



Dossier de presse

L'infrastructure maritime de l'extension en mer de Monaco

MÉTHODES CONSTRUCTIVES
& GÉNIE ÉCOLOGIQUE

Sommaire



LA VISION
Pourquoi une extension en mer à Monaco ?

03



MÉTHODE CONSTRUCTIVE
Une ceinture de 18 caissons en béton armé

06



L'IMPÉRATIF ENVIRONNEMENTAL
Le génie écologique, au cœur de la conception du projet

10

L'INFRASTRUCTURE MARITIME
60 000 m² gagnés sur la mer

04



INNOVATION TECHNIQUE
Marco Polo, un dock unique adapté aux spécificités du projet

08



Les acteurs

11



EN SAVOIR PLUS
Questions/Réponses

12



La Principauté de Monaco a toujours eu la mer pour horizon. Un horizon géographique, avec un territoire situé sur une étroite bande littorale au bord de la Méditerranée. Mais un horizon également politique, avec une grande tradition de navigateurs, prolongée depuis plus de cent ans par une activité résolue en faveur de la connaissance et de la préservation des océans. Cette tradition de la Principauté se poursuit aujourd'hui dans un projet exigeant et ambitieux d'extension en mer. De par son expérience reconnue dans la réalisation de travaux fluviaux et maritimes, Bouygues Travaux Publics, en groupement avec la SAM Anse du Portier, a été retenu en 2015 pour réaliser l'infrastructure maritime du projet.



LA VISION
Pourquoi une extension en mer à Monaco ?

À la fois ville et pays, Monaco est aussi un territoire qui doit concilier son dynamisme économique et démographique avec des contraintes d'espace considérables. C'est sur la mer que la Principauté doit désormais gagner ses nouvelles frontières. Au printemps 2013, le Prince Albert II a ainsi décidé de lancer un projet d'urbanisation en mer. La réalisation des infrastructures maritimes a été confiée à Bouygues Travaux Publics en 2015.

Accompagner le développement de la Principauté

La Principauté de Monaco affiche un dynamisme exceptionnel, tant sur le plan économique – avec un PIB en croissance de 3,2 % en 2016 – que sur le plan démographique. Le pays, qui compte 38 695 habitants, a connu une croissance démographique de 0,5 % en 2017. Le Gouvernement souhaite aujourd'hui poursuivre sa politique volontariste de développement de l'économie et de l'emploi en étendant le territoire de la Principauté. Une conquête de nouvelles frontières sur la mer, pour donner à Monaco de nouveaux espaces sur lesquels bâtir son avenir.

Étirer sur la mer des frontières trop étroites

Étendu sur une bande de terre de 4 kilomètres de long enclavée entre la France et la Méditerranée, Monaco a choisi d'adapter son urbanisme à l'exigüité de son territoire. La rareté du foncier disponible a conduit la Principauté à s'étendre progressivement sur la mer avec la réalisation de terre-pleins, des plages du Larvotto, du quartier de Fontvieille ou encore de l'extension du port Hercule, pour un total de plus de 40 hectares gagnés sur la mer, soit 20 % de son territoire. D'une superficie de 6 hectares environ, le projet actuel doit accueillir un nouveau quartier. En faisant appel à Bouygues Travaux Publics pour mener à bien la construction de l'infrastructure maritime, la Principauté fait le choix d'un acteur expérimenté. Parmi ses références : la réalisation du front de mer de Beyrouth (1997-2000), la conception-construction du port de Tanger Med 1 (2003-2006) et de son extension Tanger Med 2 (2010-2014) ou l'extension du port de Calais, actuellement en cours.

Un projet respectueux de l'environnement

L'extension en mer de Monaco est marquée, dès la conception du projet, par une forte ambition en matière de développement durable et de protection de l'environnement. Encadrée au nord-est par la réserve marine du Larvotto et au sud-ouest par l'aire protégée du tombant coralligène des Spélugues, la construction des infrastructures maritimes fait l'objet d'un suivi particulièrement exigeant, tant de la part de la Principauté que de Bouygues Travaux Publics. L'objectif : maintenir la qualité des eaux, préserver les ressources marines et réduire les nuisances d'une manière générale. Cette dimension écologique se retrouve d'ailleurs dans les finalités du projet, puisque l'extension en mer accueillera l'Anse du Portier, le tout premier écoquartier monégasque.

2,02 km²
Superficie de la Principauté de Monaco

19 156
habitants/km²

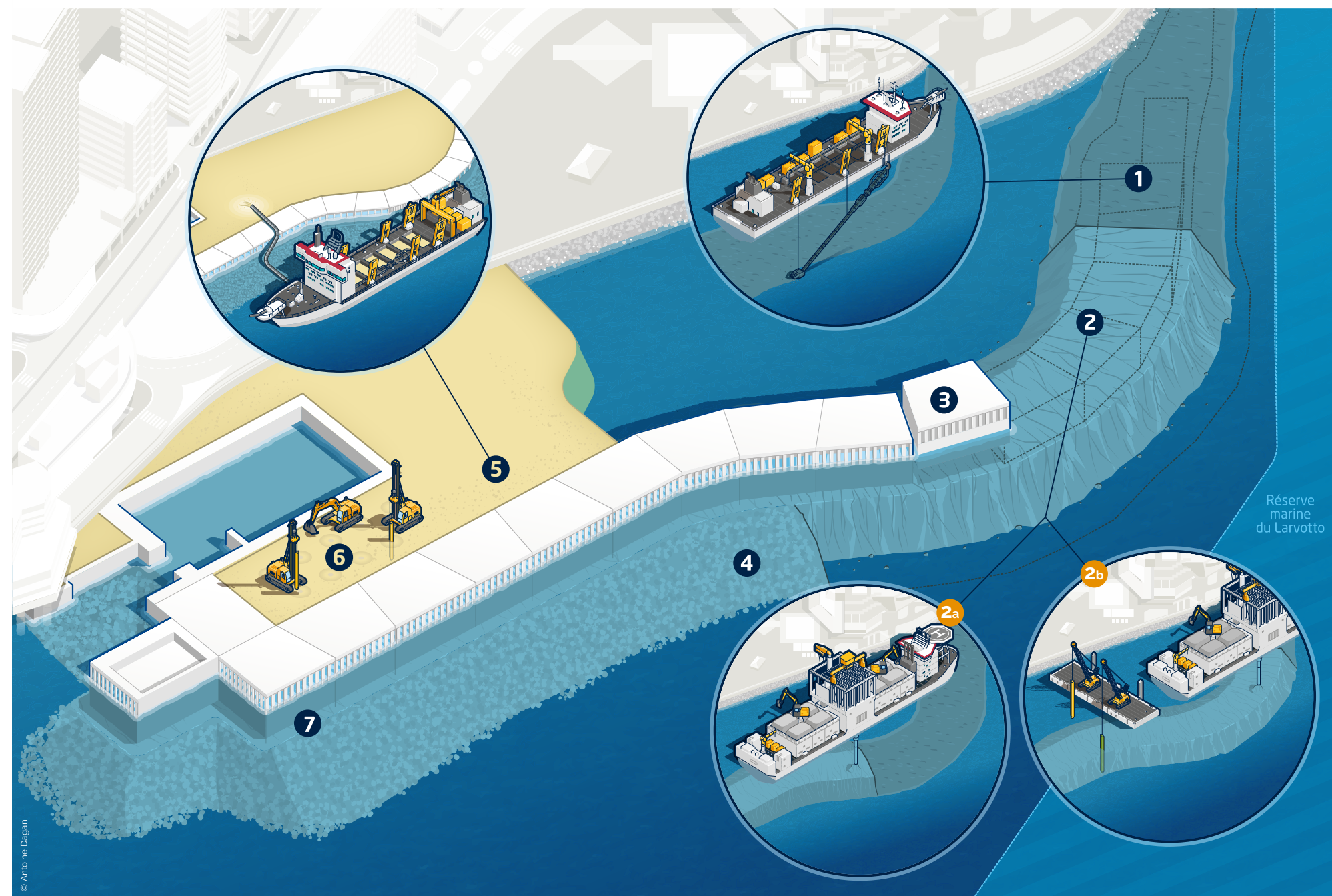
60 000 m² gagnés sur la mer

L'infrastructure maritime, qui permettra le développement d'un nouveau quartier de la Principauté, est constituée d'un **terre-plein** entouré d'une **ceinture de protection** composée de 18 caissons en béton armé posés sur un **remblai** sous-marin. Pour réaliser cette extension en mer, Bouygues Travaux Publics a mis au point des méthodes constructives inédites et innovantes qui ont notamment pour objectifs de réduire l'impact du chantier sur l'environnement et de préserver le patrimoine naturel marin de la Principauté.



2 000 000 de tonnes

de matériaux de carrière qui
serviront au remblai d'assise,
à la réalisation du talus
et au ballastage des caissons.



© Antoine Dagan

4

Protections anti-affouillement

Janvier 2019 – Avril 2020

Un talus sous-marin est constitué autour du remblai d'assise par l'installation d'une carapace en enrochements. Il vise à éviter l'érosion des fondations en cas de houle importante.

5

Remblaiement du terre-plein

Septembre 2019 – Novembre 2019

Lorsque la ceinture de caissons est achevée, le remblaiement final de l'extension en mer peut commencer. 450 000 m³ de sable marin extraits au nord de la Sicile sont déversés par une drague d'une capacité de 60 000 m³, grâce à un tuyau flottant qui aspire également l'eau chargée en matériaux fins.

6

Traitement du sol

Septembre 2019 – Septembre 2020

Avant que les aménagements de la nouvelle plateforme ne puissent commencer, il faut traiter les sédiments en place contre la liquéfaction. Différentes techniques sont employées : vibro-compaction, colonnes ballastées, injections solides par injection de mortier, ou encore des inclusions rigides (insertion de pieux dans le sol). Enfin, les remblais d'apport doivent également être traités : c'est à nouveau la technique de vibrocompactage qui est utilisée pour le matériau 20/180 situé à l'arrière des caissons et pour le sable de Sicile.

7

Berme (protection anti-affouillement)

Une partie plane est dégagée au sommet du talus, sur laquelle sont disposés un géotextile et une protection en enrochement renforcée. Objectif : éviter l'érosion directement au pied du caisson.

1

Dragage du fond rocheux

Octobre 2017 – Février 2018

L'objectif de cette première étape est double : retirer les sédiments sous-marins limoneux pour assurer une mise à nu du fond rocheux. Les sédiments sont extraits au moyen d'une benne écologique et expédiés dans une zone de traitement à Toulon (centre de traitement Envisan). Le reste du dragage des sédiments en place est assuré par une drague aspiratrice en marche (DAM).

2

Constitution du remblai d'assise

Décembre 2017 – Juin 2018

Une fois le fond rocheux dégagé permettant d'assurer une qualité d'assise suffisante pour la ceinture des caissons, un matériau granulaire spécifique à ce projet (de type 20/180 mm) est déposé par le *Simon-Stevin*, un navire spécialisé (*fall pipe vessel* 2a), pour constituer l'assise des caissons. Ce remblai est ensuite compacté en profondeur (jusqu'à - 50 mètres) par la pénétration d'aiguilles vibrantes 2b. Ce procédé permet aux grains de se réarranger en un état plus dense et d'augmenter ainsi la compacité globale du massif de sol d'assise.

3

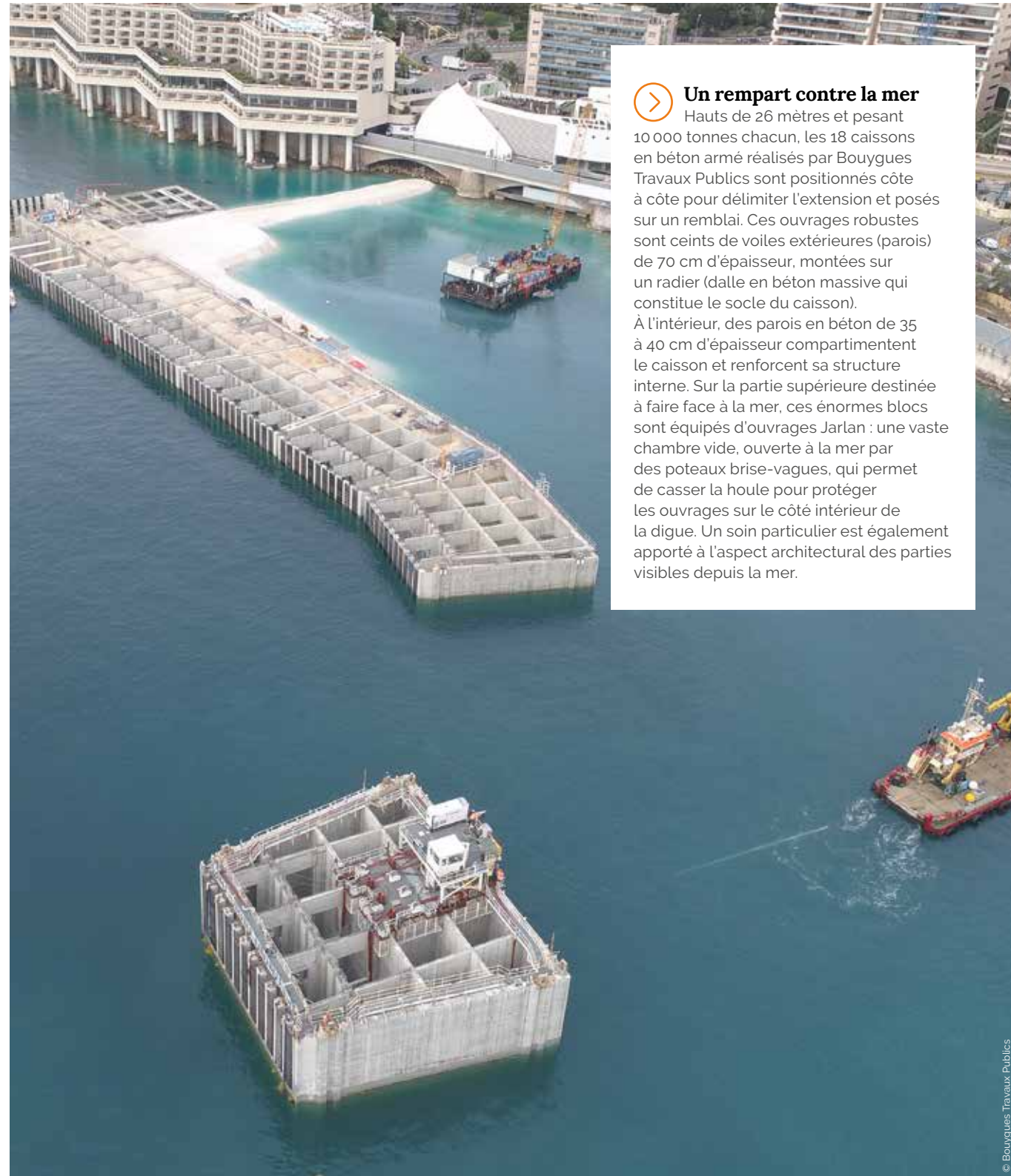
Pose des caissons

Juillet 2018 – Août 2019

Destinés à former la ceinture de l'extension en mer, 18 caissons de forme trapézoïdale en béton (voir p. 6-7) sont acheminés depuis Marseille et ballastés avec un matériau solide. Ils viennent ainsi reposer sur le remblai d'assise. En toute fin de chantier, ces caissons seront équipés d'un mur chasse-mer, d'un mur casquette et couverts par des dalles.

MÉTHODE CONSTRUCTIVE

Une ceinture de 18 caissons en béton armé



Un rempart contre la mer

Hauts de 26 mètres et pesant 10 000 tonnes chacun, les 18 caissons en béton armé réalisés par Bouygues Travaux Publics sont positionnés côte à côte pour délimiter l'extension et posés sur un remblai. Ces ouvrages robustes sont ceints de voiles extérieures (parois) de 70 cm d'épaisseur, montées sur un radier (dalle en béton massive qui constitue le socle du caisson). À l'intérieur, des parois en béton de 35 à 40 cm d'épaisseur compartimentent le caisson et renforcent sa structure interne. Sur la partie supérieure destinée à faire face à la mer, ces énormes blocs sont équipés d'ouvrages Jarlan : une vaste chambre vide, ouverte à la mer par des poteaux brise-vagues, qui permet de casser la houle pour protéger les ouvrages sur le côté intérieur de la digue. Un soin particulier est également apporté à l'aspect architectural des parties visibles depuis la mer.


66 000 m³
de béton
pour fabriquer les 18 caissons.


Entre **36 et 48 h**
de trajet
pour acheminer les caissons
de Marseille à Monaco.



Acheminement

Fabriqués dans le Grand Port Maritime de Marseille, les caissons ont été acheminés à Monaco les uns après les autres. Un trajet de plus de 200 km réalisé à l'aide d'un remorqueur. Pendant le voyage, les chambres Jarlan sont obturées, pour éviter qu'elles ne se remplissent d'eau. Une fois sur place, les caissons sont positionnés au-dessus de leur emplacement futur, ballastés à l'eau de mer pour les immerger, puis définitivement lestés à l'aide de matériaux de carrière. Une opération renouvelée pendant 13 mois, jusqu'à l'achèvement complet de la ceinture.

“En plus de leur efficacité pour protéger l'extension en mer, les caissons constituent une réponse adaptée aux exigences de Monaco : l'aspect architectural des parties visibles est soigné, et les ouvrages Jarlan permettent d'apporter un aspect plus esthétique que la mise en place de protections en blocs de béton.”

Éric Cheype,
directeur du projet de préfabrication des caissons à Marseille



20 mois
pour fabriquer le caissonnier,
de sa conception jusqu'à
son achèvement.



Plus d'infos

INNOVATION TECHNIQUE

Marco Polo, un dock unique adapté aux spécificités du projet

> Un prototype sur mesure

Usine flottante et submersible de fabrication des caissons, le caissonnier est une imposante structure métallique de 58,40 mètres de long, 51,30 mètres de large et 25,50 mètres de haut pour un poids de 4 559 tonnes. Il s'agit d'un équipement unique en France, conçu spécifiquement pour les besoins de ce chantier hors-norme et développé dans un temps record par les équipes de Bouygues Travaux Publics, entre décembre 2015 et août 2017. L'engin fonctionne par faible tirant d'eau, ce qui est le cas dans la zone de construction des caissons dans le Grand Port Maritime de Marseille, et peut être coulé et relevé rapidement, lui permettant une productivité élevée (voir ci-contre, « La fabrication des caissons »). Il dispose en outre d'un système de ballastage automatique innovant, qui lui garantit une meilleure stabilité.

De la Baltique à la Méditerranée

C'est dans le chantier naval CRIST, situé sur les bords de la Baltique à proximité de Gdansk, que le caissonnier a été construit. Ce site a été choisi en raison de sa vaste cale sèche et d'un portique dont la capacité de levage est de 1 000 tonnes. Chargé sur un bateau semi-submersible, le caissonnier a été acheminé jusqu'à Marseille où il arrive le 21 août 2017.

Marco Polo a parcouru plus de 5000 km et porte donc bien son nom de grand voyageur, qui est également la contraction de Marseille - Monaco - Pologne.

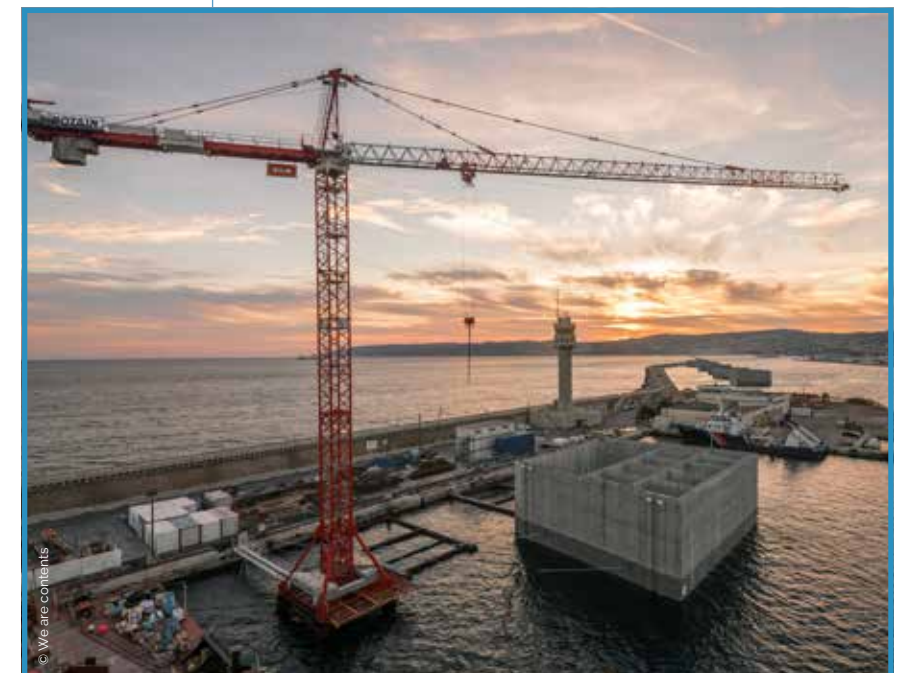


> La fabrication des caissons

Dès lors que la construction d'un caisson a commencé, elle est ininterrompue jusqu'à sa sortie du caissonnier. Dans un premier temps, le radier (socle du caisson) est construit à sec sur le caissonnier. Un coffrage coulissant est alors installé sur toute la hauteur du futur caisson. Il montera sans interruption pendant plusieurs jours à la vitesse de 12 cm/h, permettant l'élévation en continu et en simultané de 280 mètres de voiles (parois) externes et internes du caisson. En prévision de l'étape suivante, le béton fraîchement coulé est alors enduit d'une résine pour le rendre étanche. En effet, une fois les parois élevées à 26 mètres de hauteur, le caissonnier est ballasté. La plateforme sur laquelle repose le caisson descend ainsi progressivement sous l'eau jusqu'à ce que celui-ci, soumis à la poussée d'Archimède, se décolle et se mette en flottaison (ce qui survient vers 14 mètres de profondeur, tandis que le caissonnier continue à s'enfoncer jusqu'à 21,80 mètres de profondeur). Le caisson est dégagé et amené à un autre poste de travail, où sera réalisée la chambre Jarlan sur sa partie supérieure. Il peut ensuite être transporté jusqu'à Monaco pour être immergé sur son emplacement définitif. Quant au caissonnier, il refait surface immédiatement pour préparer la construction d'un nouveau caisson.



9 jours
de bétonnage sans interruption sont
nécessaires pour construire un caisson.





● La Caulerpe, une espèce d'algue invasive, a fait l'objet d'une éradication complète avant le début des travaux maritimes.

L'IMPÉRATIF ENVIRONNEMENTAL

Le génie écologique, au cœur de la conception du projet

Situés entre deux **réserves** inscrites au titre des aires marines protégées (la réserve sous-marine du Larvotto et le tombant des Spélugues), les travaux d'infrastructures maritimes font l'objet d'un suivi vigilant de la part de la Principauté. Intégrant les conclusions d'une étude d'impact environnemental menée avec ses partenaires, Bouygues Travaux Publics a ainsi pensé chaque élément du projet avec le souci constant de limiter les atteintes à l'environnement. Ce chantier constitue un véritable **laboratoire** pour le développement de méthodes et de technologies inédites minimisant les atteintes portées dans le cadre de travaux de grande envergure en mer. De la conception à l'exécution du programme de construction, un arsenal de mesures vise trois objectifs principaux :

Éviter de perturber le milieu naturel

- 1 La **forme** de l'extension en mer a été conçue de façon à favoriser l'écoulement du courant près de la côte
- 2 Des **espèces marines** occupant la zone d'emprise des travaux ont été déplacées dans des espaces protégés :
 - 143 grandes nacres (*Pinna nobilis*), espèce protégée présente dans l'emprise du projet, ont été déplacées vers la réserve marine du Larvotto
 - Certains rochers colonisés par l'algue protégée « *Lithophyllum Byssoides* » ont été relocalisés
 - Un prélèvement de 518 m² d'*herbier de posidonie* a été réimplanté dans des jardinières sous-marines au pied de la digue de Fontvieille et dans la réserve du Larvotto

Réduire l'impact des travaux sur l'environnement

- 1 **Plan de maîtrise** de la turbidité avec :
 - des écrans sous-marins de protection en limite des deux réserves naturelles
 - un réseau de bouées permettant le suivi de la turbidité autour du chantier
- 2 **Surveillance** des bruits sous-marins pour éviter tout impact sur les cétacés
- 3 **Code de bonne conduite** observé par toutes les entreprises travaillant sur le chantier pour limiter les nuisances vis-à-vis du voisinage
- 4 **Écran de protection** phonique le long de la Promenade des Champions

Compenser les dommages causés à l'environnement

- Afin de favoriser la colonisation des parties immergées par des espèces vivantes, des **mesures d'écoconception** sont mises en place :
- Les façades des caissons sont rainurées et équipées de panneaux conçus spécifiquement pour le projet
 - Les chambres internes Jarlan sont aménagées pour favoriser la biodiversité, et accueillent des habitats artificiels
 - Les récifs artificiels sont créés pour aménager des corridors écologiques et favoriser la connectivité entre les deux réserves voisines

Les acteurs

Autorités en charge du projet

La Principauté de Monaco

En tant que « puissance publique concédante » et propriétaire final de l'infrastructure maritime, des aménagements publics et d'autres ouvrages qui lui reviendront, la Principauté supervise la réalisation du nouveau quartier et vérifiera avec ses propres moyens que les objectifs et exigences qu'il a fixés sont bien respectés.



La SAM Anse du Portier

Constitué d'actionnaires privés, le groupement Anse du Portier est le maître d'ouvrage du projet. Par un traité signé en juillet 2015, la Principauté lui a accordé une concession sur les futurs terrains créés par l'extension en mer, en contrepartie du financement, de la conception et de la réalisation du projet. C'est la société anonyme monégasque (SAM) Anse du Portier qui a choisi Bouygues Travaux Publics pour réaliser les infrastructures maritimes.

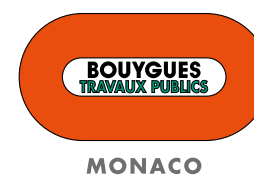


Signature du traité de concession le 30 juillet 2015, en présence d'Andrea Casiraghi, Marie-Pierre Gramaglia, Patrice Pastor, Jean-Baptiste Pastor, Philippe Bonnavé (PDG de Bouygues Construction), Renzo Piano et Denis Valode (architectes).

“Bouygues Travaux Publics dispose d'une expertise reconnue en matière de travaux fluviaux et maritimes : elle nous permet d'adapter nos méthodes et d'innover pour répondre aux enjeux environnementaux et techniques du projet.”

Christophe Hirsinger,
directeur du projet

Le constructeur



Filiale de Bouygues Construction spécialisée dans le génie civil et les ouvrages d'art, Bouygues Travaux Publics dispose de compétences et d'un savoir-faire reconnus dans la réalisation de travaux souterrains, de travaux fluviaux et maritimes, de projets linéaires, de génie civil industriel, d'activités de terrassement et de mines à ciel ouvert.

De Hong Kong à Miami, Bouygues Travaux Publics a réalisé de nombreux projets emblématiques : le tunnel sous la Manche, le front de mer de Beyrouth, les autoroutes A28 et A41, les ponts de l'île de Ré et de Normandie, le sarcophage de Tchernobyl, les métros du Caire et de Sydney, plus de 10 tunnels à Hong Kong...

Questions/Réponses



Quel est l'historique du projet ?

En juillet 2015, le traité de concession du projet d'urbanisation en mer entre l'Etat monégasque et la SAM Anse du Portier est signé.

Il porte sur l'ensemble du programme de construction sur une superficie de 6 hectares et se divise en deux parties principales :

- l'édification du terre-plein prolongeant le littoral de la Principauté ;
 - la réalisation du quartier de l'Anse du Portier.
- Les différentes phases initiales (mise à jour des études d'impact, finalisation des choix techniques) nécessaires à la réalisation du projet ont débuté en août 2015.



Quels seront les aménagements réalisés sur cette extension ?

L'extension en mer accueillera l'Anse du Portier, un écoquartier comprenant des logements de luxe et des commerces (3 000 m²), un agrandissement du Grimaldi Forum de près de 50% (3 500 m²), un parking public, des jardins, des espaces et équipements publics.



Pourquoi construire les caissons à Marseille ?

Le Grand Port Maritime de Marseille est le seul port de la région à proposer des zones de construction d'une profondeur suffisante, avec un tirant d'eau de 22,5 mètres. Il dispose par ailleurs des infrastructures adaptées à l'accueil de grands projets industriels.



D'où proviennent les matériaux nécessaires à la construction du remblai d'assise ?

Les 2 870 000 tonnes de granulats nécessaires sont issues de carrières à Châteauneuf-les-Martigues (Provence-Alpes-Côte d'Azur) et embarquées dans le port industriel de Fos-sur-Mer.



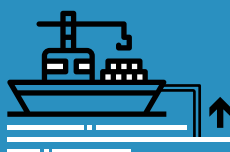
Comment sont traitées les vases retirées des fonds marins ?

Retirées par des bennes étanches, dites bennes écologiques, les 60 000 m³ de vases ont été transférés et traités dans une usine spécialisée dans le Var pour être décontaminés et revalorisés.



Qu'est-ce que la turbidité de l'eau ?

La turbidité désigne la teneur de particules en suspension dans l'eau. Il s'agit d'un risque environnemental identifié dans le cadre du chantier, son augmentation pouvant diminuer la pénétration de la lumière et donc limiter la photosynthèse.



Qu'est-ce qu'une drague aspiratrice en marche (DAM) ?

Il s'agit d'un navire spécialisé dans l'aspiration des sédiments du fond marin grâce à des tubes (élinde) trainant le long de sa coque. La DAM utilisée à Monaco est le navire *Francis-Beaufort*.



Qu'est-ce qu'un fall pipe vessel ?

C'est un navire équipé d'un tuyau flexible dont l'extrémité peut être descendue jusqu'au fond marin pour le recouvrir de matériaux avec une grande précision. Employé pour constituer le remblai d'assise, le *Simon-Stevin* est capable de transporter 30 000 tonnes de matériaux.

Contact : Direction de la communication de Bouygues Travaux Publics

✉ n.cote@bouygues-construction.com

✉ e.floret@bouygues-construction.com