTENTION

Tous les matériels et matériaux allant à PAF doivent être embarqués à La



7

© ARCADIS



8- Purge des gros blocs contenus dans les caissons en béton armé pour faciliter la foration des micropieux.

9- Les premiers éléments préfabriqués sont posés.

10- L'Aventure II à quai. Au premier plan, l'aspect de l'enrochement protégeant l'angle du quai et une partie du mur en retour.

8- Removal of the large blocks contained in the reinforced concrete caissons to facilitate micropile drilling.

9- The first prefabricated elements are installed.

10- Adventure II at the wharf. In the foreground, the appearance of the riprap protecting the corner of the wharf and part of the side wall.

Réunion sur le MD. Celui-ci, une fois arrivé, les transborde sur le chaland venu à couple, qui, d'une capacité de 30 t, les transfère jusqu'au quai où ils sont déchargés par la grue mobile de la base (figure 6). Cette dernière, une PPM A300, avec sa capacité de 11,2 t pour 7 m de portée, définit la charge maximale sur la chaîne de manutention. En fonction de la météo et du programme de l'opération de ravitaillement, il arrive que les colis pesant moins de 750 kg soient amenés à terre par l'hélicoptère, un Écureuil B2.

MATÉRIEL POUVANT ÊTRE MOBILISÉ PAR LES TAAF

Compte-tenu de l'isolement du site, les travaux devaient se faire en utilisant en priorité les matériels et engins déjà présents à PAF, à savoir :

- La grue PPM A300 ;
- Un Manitou télescopique ;
- Une chargeuse Caterpillar 924 Gz ;
- Un tractopelle Caterpillar 928D équipé marteau Krupp (BRH) ;
- Une pelleteuse Liebherr R317 Litronic équipée d'un marteau Krupps (BRH) ;
- Quatre tracteurs John Deere ;
- Un moyen nautique type Zodiac.

Tout engin complémentaire nécessaire aurait dû respecter les règles de colissage du MD et les capacités de la grue.

ABSENCE DE GRANULAT SUR SITE

Si une carrière avait bien été ouverte à PAF, elle n'est plus en activité. Ainsi, pour les travaux courants sur la base, tous les matériaux de construction sont approvisionnés depuis la métropole ou depuis l'île de La Réunion.

LES PARTIES D'AMÉNAGEMENT LES HYPOTHÈSES

La marée

Voir le tableau A.

L'agitation

Les houles au large des Kerguelen proviennent du secteur Ouest ou Sud-Ouest. Une modélisation hydrodynamique a montré que ces houles, en pénétrant dans le Golfe du Morbihan, provoquent un clapot négligeable aux abords du quai de PAF. En revanche, celles de vent levées dans le Golfe, en considérant un fetch⁽¹⁾ d'environ 20 km, présentent régulièrement des hauteurs de l'ordre de 2 m (figure 7).

Pour la justification des structures vis-à-vis des sollicitations dynamiques, il a été considéré une hauteur de vague de 1,6 m avec une période 4,7 s.

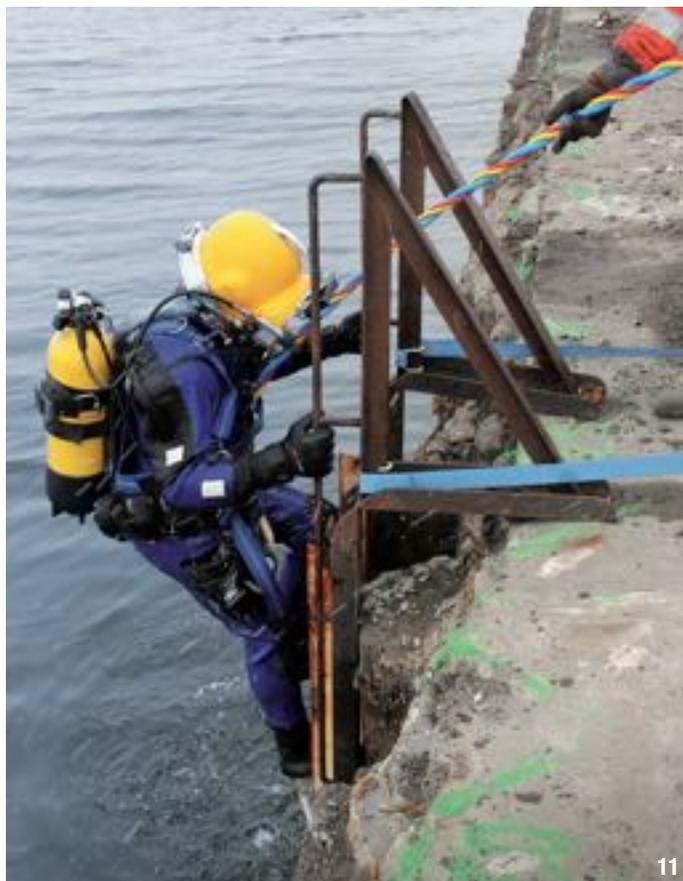
Caractéristiques géotechniques

PAF se situe sur des dépôts morainiques de piedmont qui recouvrent le substratum basaltique au sud et à l'est de la Péninsule Courbet. Ces dépôts grossiers, de type graviers et galets, sont de faible épaisseur au niveau du quai. Les rares investigations géotechniques réalisées sur le quai mettent en évidence au pied de l'ouvrage la succession lithologique suivante (profondeur en mètres à partir du fond) :

- 0,0 à 0,5 m, un horizon de gros galets ;
- 0,5 à 0,9 m, un mélange de sables et de graviers ;
- À partir de 0,9 m, un horizon vasard d'épaisseur variable posé sur du basalte.

TABLEAU A : LA MARÉE

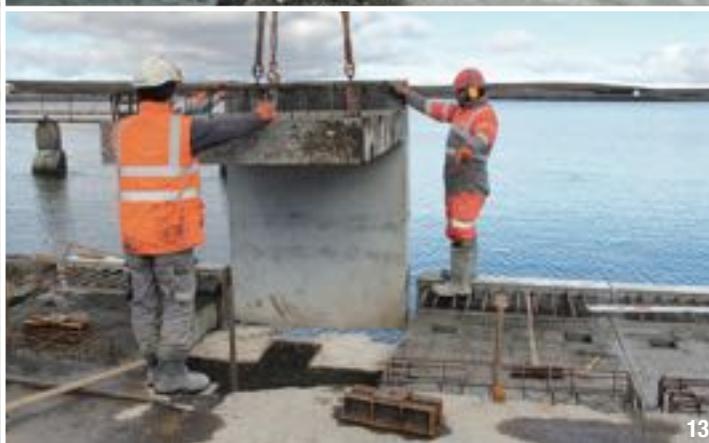
Marée	Coefficient	Pleine Mer (m CM)	Basse Mer (m CM)	Marnage (m)
Vives eaux exceptionnelles	120	+2,26	+0,22	2,04
Vives eaux moyennes	95	+1,95	+0,50	1,45
Mortes eaux	45	+1,55	+0,90	0,65



11



12



13

Le bateau projet

Le navire dimensionnant pour l'exploitation du quai est le chaland L'Aventure II qui assure les transbordements entre le MD et le quai. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Longueur : 18 m ;
- Largeur : 6 m ;
- Tirant d'eau chargé de 30 t : 1,2 m.

LES SOLUTIONS RETENUES

Les désordres observés étaient principalement situés dans la zone où l'exploitation est la plus intense, soit sur une trentaine de mètres à partir de l'angle Sud du quai. Les hauteurs d'eau y sont les plus importantes, ce qui en fait naturellement le lieu privilégié pour l'accostage du chaland et, de fait, le positionnement de la grue.

Dans un souci d'économie, il fut décidé de concentrer les travaux de confortement dans la zone de l'accostage ainsi qu'au droit du retour du quai, très exposé aux assauts de la houle, les autres portions de l'ouvrage ne devant faire l'objet que de reprises superficielles.

Afin de limiter la quantité de matériaux à acheminer, la remise en activité de la carrière fut rapidement envisagée. Des essais en laboratoire réalisés sur un échantillon ayant confirmé la com-

patibilité du granulat avec la fabrication de béton, les TAAF rouvrirent la carrière et préparèrent un stock important de matériau plusieurs mois avant le début des travaux.

Confortement du front d'accostage

L'idée d'une reconstruction complète du quai étant abandonnée, il fut décidé :

- De conserver le rideau de palplanches mais de limiter les sollicitations sur ce dernier en reportant les charges sur le terre-plein directement dans le basalte, par le biais de micropieux forés à l'arrière du rideau (figure 8) ;

- De raciner le rideau de palplanches en fonçant, au droit de ses creux, des tubages jusqu'au toit du basalte, ces derniers permettant, une fois soudés au rideau, de forer et sceller, au travers des alluvions et dans le basalte, les tubes constituant les racines.

Amélioration des conditions d'accostage

Arcadis a proposé :

- La réalisation d'une poutre de couronnement présentant une section en forme de L renversé, offrant ainsi un tombant vertical sans débord, descendant jusqu'à la cote des plus basses eaux pour constituer le front

11- Un plongeur remonte à la surface après une plongée consacrée à souder aux palplanches les tubages de racinage.

12- Battage d'un tubage de racinage dans un creux de palplanche. La pointe du BRH est équipée d'un casque.

13- Pose du dernier élément préfabriqué.

11- A diver rises back to the surface after diving to weld the anchoring tubing to the sheet piling.

12- Pile driving of anchoring tubing in a sheet piling hollow. The tip of the hydraulic rock breaker is fitted with a cap.

13- Placing the last prefabricated element.

d'accostage, et une partie horizontale permettant à l'ensemble de porter sur les micropieux en arrière du rideau (figure 9) ;

- La fixation de défenses delta sur le front d'accostage pour éliminer le risque de ragage.

Afin de limiter le temps des travaux sur site, cette poutre a été conçue sous la forme d'éléments préfabriqués à l'Île de La Réunion, pouvant être acheminés préalablement.

Protection de l'ouvrage

Pour limiter l'impact de la houle sur le retour de quai, la solution d'un enrochement a été adoptée. Aucun bloc naturel ne pouvant être prélevé sur la Réserve Naturelle à proximité du quai, des blocs en béton devaient être produits à PAF (figure 10).

Traitement des vides

Pour traiter les vides identifiés dans les remblais ainsi que leur décompression, il fut convenu de réaliser des injections de mortier de ciment en fin de chantier.

LES TRAVAUX LOGISTIQUE

Les éléments de la poutre de couronnement ont été préfabriqués à La Réunion et livrés à PAF en décembre 2014. Ils représentent environ 100 t de charge, et ont été répartis dans 10 conteneurs

opentop pour le transport à bord du MD. L'ensemble du matériel complémentaire est venu de Métropole. Il s'agissait du matériel de forage constitué de 2 foreuses Beretta T46, de 2 compresseurs 17 000 L/min et 2 presses d'injection de coulis, du matériel de travaux subaquatiques constitué de 2 compresseurs de plongée, 2 groupes + ligne de soudure et découpage sous-marin, et du matériel de génie civil composé d'une bétonnière à chargeur, de panneaux de coffrage et de tout l'outillage électroportatif nécessaire.

Une partie des consommables nécessaires aux travaux a été approvisionnée depuis La Réunion. Il s'agit essentiellement des 120 t de ciment conditionnées en sacs de 25 kg, eux même placés par 30 unités dans des bigbags avec un doublage plastique pour assurer l'étanchéité. Le poids de chaque bigbag étant ainsi de 750 kg, leur déchargement sur Kerguelen a pu être réalisé par hélitreuillage.

LES TRAVAUX À PAF

Les travaux se sont déroulés du 17 septembre 2015 au 18 décembre 2015.



© ARCADIS

14- La dalle de clavage est coulée. Un bébé éléphant de mer inspecte les travaux.

14- The keying slab is poured. A baby sea elephant inspects the works.

L'équipe était composée de deux chefs de chantier de l'entreprise Merceron Tp, de deux plongeurs d'Atlantique Scaphandre (figure 11), de deux foreurs d'Armor Fts et d'un géologue, représentant d'Arcadis chargé de la maîtrise d'œuvre complète.

Depuis son angle Sud, le bord du quai a été déconstruit sur 33 m, le long de la ligne d'accostage, et sur 5 m, le long du retour de quai.

Cela a permis la réalisation des 60 racines dans les creux du rideau de palplanches (figure 12). Les forages ont été poursuivis de 2 m dans le substratum.

Après une deuxième phase de déconstruction, 42 micropieux ont été

forés et scellés dans le rocher à des profondeurs variant entre 6 m et 10 m sous le niveau du quai.

Suite à une dernière phase de déconstruction de la dalle, un second rang de 21 micropieux a été installé à 1,6 m en arrière des palplanches.

Puis les têtes des micropieux ont été équipées d'un plot de béton.

Sur ces plots ont été posés les 21 éléments en béton armé, chacun d'entre eux reposant sur trois micropieux (figure 13).

Une dalle de clavage de 30 cm d'épaisseur, solidement armée, a alors été coulée sur la partie horizontale des éléments préfabriqués (figure 14) en faisant raccord avec la partie de dalle conservée.

Ensuite, la centaine de gros blocs de béton fabriqués sur place, au rythme de 5 par jour avec l'aide des personnels des TAAF, ont été agencés en enrochement.

Enfin, après la mise en place de gaines électriques dans une saignée aménagée dans la dalle (en vue de la pose d'un marégraphe sur le bord du quai), les fractures et fissurations de cette dernière ont été colmatées. □

1- Fetch : distance en mer ou sur un plan d'eau au-dessus de laquelle souffle un vent donné sans rencontrer d'obstacle (une côte) depuis l'endroit où il est créé ou depuis une côte s'il vient de la terre.

CHIFFRES CLÉS

120 t de ciment

5 t d'armatures pour BA coulé en place

66 racinages de butée de pied de palplanches

270 m de tubage de racinage (Ø 168 et 325 mm)

64 micropieux de fondation

1 000 m de tubes armatures (Ø 88,9 x 7,5 mm)

10 défenses DD 250, lg 2 m

MONTANT GLOBAL DE L'OPÉRATION : 1,7 M€

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Terres Australes et Antarctiques Françaises

MAÎTRISE D'ŒUVRE : Arcadis

TITULAIRE DU MARCHÉ DE TRAVAUX : Merceron Tp

SOUS-TRAITANTS : Armor Fts (fondations spéciales)
Atlantique Scaphandre (plongeurs)

ABSTRACT

CONSOLIDATION OF THE WHARF OF PORT-AUX-FRANÇAIS IN THE KERGUELEN ISLANDS

B. HARPIN, ARCADIS - A. GÉLY, ARCADIS - A. MONDOLO, MERCERON TP

The Kerguelen Islands archipelago forms part of the community of French Southern and Antarctic Territories. Port-aux-Français is the only permanently inhabited station on the archipelago and is one of the most isolated bases in the world. It is equipped with a wharf which is indispensable for supplying the base and for which consolidation work had become necessary. The work consisted of establishing roots to treat the defective anchoring of the existing sheet piling, creating a new dock face by installing elements prefabricated on Reunion Island and resting on micropiles, grouting of the earth embankment, and placing artificial riprap in position to protect the wharf from the swell. □

REFUERZO DEL MUELLE DE PORT-AUX-FRANÇAIS, EN LAS ISLAS KERGUELEN

B. HARPIN, ARCADIS - A. GÉLY, ARCADIS - A. MONDOLO, MERCERON TP

El archipiélago de las islas Kerguelen forma parte de la comunidad de Tierras Australes y Antárticas Francesas. Port-aux-Français es la única estación del archipiélago habitada de forma permanente y constituye una de las bases más aisladas del mundo. Dispone de un muelle, indispensable para el aprovisionamiento de la base, que ha sido preciso reforzar. Las obras han consistido en la instalación de raíces para corregir el anclaje defectuoso de las tablestacas existentes, la creación de un nuevo frente de atraque mediante la instalación de elementos prefabricados en La Reunión y sustentados sobre micropilotes, el terraplenado por inyección y la colocación de una escollera artificial para proteger el muelle del oleaje. □



1

© PHOTOTHÈQUE EIFFAGE ETMF

RECONSTRUCTION DES PRISES D'EAU DE LA CENTRALE THERMIQUE EDF DE CORDEMAIS (44)

AUTEURS : SIMON CHAMORET, DIRECTEUR RÉGIONAL DÉLÉGUÉ, EIFFAGE ETMF - VINCENT CRESPIN, DIRECTEUR DE TRAVAUX, EIFFAGE GÉNIE CIVIL - ALEXANDRE BERAS, INGÉNIEUR TRAVAUX, EIFFAGE ETMF

LA DÉMOLITION ET LA RECONSTRUCTION DE DEUX NOUVELLES PRISES D'EAU DE LA CENTRALE THERMIQUE EDF DE CORDEMAIS NÉCESSITENT DE NOMBREUX MOYENS NAUTIQUES POUR LA RÉALISATION DE 6 BATARDEAUX AU MILIEU DE LA LOIRE, AINSI QUE POUR LA DÉMOLITION DES ANCIENS OUVRAGES QU'ELLES REMPLACENT. CES TRAVAUX SONT SOUMIS AUX CONTRAINTES D'EXPLOITATION DE LA CENTRALE, OUTIL STRATÉGIQUE DANS LE GRAND OUEST.

Dans le cadre du projet d'allongement de la durée de vie de l'unité de production thermique du site de Cordemais (Projet Q600 - Charbon 2035), des diagnostics ont été réalisés sur l'ensemble de la centrale et ont conduit EDF à rénover les prises d'eau en Loire pour les tranches 4 et 5 à charbon 600 MW. (Le projet « Charbon 2035 » est un programme de modernisation et de rénovation sur trois

ans des 3 unités charbon 600 MW du parc français, 2 à Cordemais et 1 au Havre).

Eiffage Génie Civil Établissement Ouest en groupement avec Etmf (Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux), Charier GC et Eiffage GC Département Hydraulique (Anciennement Dle Spécialités) réalisent la démolition des anciennes prises d'eau et la construction de deux nouveaux ouvrages indépendants.

1- Travaux de reconstruction des prises d'eau de la centrale EDF de Cordemais.

1- Reconstruction work on the water intakes of EDF's Cordemais power station.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'OPÉRATION

LA CENTRALE

La centrale thermique de Cordemais, située sur le bord de Loire à mi-chemin entre Nantes et Saint-Nazaire, dans le département de la Loire-Atlantique, est la centrale thermique la plus puissante de France avec une capacité de production totale de 2 600 MW qui couvre



2- Vue depuis de chenal de navigation de la centrale EDF de Cordemais.

3- L'appontement fioul (au 1^{er} plan) et l'appontement charbon permettent l'approvisionnement de la centrale par voie nautique depuis le port de Saint-Nazaire.

4- Image de synthèse du nouveau dispositif de captage d'eau en Loire, avec pré-grilles et dégrilleurs.

2- View, from the navigation channel, of EDF's Cordemais power station.

3- The fuel oil wharf (in the foreground) and the coal wharf allow the power station to be supplied by sea transport from the port of Saint-Nazaire.

4- Synthesis image of the new water intake system in the Loire River, with preliminary grids and grid cleaning machines.

l'équivalent de 25% de la consommation annuelle des Pays de la Loire (figure 2).

Initiée à la fin des années soixante, la construction de la centrale fait suite à la hausse constante des besoins en électricité.

La 1^{re} tranche, d'une puissance de 510 MW alimentée au charbon a été arrêtée en 1996 et elle est en cours de démantèlement.

Les tranches 2 et 3, d'une puissance unitaire de 700 MW, alimentées au fioul ont été mises en service en

1976 et sont toujours en exploitation. Les tranches 4 et 5, d'une puissance unitaire de 600 MW, alimentées au charbon, objet des présents travaux de rénovation et principaux outils de production du site de Cordemais (fonctionnement annuel de l'ordre de 5 000 heures), ont été mises en service en 1983-84 et régulièrement complétées par de nouvelles installations de dépollution (dépolluissage, désulfuration, dénitrification).

Les prises d'eau, dispositifs placés en tête du circuit de refroidissement (CRF)

des chaudières, permettent d'amener 23 m³/s d'eau de Loire à travers un équipement de dégrillage, jusqu'à la station de pompage située 80 m en arrière, dans un ouvrage constitué d'une paroi moulée cylindrique de 40 m de diamètre.

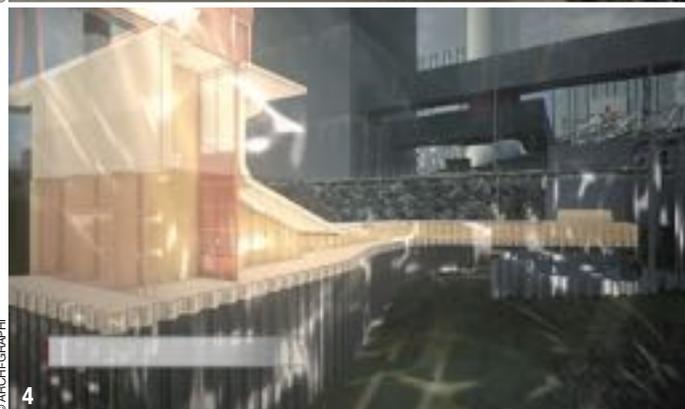
À la suite d'expertises et d'inspections subaquatiques, il est décidé par EDF de remplacer intégralement les prises d'eau essentiellement métalliques des tranches 4 et 5 par deux nouvelles prises d'eau intégralement en béton armé et recevant des équipements complémentaires.

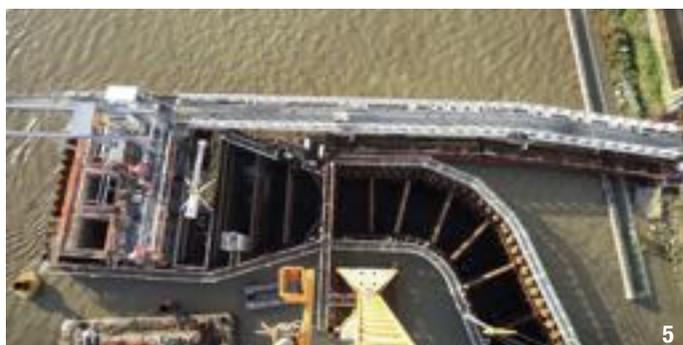
LE SITE

Implantée sur une presqu'île de la Loire, la centrale de Cordemais doit composer avec un environnement estuarien classé Natura 2000 abritant de nombreuses espèces remarquables.

La nouvelle disposition des prises d'eau doit ainsi permettre de réduire la vitesse d'aspiration et d'éloigner le captage de la berge, zone de migration de nombreuses espèces de la faune piscicole. Située à quelque 24 km en amont de Saint-Nazaire, la centrale subit les effets combinés de la marée et de la Loire, les vitesses de courant pouvant atteindre 5 nd (9 km/h) et le marnage (amplitude de la marée) près de 7,50 m.

Directement exposé aux vents dominants d'ouest, le site de Cordemais n'est pas directement affecté par l'agitation d'origine marine. Toutefois, en fonction de l'orientation des vents (ONO), le fetch (distance d'action du vent sur la mer) peut dépasser 15 km et générer une forte agitation, phénomène lui-même amplifié à la renverse de pleine mer à proximité des installations de la centrale.



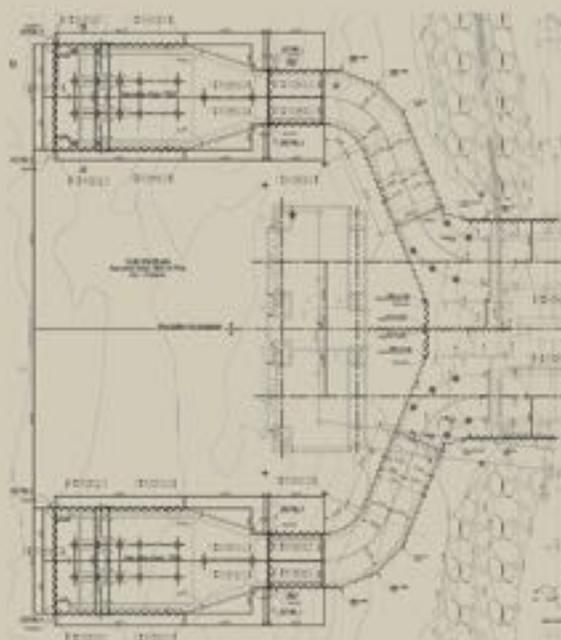


5



6

VUE EN PLAN DES DEUX NOUVELLES PRISES D'EAU CONTOURNANT L'ANCIEN DISPOSITIF



7

© PHOTOHÉRIQUE EIFFAGE ETMF

Il faut également tenir compte des contraintes nautiques. Les nouvelles prises d'eau seront situées à une cinquantaine de mètres du chenal de navigation qui est régulièrement emprunté par des navires de taille significative (de 100 à 225 m) remontant sur le port de Nantes. Ces navires génèrent, à leur passage, une vague de battillage pouvant atteindre plus d'un mètre, qui engendre ainsi de fortes sollicitations du matériel en phase travaux et une attention toute particulière pendant les opérations nautiques et subaquatiques. Enfin, la centrale de Cordemais est exclusivement approvisionnée en combustibles fossiles par voie maritime (les installations ferroviaires ne sont pas exploitées). L'UP (Unité de Production) de Cordemais dispose donc de deux appointements spécifiques :

- Le premier, le plus en aval de la centrale pour le charbon ;
- Le second directement en aval des prises d'eau TR4/5 pour le fioul. Ces appointements reçoivent donc régulièrement les barges venant du port de Saint-Nazaire pour l'approvisionnement de la centrale (figure 3).

LE CONTEXTE DES TRAVAUX

L'implantation des nouveaux ouvrages résulte des contraintes liées au site et à l'environnement, mais également au

maintien en exploitation des tranches durant les travaux.

En effet, un des enjeux majeurs du marché concerne la limitation des pertes d'exploitation de la centrale en réduisant au maximum la durée des arrêts de tranche. Cela implique d'anticiper la construction d'un maximum d'ouvrages en parallèle des prises d'eau existantes, tout en maintenant celles-ci en fonctionnement.

Les opérations de démolition des prises existantes et la construction des nouveaux ouvrages de raccordement sont donc strictement jalonnées en termes de planning. Les installations de prise d'eau étant en tête du CRF (Circuit de Refroidissement), les travaux se trouvent directement sur le chemin critique des arrêts de tranches communs.

LES TRAVAUX PHASAGE GÉNÉRAL

Les travaux de réfection des prises d'eau se caractérisent par une symétrie à la fois géométrique mais aussi dans le phasage général entre la tranche 5 puis la tranche 4.

Le déroulement des travaux d'une tranche se décompose comme suit :

- Travaux préparatoires (battage de pieux d'amarrage pour les pontons durant les travaux) et installations de chantier ;

5- Vue aérienne de la tête de prise peu de temps avant la remise en eau.

6- Finalisation de l'aqueduc et du raccordement à la station de pompage de la TR5.

7- Vue en plan des deux nouvelles prises d'eau contournant l'ancien dispositif.

5- Aerial view of the water intake head shortly before placing back in the water.

6- Finalisation of the aqueduct and connection to the pumping station of TR5.

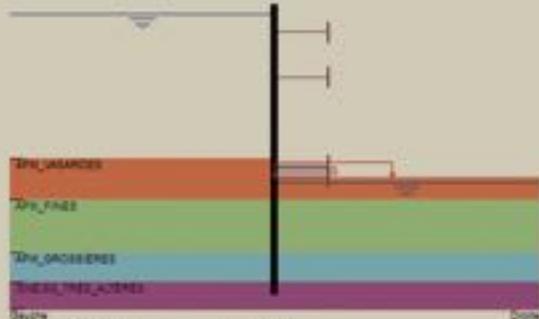
7- Plan view of the two new water intakes bypassing the old system.

- Battage des pieux de fondation de la tête de prise d'eau ;
- Réalisation du batardeau de la tête de prise (battage des palplanches, mise en place des liernes et butons, dragage et réalisation du gros béton, vidange) ;
- Travaux de génie civil de la tête de prise ;
- Démarrage du batardeau de l'aqueduc ;
- Démantèlement des anciennes prises d'eau et renflouement de la gaine ;
- Achèvement du batardeau de l'aqueduc et raccordement à la station de pompage ;
- Réalisation des travaux de génie civil de l'aqueduc et du raccordement ;
- Mise en place d'une passerelle d'accès de 60 m en aluminium entre la berge et la tête de prise ;
- Mise en place des équipements et essais ;
- Remise en eau et recépage des palplanches.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'OUVRAGE

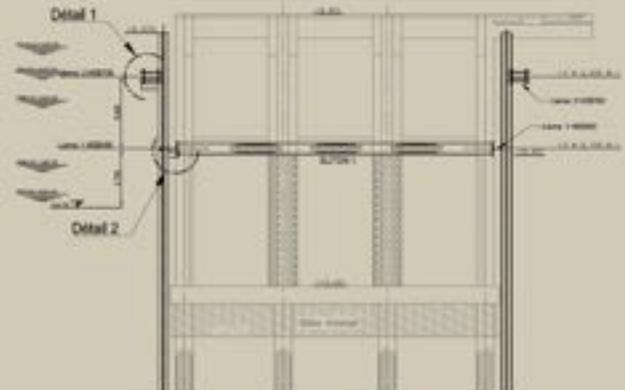
Les travaux de construction des nouvelles prises d'eau se réalisent à l'abri de batardeaux de palplanches battues dans le lit de la Loire. Par tran-

COUPE DE CALCUL DES BATARDEAUX

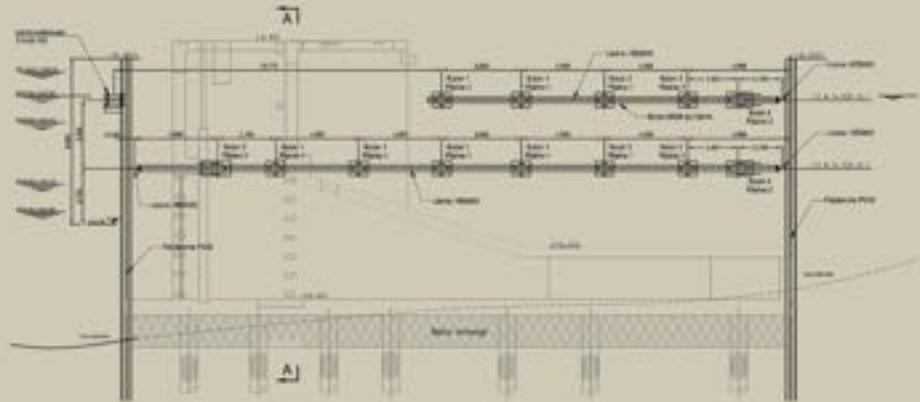


Phase 11 : Crue, eau à +7,35 cm

COUPE DANS L'AXE DE LA PRISE D'EAU du batardeau de la tête



COUPE LONGITUDINALE DU BATARDEAU DE LA TÊTE DE PRISE D'EAU



8- Coupe de calcul des batardeaux.

9- Coupe dans l'axe de la prise d'eau du batardeau de la tête.

10- Coupe longitudinale du batardeau de la tête de prise d'eau.

11- Installation des équipements sur la dalle technique de la tête de prise.

12- Travaux de ferrailage du radier à l'abri du batardeau.

8- Cofferdam design cross section.

9- Cross section of the head cofferdam on the centreline of the water intake.

10- Longitudinal section of cofferdam for the water intake head.

11- Installing equipment on the technical slab of the intake head.

12- Foundation raft reinforcement works sheltered by the cofferdam.

che, l'ouvrage se décompose ainsi :
→ La tête de prise d'eau, d'une dimension de 30x15 m, regroupe les équipements hydrauliques et électromécaniques ainsi qu'un convergent vertical suivi d'un convergent horizontal (figure 4).

→ L'aqueduc, quant à lui, est divisé en deux conduits parallèles d'une section totale de 6x2 m et décrit un « S » d'une longueur développée de 45 m. Il permet d'amener l'eau de la tête de prise à la station de

pompage en étant en permanence immergé (le dessus de l'ouvrage se situe à la cote -1,10 marine). Le tracé en « S » a pour fonction de joindre la tête de prise d'eau à la station de pompage, tout en contournant les prises d'eau actuelles. Cela afin de démarrer la construction des têtes de prise tout en maintenant en exploitation les installations existantes.

→ Un ouvrage de raccordement, ancré à la paroi moulée de la station de

pompage, et permettant par un changement de section, de se raccorder aux ouvertures existantes à travers la station de pompage (figures 5, 6 et 7).

LES BATARDEAUX

Les ouvrages des prises d'eau sont réalisés à sec, à l'abri de batardeaux de palplanches PU32.

Les palplanches PU32 battues au refus dans le substratum gneissieux ont une double fonction :



11



12



13

© PHOTOTHÈQUE EIFFAGE ETMF

- Elles assurent le rôle de batardeau pour la réalisation du génie civil.
- Elles collaborent aux fondations de l'ouvrage en complément de pieux métalliques.

Leur mise en œuvre s'effectue au moyen de grues mobiles à flèche treillis de 130 t et 280 t embarquées respectivement sur une plateforme autoélévatrice 23x20 m et un ponton de 45x18 m. Le matériel de battage utilisé est un vibrofonceur PTC 30H1 pour la mise en fiche, suivi d'un marteau Diesel Delmag D30/32 pour le surbattage (figures 8, 9 et 10).

Trois niveaux de butonnage sont nécessaires à la tenue du batardeau. Le premier niveau de butonnage se situe à +6,00 marine soit 2 m sous l'arase des palplanches avec un entraxe de 4,00 mètres entre chaque butons Ø 508 mm. Le second niveau, identique au premier, se situe à la cote +2,70 marine. Le liernage courant des batardeaux est constitué de profilés HEB400. Une singularité est toutefois à noter au niveau de la tête de prise où, à terme, l'ouvrage émerge pour constituer la plateforme technique. En effet, afin de ne pas encombrer cette zone de trop nombreux butons, le niveau situé à +6,00 marine passe en lierne extérieure (Double HEB700), retenant le rideau de palplanches au moyen de tirants (figures 11 et 12).

Enfin le dernier niveau de butonnage est assuré par le bouchon béton de 1,50 m d'épaisseur (de -4,40 à -5,90 marine), coulé sous eau avec l'aide de scaphandriers. Le plus gros coulage (pour les batardeaux des têtes de prise) représente près de 800 m³ de béton coulé en continu via deux pompes auto-motrices (la première, positionnée sur la berge, alimente la seconde, embarquée sur un ponton).

13- Travaux de réalisation du batardeau de la nouvelle tête de prise d'eau TR5.

14- Coupe de recollement après battage du rideau de palplanches sur la TR5.

15- Vue en plan de l'ancien dispositif d'aspiration d'eau des tranches 4 et 5 de la centrale de Cordemais.

13- Work on execution of the cofferdam for the new TR5 water intake head.

14- Verification cross section after pile driving of the sheet piling curtain on TR5.

15- Plan view of the former water suction system for units 4 and 5 of the Cordemais power station.

LES FONDATIONS

Les fondations de l'ouvrage sont assurées par la collaboration des palplanches PU32 et de pieux métalliques d'un diamètre de 914 mm et de 15,5 mm d'épaisseur.

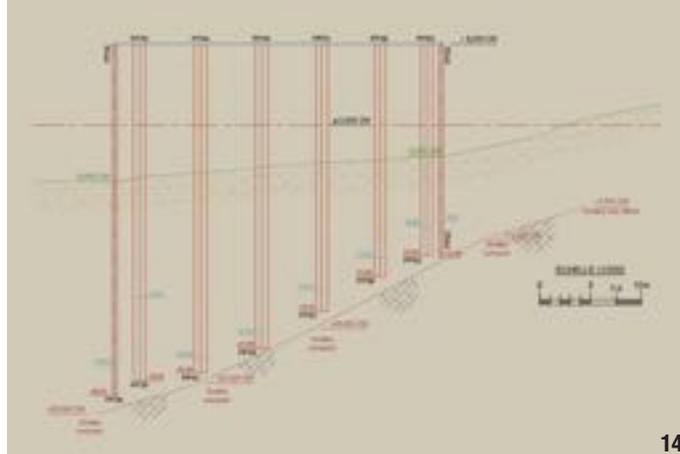
La participation des palplanches aux fondations de l'ouvrage se fait par l'intermédiaire des connecteurs HA32 soudés sur celles-ci et ferrailés avec le radier. Cette solution permet ainsi

pour l'aqueduc de se passer complètement de pieux.

La tête de prise étant la partie de l'ouvrage la plus massive, elle est supportée, en complément des palplanches, par 16 pieux (12 en partie centrale et 4 périphériques). Leur mise en œuvre est effectuée de la même manière que les palplanches.

Vérification de la capacité portante des pieux et palplanches :

COUPE DE RECOLLEMENT APRÈS BATTAGE DU RIDEAU DE PALPLANCHES SUR LA TR5



14

© PHOTOTHÈQUE EIFFAGE ETMF

VUE EN PLAN DE L'ANCIEN DISPOSITIF D'ASPIRATION D'EAU des tranches 4 et 5 de la centrale de Cordemais



15

© PHOTOTHÈQUE EIFFAGE ETMF

16- Mise en place de ballons pour le renflouement de l'ancienne gaine de la tranche 5.

17- Une fois échouée sur la berge, l'ensemble gaine-tête de vipère est démantelé à la faveur des marées basses.

18- Phase de réalisation des voiles 1,30 m d'épaisseur de la tête de prise et du convergeant. Les nouvelles prises d'eau sont constituées de 3 pertuis qui reçoivent les équipements de dégrillage et de batardeau.

19- Travaux de génie civil dans l'enceinte du batardeau de la tête de prise de la Tranche 5.

16- Placing drums in position to float the former duct of unit 5.

17- Once aground on the bank, the duct/viper-head system is dismantled at low tide.

18- View from the Loire of reconstruction work on the water intakes of EDF's Cordemais power station.

19- Civil engineering work within the cofferdam enclosure for the inlet head of unit 5.



© PHOTO THÉQUE EIFFAGE ETMF

La nature très hétérogène des sols rencontrés et la grande variabilité de l'altitude du toit rocheux, imposaient en complément des prédictions de battage, de vérifier la capacité portante des pieux battus.

Des pieux supplémentaires, servant à l'amarrage des pontons en phase travaux, ont donc été instrumentés pendant leur battage et les données

analysées via le logiciel Capwap. Ces données, issues des essais de chargements dynamiques, permettaient de caractériser les différentes couches de alluvions et de substratum traversées. Elles ont permis de recalibrer les caractéristiques de battage (énergie, enfoncement...) à celles de la mission G2 (réalisée en avril 2013 et consistant en une campagne de sondages au droit du

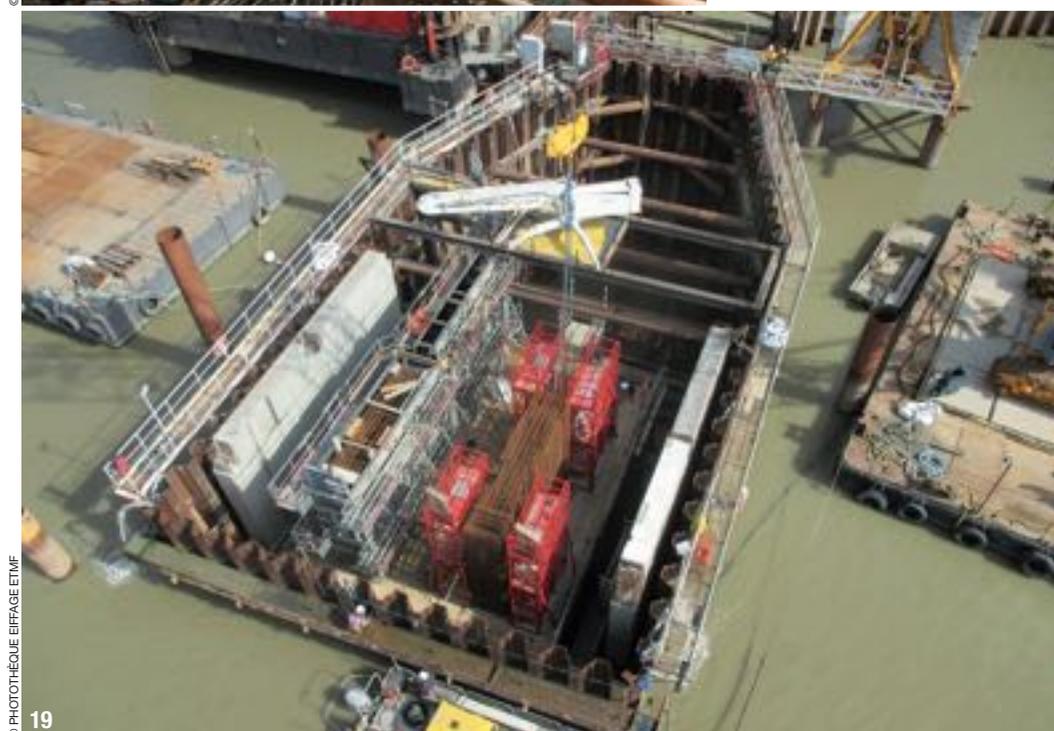
projet pour le compte d'EDF) (figure 13). Ces reconnaissances complémentaires, le recalage du modèle de calcul et un suivi de battage rigoureux ont ainsi permis de s'assurer de la bonne capacité portante des fondations (figure 14).

DÉMOLITION DE L'EXISTANT

Après la première phase de réalisation de la tête de prise, il est nécessaire de procéder à la déconstruction des anciens équipements de captage pour poursuivre la construction de l'aqueduc. Les anciennes prises d'eau sont constituées principalement de structures métalliques mécano-soudées. La tête d'aspiration (désignée *tête de vipère* en référence à sa forme) est suspendue par des poutres en acier à un ensemble de quatre palpieux remplis de béton. Des dégrilleurs installés sur les superstructures la surplombant assurent la préfiltration de l'eau nécessaire au CRF. ▷



© PHOTO THÉQUE EIFFAGE ETMF



© PHOTO THÉQUE EIFFAGE ETMF

La gaine permettant l'amenée d'eau de la tête d'aspiration jusqu'à la station de pompage est également une structure mécano-soudée dont la section courante est hexagonale de 6 m de large par 1,70 m de haut. Elle se raccorde, côté Loire, à la tête d'aspiration et, côté berge, à une succession de deux gaines (gaine intermédiaire et gaine de raccordement) permettant un changement de géométrie progressif (section finale rectangulaire de 6,25x2,64 m scellée dans la paroi moulée de la station de pompage). L'ensemble de ces quatre éléments mesure près de 39 m (figure 15).

Préalablement à l'opération de découpe et de renflouement de cet ensemble gaine-tête d'aspiration par des scaphandriers, un dragage est nécessaire pour permettre le dégagement de la structure ensouillée sous près de 3 m de vase. Ces travaux s'effectuent à la pompe Toyo ainsi qu'à la benne pre-neuse.

Une fois libérée, la gaine est équipée de chameaux (ballons gonflables de renflouement) d'une capacité globale de levage de 120 t, et mise en flottaison pour ensuite la remorquer en dehors de l'emprise des travaux de l'aqueduc et l'échouer sur la berge en vue de son démantèlement (figures 16 et 17).

LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL

La partie principale de l'ouvrage se situe au niveau des têtes de prises d'eau, l'aqueduc n'étant qu'un conduit d'amenée d'eau entre la tête et la station de pompage.

La grue à tour

Afin de permettre les approvisionnements de chantier ainsi que les rotations de banches entre la tête de prise, l'aqueduc et la berge, une grue à tour d'une capacité de près de 6 t à 50 m est montée sur une estacade à proximité de l'ouvrage. Pour limiter les



20

© PHOTO THÉO EIFFAGE ETMF

20- Réalisation de la couverture de l'aqueduc TR5 au moyen de prédalles.

20- Execution of the TR5 aqueduct cover with precast slabs.

risques de collision entre les trois grues présentes dans cette zone restreinte, elle surplombe les deux autres à environ 60 m. Un système anticollision et une attention permanente sont toutefois nécessaires au bon déroulement des opérations (figure 1).

La tête de prise d'eau

La tête de prise consiste tout d'abord en un radier de 80 cm d'épaisseur (cote marine > à -3,60) encastré sur les 16 pieux et s'accrochant aux palplanches via les connecteurs.

Les quatre voiles de 1,30 m d'épaisseur et de 12 m de haut (deux voiles coulés contre les palplanches en partie inférieure et deux voiles centraux) forment trois pertuis équipés chacun d'un batardeau relevable, d'un dégrilleur et d'un système d'hydro-éjecteurs (pour le décolmatage de la vase déposée dans le fond de la tête de prise). L'ensemble de ces équipements en inox Duplex sont réglés au millimètre puis scellés dans des réservations (figures 18 et 19).

Frontalement, la tête de prise est équipée d'une prégrille destinée à

limiter l'entrée d'embâcles jusqu'aux dégrilleurs.

La dalle supérieure est réalisée par prédalles/dalle de compression. Elle est traversée par un grand nombre de caniveaux techniques destinés à l'alimentation et au contrôle des dégrilleurs et systèmes d'hydroéjecteurs.

Elle porte également les rails du portique de manutention (manœuvre des batardeaux, dégagement d'embâcles, entretien des dégrilleurs).

Une zone de 11,7x4,5 m de la dalle se trouve en encorbellement au-dessus de la Loire. Elle dispose d'une trémie pour le chargement de pièces de rechange

par voie nautique et reçoit la passerelle d'accès ainsi que le local électrique.

L'aqueduc

L'aqueduc présente la particularité de n'être fondé que par l'intermédiaire des palplanches jusqu'à l'ouvrage de raccordement à la paroi moulée (cinq pieux sont nécessaires localement du fait de la trop grande portée entre palplanches dans cette zone).

La couverture de l'aqueduc est réalisée par la combinaison pré dalle-dalle de compression, la difficulté étant la courbure de l'ouvrage et le faible appui de rive (respect de l'enrobage) (figure 20). □

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : EDF - UP de Cordemais

MAÎTRE D'ŒUVRE : EDF - CIT (Centre d'Ingénierie Thermique) de Paris

SPS : Apave

GROUPEMENT D'ENTREPRISES :

- Eiffage Génie Civil Établissement Ouest (mandataire)
- Etmf Ouest (Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux)
- Charier Génie Civil
- Eiffage Génie Civil Département Hydraulique (équipements hydrauliques)

PRINCIPAUX SOUS-TRAITANTS :

- Biep (études d'exécution)
- Eiffel Industrie (chaudronnerie)
- Clemessy (installations électriques)
- Romeuf (travaux subaquatiques)
- Welbond (armatures)
- Atlantic Marine (passerelle aluminium)
- Armement Mustang (support logistique maritime)

PRINCIPALES QUANTITÉS

PALPLANCHES : 1 700 t

PIEUX : 52 u

BÉTON : 7 250 m³

ACIERS HA : 456 t

ABSTRACT

RECONSTRUCTION OF THE WATER INTAKES OF EDF'S CORDEMAIS THERMAL POWER STATION

SIMON CHAMORET, EIFFAGE - VINCENT CRESPIEN, EIFFAGE - ALEXANDRE BERAS, EIFFAGE

EDF's Cordemais power station is replacing two water intakes for the 600 MW coal-fired units in order to extend their service life until 2035. Built sheltered by cofferdams of sheet piling 37 m long driven into the bed of the Loire River, the new water intakes are being executed while maintaining in operation the power station, which represents a strategic tool for electricity production in western France. Eiffage Génie Civil Établissement Ouest, the leader of a multidisciplinary consortium, was in charge of satisfactory execution of this turnkey project, taking into account environmental constraints and those imposed by operation of the power station. □

RECONSTRUCCIÓN DE LAS TOMAS DE AGUA DE LA CENTRAL TÉRMICA EDF DE CORDEMAIS

SIMON CHAMORET, EIFFAGE - VINCENT CRESPIEN, EIFFAGE - ALEXANDRE BERAS, EIFFAGE

La central EDF de Cordemais (departamento francés nº 44) renueva dos tomas de agua de los tramos de carbón de 600 MW para prolongar su vida útil hasta 2035. Construidas bajo la protección de atavías de tablestacas de 37 m de longitud instaladas sobre el lecho del Loira, las nuevas tomas de agua se han realizado sin interrumpir el funcionamiento de la central, que constituye una herramienta estratégica para la producción de electricidad en el oeste de Francia. La sociedad Eiffage Génie Civil Etablissement Ouest, en representación de un consorcio de empresas multidisciplinario, ha recibido el encargo de llevar a cabo este proyecto llave en mano teniendo en cuenta las restricciones medioambientales y las impuestas por el funcionamiento de la central. □

PAR NUMÉRO : 15€ AU LIEU DE 25€

SOLS ET FONDATIONS 907
ÉNERGIE - DÉVELOPPEMENT DURABLE 908
INTERNATIONAL 909
VILLES ET TRANSPORTS 910
PATRIMOINE ET RÉHABILITATION 911
SPÉCIAL LGV 912
TRAVAUX SOUTERRAINS 913
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX 914
OUVRAGES D'ART 915
SOLS ET FONDATIONS 916
SPÉCIAL BIM 917
INTERNATIONAL 918
VILLES, TRANSPORTS ET PATRIMOINE 919
SPÉCIAL BFUP 920
TRAVAUX SOUTERRAINS 921

*Offre valable jusqu'au 31/12/17 - com@comet.com



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"/> 907 x | <input type="checkbox"/> 912 x | <input type="checkbox"/> 917 x |
| <input type="checkbox"/> 908 x | <input type="checkbox"/> 913 x | <input type="checkbox"/> 918 x |
| <input type="checkbox"/> 909 x | <input type="checkbox"/> 914 x | <input type="checkbox"/> 919 x |
| <input type="checkbox"/> 910 x | <input type="checkbox"/> 915 x | <input type="checkbox"/> 920 x |
| <input type="checkbox"/> 911 x | <input type="checkbox"/> 916 x | <input type="checkbox"/> 921 x |

Soit un montant total de :

_____ numéros x 15 € = _____ €

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

*Offre valable jusqu'au 31/12/17 et hors frais postaux : 4,80€ d'envoi France, 9,00€ d'envoi Europe et 11,00€ d'envoi étranger hors Europe. Conformément à la Loi informatique et des libertés du 06/01/78, le droit d'accès et de rectification des données concernant les abonnés peut s'exercer auprès du service abonnements. Ces données peuvent être communiquées à des organismes extérieurs. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher cette case

JE VOUS INDIQUE MES COORDONNÉES :

Nom _____ Prénom _____

Entreprise _____ Fonction _____

Adresse _____

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

Tél. : _____ Fax : _____

Email : _____ Merci de ne pas communiquer mon adresse mail

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

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

Je réglerai à réception de la facture

Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date, signature et cachet de l'entreprise obligatoire



PRÉSERVONS L'AVENIR



Sécurisation du bassin versant instable des Bouisses.

Dans un contexte sensible, marqué par des phénomènes d'inondations fréquentes et de forte intensité, Maccaferri apporte son expérience et sa capacité d'innovation dans l'aménagement d'ouvrages hydrauliques de haute technicité. Ses solutions sont pensées pour protéger les populations et les infrastructures autour d'une double préoccupation : s'intégrer au cadre naturel et réduire l'impact carbone du site. Une réponse adaptée à la dimension financière et écologique de chaque projet.

MACCAFERRI

Peillon, Alpes-Maritimes
Gabions double torsion : 1500m³
Matelas Reno® : 3700m²

www.maccaferri.com/fr

