



Techniques & Architecture | OUVRAGE D'ART

MONUMENT HISTORIQUE

Une barge a assuré le transport d'un malaxeur-pompe pour poursuivre la restauration des massifs de protection de fort Boyard.

© Jean-Dominique Lamy/Imagine-Creations/Perigo

Fort Boyard, sauvé des eaux

L'entreprise **ETPO** réalise à terre les deux ouvrages de protection du fort Boyard disparus au début du XX^e siècle. Et destinés à assurer sa sauvegarde face aux assauts de l'Atlantique.

Qui ne connaît pas fort Boyard, ouvrage militaire destiné à la protection de l'arsenal de Rochefort-sur-Mer, en Charente-Maritime ? S'il a perdu sa vocation originelle, il n'en reste pas moins en activité, abritant aujourd'hui le célèbre jeu télévisé éponyme. Toutefois, le lustre du lieu n'en cache pas moins de fortes dégradations. Edifié au milieu du XIX^e siècle, il était paré, au départ, de deux éléments de protection contre vents et marées : un éperon brise-lames et un havre d'abordage. Toutefois, faute d'entretien suite à l'abandon du fort, tous deux ont fini par céder aux assauts de l'océan, pour disparaître définitivement au début des années 1900...

Depuis, le fort Boyard est orphelin, livré à lui-même. D'où l'engagement du Département de la Charente-Maritime, propriétaire du site depuis 1988, de lancer des travaux de sauvegarde, sans toucher au fort en tant que tel.

L'éperon et le havre. Et ce, avec des matériaux modernes, « à condition de présenter un rendu à l'identique de l'existant », indique Delphine Gramaglia, architecte du patrimoine. *Il faut donner l'impression que les ouvrages ont toujours été là !* En revanche, pas question de reconstruire éperon et havre sur site. Trop complexe et risqué, compte tenu du caractère maritime du fort. C'est à terre qu'ils sont construits, en ce moment. « Le parti pris était de maximiser la fabrication sur la terre ferme, bien plus simple à gérer qu'en mer et en phase avec tous les enjeux de sécurité et de prévention », insiste Julien Merceron, directeur de travaux d'ETPO, entreprise mandataire des travaux. Ainsi, le chantier principal est délocalisé au cœur de la forme de radoub n° 1 de la zone portuaire de Saint-Nazaire (44). Premier ouvrage du dispositif de protection, l'éperon brise-lames est destiné à défendre le fort contre la houle et les courants marins. Et à éviter la transmission d'efforts sur les parois du fort. Massif, il prend la forme d'un triangle d'une longueur de 27,10 m pour une base (ou largeur) de 42,30 m et une hauteur de 9,90 m. Une fois achevé, l'éperon affichera un poids de 2 450 t et aura englouti quelque 981 m³ de béton. Second ouvrage, le havre d'abordage doit préserver l'arrière du fort et surtout son assise contre l'effet vortex

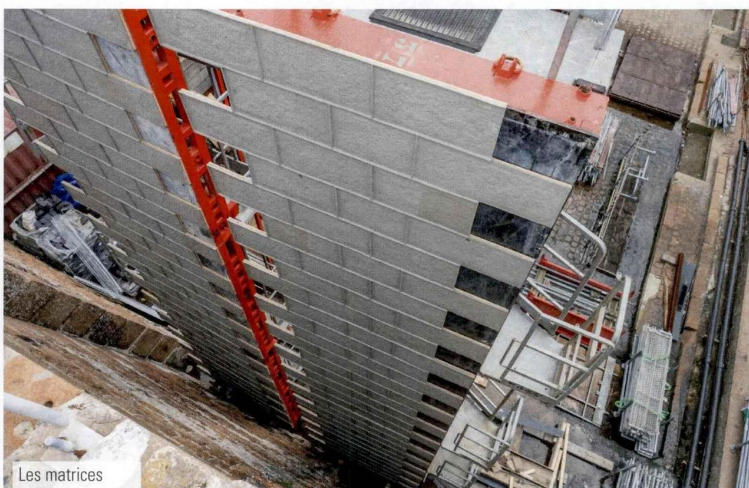
Techniques & Architecture

(tourbillon) de la houle. Mais aussi permettre un accès nautique sécurisé. Présentant une forme en trapèze, cet élément affiche une masse de 3 850 t pour un volume de béton de 1 451 m³. Il se développe sur une longueur de 28 m pour des largeurs de 27,80 m et 39,90 m (s'agissant d'un trapèze) pour une hauteur de 10,90 m.

Une construction réalisée à terre.

A l'issue de leur préfabrication foraine, ces ouvrages seront acheminés par flottaison jusqu'au fort. A l'été 2026 pour le havre et à l'été 2027 pour l'éperon, sous réserve de conditions météorologiques favorables. En effet, quelque 120 miles nautiques (180 km) séparent Saint-Nazaire du fort Boyard. « Une distance qui nécessitera, le moment venu, 3 j de navigation », confirme Julien Merceron.

Sur site, chaque élément sera échoué au pied du fort, à son emplacement définitif, par remplissage en eau au moment de la marée descendante. L'éperon devant le fort et face à l'Atlantique, et le havre, sur sa partie arrière. Pour assurer leur stabilisation, les ouvrages seront lestés de matériaux pondéreux. Environ 2 000 m³ de granulats classiques pour l'éperon. Quant au havre, sa partie centrale devant rester "libre" pour permettre l'accostage des bateaux, il sera rempli de 1 900 m³ de granulats d'oxyde de magnétite, d'une densité de 3,6. Ces derniers seront étalés sur la partie inférieure (et immergée) du havre et dans les jetées (espaces ménagés entre les parois inclinées internes et externes de l'ouvrage). Enfin, l'éperon sera fermé à l'aide d'une dalle de couverture représentant un volume de 500 m³ de béton. En attendant la finalisation de cette phase de travaux,



Les matrices Noe sont fixées sur les coffrages Sateco TPC, dont la hauteur peut atteindre 10 m.

encore faut-il construire les ouvrages de protection... au fond de la forme de radoub de Saint-Nazaire. Déjà l'éperon comme le havre reprennent à l'identique la forme des ouvrages construits à l'origine. Même si, dans sa version contemporaine, l'éperon a été un peu rallongé. Exit aussi la pierre qui n'a pas tenu face à la force de la mer. Le béton armé la remplace avantagement !

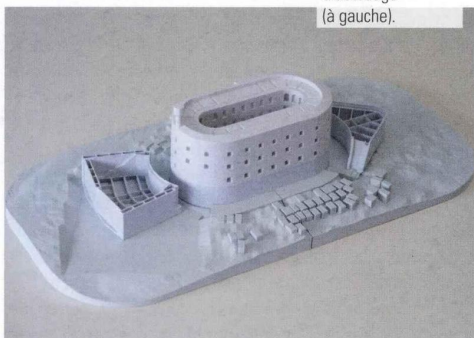
Un béton à empreinte carbone réduite.

Mandataire du lot "béton", Edydem a concocté une formulation "aux petits oignons" pour ces deux ouvrages d'exception. De quoi répondre, en particulier, aux contraintes d'agressivité marine et aux zones de marnage. Résultat : un béton aux propriétés spécifiques (BPS), de classe de résistance C45/55 et de consistance S5. « Il est basé sur le ciment CEM V 42,5 PMES originaire de la cimenterie voisine d'Heidelberg

Materials d'Airvult, dans les Deux-Sèvres », détaille Olivier Collin, directeur général d'Edycem. Autres spécificités de la formulation, le béton est de classe d'environnement XS3 (zones de marée, d'éclaboussures et de projections), avec un niveau de chlorures Cl 0,4 pour une granulométrie plutôt fine inscrite sur une courbe 0/10. « En résumé, un béton Vitaliss score B, c'est-à-dire à empreinte carbone réduite. »

Soit l'équivalent de la "classe carbone" GWR 3 selon la norme NF EN 206+A2 parue en décembre 2025. Ne disposant pas d'unité de production sur le secteur de Saint-Nazaire, Edycem a fait le choix d'un partenariat avec le groupe breton Caddac. Ce dernier assure ainsi la fabrication proprement dite des bétons pour les besoins du chantier. Ceci, à partir de sa centrale à béton de Guérande. Quant à Edycem, il est, lui, présent en direct au niveau du fort Boyard pour fournir les bétons nécessaires au confortement du site

Maquette du fort Boyard avec l'éperon brise-lames (à droite) et le havre d'abordage (à gauche).



Les travaux de construction des ouvrages de protection du fort Boyard se déroulent au cœur de la forme de radoub n° 1 de la zone portuaire de Saint-Nazaire (44).

Techniques & Architecture OUVRAGE D'ART



La pointe de l'éperon prend l'apparence d'un tronc de cône, qui a rendu impossible un traitement de la surface à l'aide des matrices réalisées sur mesure.

Le matriçage "Pierre" a été réalisé sur mesure à partir d'une empreinte prélevée sur la partie inférieure du fort.

marin [lire plus loin]. L'aspect des parois de l'éperon brise-lames et du havre d'abordage constitue l'élément clef des travaux. Il passe déjà par une étude colorimétrique des bétons, menée afin d'assurer une cohérence esthétique entre les pierres historiques du fort et les éléments préfabriqués « En amont, Edycem a réalisé plusieurs échantillons pour valider une teinte au plus près du soubassement granite de l'existant », confirme Julien Merceron.

Près de 1 400 m² de banches spécial TP. Toutefois, pour rester dans la vérité de la pierre, le matriçage constitue le passage obligé. A commencer par la définition du dessin à utiliser. « A la demande de l'architecte du patrimoine, nous avons prélevé une empreinte sur la partie inférieure du fort, qui nous a permis de réaliser le moule-maître, explique Xavier Safar,

REPÈRE

Maître d'ouvrage : Département de la Charente-Maritime
Assistance à la maîtrise d'ouvrage : Artelia (technique) et Ace3 (environnement)
Groupe conception - construction : ETPO, Architecture Patrimoine et BRL Ingénierie
Bétons : Edycem (groupe Herige)
Armatures : Eol Armatures
Matrices : Noe Matrices et Créations
Coffrages : Sateco et Technibois

directeur du développement France de Noe Matrices et Créations. *A partir de cet élément, nous avons défini les modules de pierre en accord avec les plans historiques et créé les joints, en conservant leur finition irrégulière de 10 mm de large pour 15 mm de profondeur.*

Noe Matrices et Créations a fabriqué environ 1 600 m² de matrices, préparées en bandes de 2 m de large. « Nous les avons collées sur des plaques de contreplaqué dans nos ateliers, puis livrées au coffreur Sateco. »

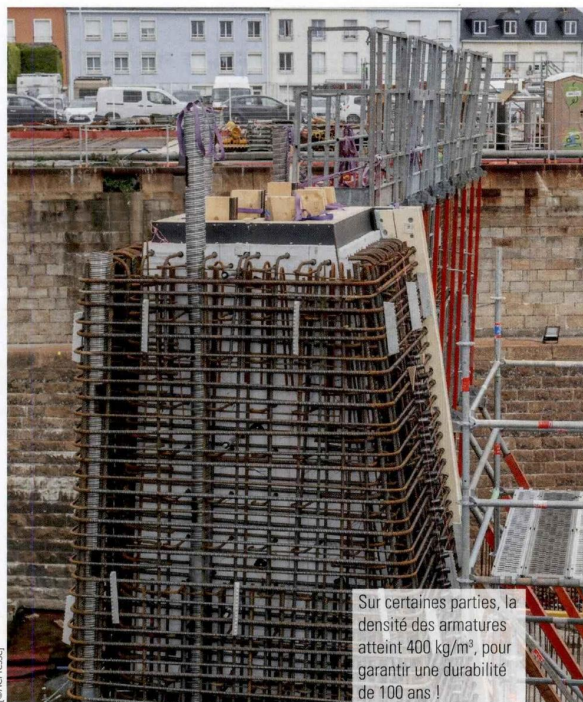
Longs de 2 m ou de 3 m, les panneaux ne présentent pas une coupe droite, mais crénelée pour suivre le dessin des joints entre les pierres. Ils sont fixés par l'arrière sur des banches grandes hauteurs TPC. « Il s'agit de nos coffrages à peau bois spécial travaux publics », confirme Philippine Bertier, responsable communication de Sateco. L'industriel viennois en a loué près de 1 400 m² pour répondre aux besoins du chantier de Saint-Nazaire. A cela s'ajoutent 500 m² de banches cintrables CTR 4010 (avec appoints en CTR 3010) pour assurer la réalisation de la pointe de l'éperon. Cette partie reste un sujet complexe sur le site.

En effet, elle prend l'apparence d'un tronc de cône qui a rendu impossible un traitement de la surface à l'aide des matrices réalisées sur mesure. « Elle a nécessité de travailler en 3D, ne permettant pas d'aligner correctement les joints des pierres », concède Julien Merceron. Aussi, le choix s'est porté sur une matrice "catalogue" à l'aspect minéral. « Le modèle s'appelle Porphyre. Nous en avons fourni 100 m² », reprend Xavier Safar. Et Delphine Gramaglia, de compléter : « Un tailleur de pierre réalisera les joints manquants durant une seconde phase de travaux ».

Un petit Flamanville.

Autre morceau de bravoure du chantier : les armatures. « Ces éléments invisibles, mais indispensables à la tenue des ouvrages », remarque Guillaume Cornec, président d'Eol Armatures. Et des aciers, il y en a beaucoup dans les bétons. « Sur certaines parties, nous atteignons une densité de 400 kg/m³ pour garantir une durabilité de 100 ans ! Nous sommes pour ainsi dire sur un petit Flamanville². » A Saint-Nazaire, Eol Armatures intervient en partenaire des travaux et non comme un simple

Techniques & Architecture



[EAC/Presses]

Sur certaines parties, la densité des armatures atteint 400 kg/m³, pour garantir une durabilité de 100 ans !



[EAC/Presses]

Devant servir de "mini-port", le havre verra la démolition d'une partie des voiles, d'où la mise en œuvre d'armatures en fibres de verre.



[Jean-Dominique Lamy/Imagine Créations/Hergel]

Au niveau du fort Boyard

se poursuivent les travaux de consolidation de la risberme.

sous-traitant. Il accompagne les études et co-détermine les méthodes pour pallier toute mauvaise surprise au moment de poser les armatures. Ou simplement de les lever. Les aciers arrivent sur site coupés-façonnés. « Nous assemblons les cages sur site, en temps masqué, en suivant le phasage pré-déterminé et les rotations du chantier. » Au total, quelque 1 000 t d'aciers ont ainsi été préparées, avec un travail au millimètre près, y compris pour les barres de Ø 32 mm !

Une obligation dès lors que l'on voit qu'en plus d'être matricés, hauts de près de 10 m, les voiles sont inclinés. En effet, épais de 40 cm, ils forment une double enceinte au niveau du havre, dont le vide interstitiel est de 3 m en pied et de "seulement" 1,20 m en tête. A ce niveau, Sateco a fourni un palonnier et une potence spécifique pour permettre de sortir les coffrages après durcissement du béton. Le profil des voiles et la densité d'armatures ont conduit les équipes d'ETPO à effectuer quelques bétonnages par pompage en pied de banches.

Lui aussi partenaire du chantier, Tournebois est venu, en quelque sorte, en appui de Sateco, en assurant la

réalisation de l'ensemble des coffrages sur mesure. En l'espèce, une partie des éléments destinés à la construction de la pointe de l'éperon. Et quelques pièces spéciales, elles-aussi, en bois intégrant des fragments de matrice sur mesure. Devant servir de mini-port, le havre verra sa partie interne ouverte pour permettre l'accostage des bateaux. Une situation de prime abord incompatible avec la nécessité de faire naviguer cet ouvrage sur près de 180 km... Aussi, une partie des voiles est provisoire, c'est-à-dire intégrant une armature en fibres de verre. Ce qui facilitera leur démolition, une fois le havre échoué et lesté.

La consolidation de la risberme se poursuit.

Justement, pour permettre la mise en place des ouvrages préfabriqués à Saint-Nazaire, les travaux de consolidation de la risberme² du fort se poursuivent en mer. En effet, au fil des années et en l'absence d'ouvrage de protection, le pourtour sous-marin s'est dégradé, imposant même des interventions d'urgence. Avec la mise en œuvre de moyens inédits, compte tenu des contraintes d'accès. Dans un premier temps, un hélicoptère a assuré le

transport des bennes contenant du béton coulé fourni par Edycem. Et destiné à combler une cavité creusée par les tempêtes au pied du fort. Environ 40 rotations ont été nécessaires pour réaliser cette opération de sauvegarde. Au-delà, une barge avait pris le relais pour poursuivre la restauration des massifs de protection. Elle assurait le transport d'un malaxeur-pompe.

« Nous étions dans une situation d'urgence, obligeant à utiliser les moyens disponibles. Toutefois, les prochaines campagnes verront l'installation d'un ponton capable de transporter une pompe et deux toues pour rendre nos interventions plus efficaces », précise Julien Merceron. Bien entendu, un béton colloïdal retardé à 6 h continuera d'être mis en œuvre, du fait des coulages réalisés sous l'eau. Ces rotations maritimes doivent se poursuivre jusqu'en 2027 pour atteindre un volume total de 300 m³ de béton.

La suite et fin du calendrier est ensuite limpide, puisque "limitée" à la dépose des éléments provisoires du chantier et la réalisation des finitions, avec une ouverture du fort Boyard à l'été 2028.

Frédéric Gluzicki

Plus d'informations sur acpresse.fr ou



¹ Une vaste campagne de rénovation du fort Boyard en tant que telle avait déjà été menée de 1989 à 2005.

² En référence au chantier de construction de la centrale nucléaire de Flamanville, dans le département de la Manche.

³ Une risberme peut être définie comme une plate-forme aménagée au pied d'un mur pour le protéger des affouillements par l'eau.