

## **NOUVEAU PORT DE TANGER (MAROC)**

### ***TANGIERS NEW HARBOUR (MOROCCO)***

**Saddek CHERIF – David COULET – Nicolas BERTHE**

**BOUYGUES Travaux Publics**

**Christophe CARREAU**

**SAIPEM – SA**

**TMSA**



## 1. INTRODUCTION

Sur la rive sud du détroit de Gibraltar et à 40 km à l'Est de la ville de Tanger, les autorités marocaines ont décidé la construction d'un nouveau port en vue de favoriser le développement économique de la région du Nord et de consolider l'ancrage du Maroc dans l'espace Euro-Méditerranéen. Les principales fonctions du port sont :

- Capturer une partie du trafic de transbordement de conteneurs,
- Développer le trafic TIR,
- Rationaliser l'affectation du trafic de céréales,
- Desservir l'hinterland de Tanger en produits pétroliers raffinés,
- Désengorger la ville de Tanger pour tourner davantage son activité vers le tourisme et en faire un pôle d'attraction culturelle.

Intervenants :

- Direction de l'Aménagement du Nouveau Port Tanger Med, relevant du Ministère de l'Équipement (DAPTM).
- Société Anonyme à Directoire et à Conseil de Surveillance dotée des prérogatives de puissance publique, dont les missions sont :
  - Maîtrise d'Ouvrage et Maîtrise d'Œuvre du projet
  - Étude, aménagement et exploitation du nouveau port et des zones d'activité
  - Elaboration du schéma général d'aménagement
  - Promotion commerciale du port et des zones d'activités
  - Administration du domaine public de la zone

Les travaux sont réalisés par le groupement d'entreprises SRPTM constitué par :

- BOUYGUES TP
- SAIPEM-SA
- BYMARO (filiale marocaine de Bouygues Bâtiment International)

Le Groupement a été retenu en juin 2003 sur sa proposition de variante technique qui consiste en particulier à remplacer une grande partie de la digue à talus classique, par des caissons en béton armé, lorsque les fonds marins dépassent 20 m. Cette solution est moins coûteuse, réduit l'emprise de la digue et améliore l'impact écologique de la construction. Elle assure également de meilleures conditions d'accès pour les navires, une plus grande protection vis à vis de la houle et un accroissement de la surface du terre plein.

## 1. INTRODUCTION

*On the south bank of the Gibraltar's Strait, and at 40 km east of Tangiers city, the Morocco authorities have launched the construction of a new harbour, to favor the economical development of the North region and to improve the relationship between Morocco and the Euro-Mediterranean area. The main functions of the harbour are :*

- *Get a part of the traffic of the containers transshipment*
- *Develop the traffic of trucks*
- *Rationalize the affectation of the cereals traffic*
- *To serve the Tangiers hinterland with refined oil products*
- *To clear the city of Tangiers, in order to turn its activity more to the tourism and make it as a pole of a cultural center.*

Actors:

- *Direction of organization of the New harbour « Tanger Med », depending from the Ministry of equipment (DAPTM).*
- *Client company TMSA, with a surveillance council endowed prerogatives of public power, of which the missions are :*
  - *Owner and technical advisor of the project*
  - *Design, organization and exploitation of the new harbour and activity zones*
  - *Elaboration of the general plan of organization*
  - *Commercial promotion of the harbour and activity zones*
  - *Administration of the public domain of the zone*

*The works are performed by a joint venture company (SRPTM) constituted by:*

- *BOUYGUES-TP*
- *SAIPEM-SA*
- *BYMARO (Morocco subsidiary company of Bouygues-BI)*

*The joint venture was selected in June 2003, on its proposition of a technical alternative, which consists in particular to replace a great part of the classic breakwater as a rubblemound, by caissons made of reinforced concrete, when the seabed is deeper than 20 m. This solution is less expensive, reduces the width of the breakwater and improves the ecological impact of the construction. It also insures the best conditions of access for the ships, a greater protection against the swell and increases the surface of the reclamation areas.*

## 2. DESCRIPTION GÉNÉRALE

### 2.1 Aménagement général

Ce projet, appelé « Port de Tanger-Méditerranée », est articulé autour d'un port en eau profonde et de zones franches logistique, industrielle, commerciale et touristique et des infrastructures de connexion autoroutière et ferroviaire.



Vue générale / General view

Le port de Tanger-Méditerranée se développe à l'abri d'une digue principale de 2050 m et d'une digue secondaire de 570 m et est constitué de plusieurs terminaux :

- Un terminal à conteneurs, avec un linéaire de quai de 1612 m offrant un tirant d'eau variant de 12 à 18 mètres et 90 hectares de terre-pleins,
- Un quai de 201 m de long pour marchandises et divers avec un tirant d'eau de 12 mètres.
- Un terminal céréalier doté d'un quai de 366 m avec un tirant d'eau de 15 m.
- Un quai de service de 225 m avec un tirant d'eau de 6 m.

### 2.2 Description de la digue à talus

La digue à talus est réalisée en matériaux de carrière, mis en œuvre par voie maritime ou terrestre. Elle s'étend sur une longueur de 1000 m et sur une profondeur d'eau inférieure à 20 m.

## 2. GENERAL DESCRIPTION

### 2.1 General improvement

*This project, named "Tangiers- mediterranean harbour ", is articulated on a harbour in deep water, on free zones of logistic, industrial, commercial and tourist facilities and on infrastructures of motorways and railways connections.*

*The harbour of Tangiers-mediterranean is protected by a main breakwater of 2,050 m length and a secondary breakwater of 570 m length. This breakwater will protect several terminals to be erected later :*

- *A container terminal of 1,612 m length, offering a draught of 12 to 18 m and a reclamation area of 90 hectares.*
- *A 201 m length of quay, for feeders with a draught of 12 m.*
- *A cereal terminal with a 366 m length of quay, with a draught of 15 m.*
- *A 225 m length utility quay, with a draught of 6 m.*

### 2.2 Description of rubblemound

*The rubblemound is realized with materials from quarry, placed by maritime or terrestrial way. It is located in depths not exceeding 20 m. Its total length is around 1,000 m.*

## 2.3 Description de la digue à caisson

Elle est composée de 40 caissons fondés au niveau -20 m et posés l'un contre l'autre sur une longueur de 1100 m. Les dimensions de chaque caisson sont : 28x28 m en plan et 32 à 35 m de haut. Longitudinalement les caissons sont solidarisés entre eux au moyen de « clés » remplis de béton. Le volume total de béton est de 3000 m<sup>3</sup> par caisson.

### 2.3.1 Description des caissons

Les caissons sont préfabriqués en béton armé et sont constitués de quatre cellules ballastées en sable sur une hauteur de 23 m. Par dessus, sont réalisés les superstructures composées de trois voiles. Un voile avant ajouré appelé "Jarlan" permettant la réduction de l'énergie de la houle, un voile arrière qui fait écran à la houle et un voile de transversal qui relie les deux voiles précédents.

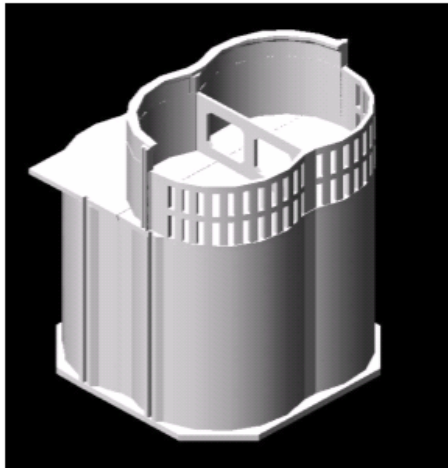


Fig 2 : Modèle 3D du caisson / Caisson 3D model

## 3. CONCEPTION DES CAISSONS

### 3.1 Etude de structure

Les études de structure sont réalisées à l'aide d'un modèle éléments fini tridimensionnel du caisson. Les actions principales sont celle de la houle centennale et des charges d'exploitation des quais. Les charges hydrauliques sont issues des tests en bassins réalisés chez Oceanide (Seyne sur mer – France). Le ferrailage est calculé sur la base des critères de fissuration très préjudiciable des règles Françaises, applicables pour les structures marines.

## 2.3 Description of breakwater

*It is constituted of 40 caissons based at level -20 m and placed one close to the other, along a total length of around 1,100 m. The horizontal dimensions of one caisson are 28x28 m and the height is 32 to 35 m. Longitudinally the caissons are connected by means of concrete keys. The total concrete volume is 3,000 m<sup>3</sup> per caisson.*

### 2.3.1 Description of the caissons

*The caissons are made of precasted reinforced concrete and have 4 cells shape (sharmrock shape) filled with sand on a height of 23 m. Above are erected the superstructures, constituted by three walls. A partially opened front wall (in order to reduce the swell energy), a rear wall as a screen to the swell and a transverse wall to link the two previous walls.*

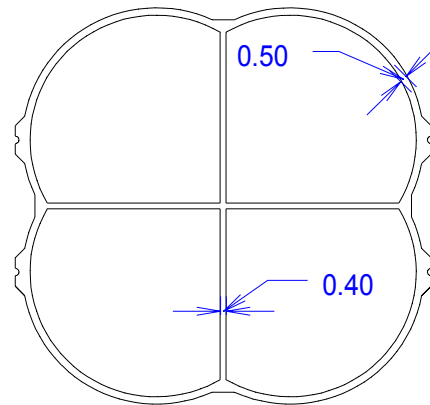


Fig 1: Horizontal section of caisson / Section horizontale du caisson

## 3. DESIGN OF THE CAISSONS BREAKWATER

### 3.1 Structural analysis

*The structural analysis is performed using a finite tridimensional model of the caisson. The main loadings are the 100 years wave and the working loads of the quays. The wave loads are issued from hydraulic model tests, performed in Oceanide facilities (Seyne sur mer – France). The reinforcement is designed with respect to the very detrimental cracking French criteria, used in design of marine structures.*

### 3.2 Hydraulic analysis

*The design of the breakwater was analysed by computer calculation and then tested by models.*



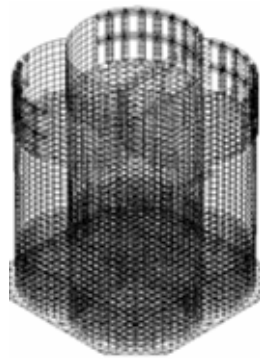


Fig 3: Modèle 3D de calcul / Calculation 3D model

### 3.2 Etudes hydrauliques

La conception de la digue a été étudiée sur modèle numérique et ensuite testée à l'aide de modèles physiques.

Durant les phases d'appel d'offre et d'exécution, des essais sur modèle réduit ont été réalisés en canal à houle et en bassin pour valider la variante proposée.

#### 3.2.1 Modèle en canal à houle (modèle 2D)

Durant la phase d'appel d'offre la solution variante a été testée en canal à houle. L'objet de ces tests était :

- La vérification de la stabilité des caissons (Mesure d'efforts globaux à l'aide d'une balance dynamométrique)
- L'étude des franchissements

La figure ci-contre montre le modèle utilisé pour ces tests réalisés au Laboratoire d'Océanide.

Durant la phase d'exécution des travaux, les analyses précédentes ont été complétées par des essais additionnels, à l'aide de modèles 2D locaux, permettant d'évaluer les forces appliquées aux différents éléments de la structure des caissons. Des capteurs de pression ont été introduits dans le modèle afin de mesurer les efforts locaux appliqués à la dalle et aux voiles.

La fig 5 montre la position des capteurs de pression, trois d'entre eux sont installés sur la dalle et deux sur les voiles.

Sur la base des efforts globaux (mesurés par la balance) et des efforts locaux (mesurés par les capteurs), il a été défini tous les diagrammes de pression à considérer dans le calcul structurel (fig 6).

*During the tendering process as well as during execution of the work, physical model testing in wave flume or basin have been performed to validate the proposed design solution.*

#### 3.2.1 Model test in wave flume (2D model tests)

*During tender stage, the alternative solution was tested in a wave flume. The purposes of these tests were :*

- *Evaluation of the caissons stability (using balance measurements)*
- *Wave run-up and overtopping estimation*

*Hereunder shows the model used for these tests which have been done in Oceanide laboratory.*

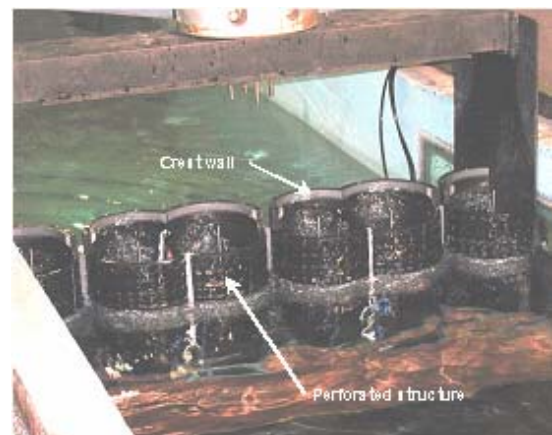


Fig 4: Caissons structure model / Modèle de structure des caissons

*During execution of the works, at detailed design stage, the previous analysis was completed by additional local 2D model tests, in order to evaluate the forces induced on the structural elements of the caisson. Pressure cells have been installed on the model structure, in order to define the local loads applied to the concrete slab and to the wall.*

*Fig. 5 shows the positioning of the pressure cells, three of them have been installed on the superstructure slab, and two of them have been installed on the wall.*

*Based on the global efforts (defined by balance measurements) and the local loads (defined by pressure cells), it has been defined the complete pressure diagram to be considered for the structural calculations (fig 6).*

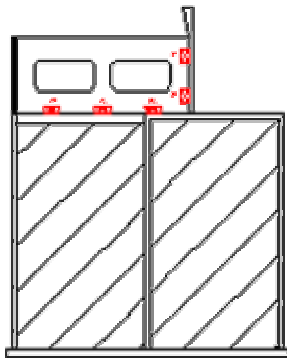


Fig 5 : Position des capteurs de pression /  
Positioning of the pressure cells

### 3.2.2 Modèle en bassin (modèle 3D)

Durant la phase d'exécution des travaux, un modèle 3D complet a été réalisé au Laboratoire de Sogreah. L'objet principal de ce modèle a été de vérifier la stabilité de la jonction entre les Accropode™ et les caissons. Des essais additionnels ont été réalisés pour vérifier la stabilité de la butée en enrochement au pied de l'ouvrage, sous l'action de la houle.

La Fig 7 montre la jonction entre les Accropode™ et les caissons. Le plan de pose des Accropode™ a été adapté à la géométrie particulière. Aucun problème de stabilité n'a été observé.



Fig 7 : Jonction entre les Accropodes et les caissons /  
Junction between Accropodes and caissons

## 4. DURABILITÉ

La digue est conçue pour une durée de vie de 100 ans. A ce titre, plusieurs mesures sont prises concernant :

- La qualité du béton : La formulation du béton est développée en laboratoire, pour satisfaire aux critères de perméabilité aux ions chlorés, de compacité, de faible dosage en eau et de haute qualité des agrégats.

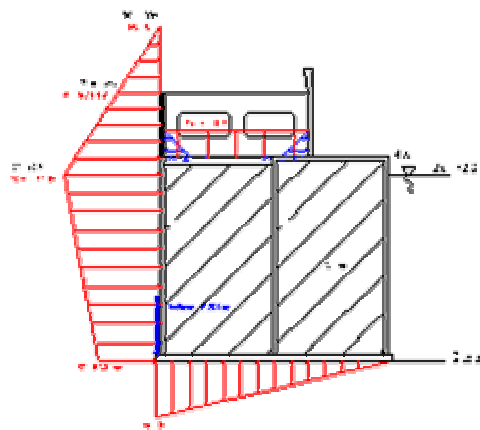


Fig 6: Example of pressures diagram /  
Exemple de diagramme de pression

### 3.2.2 Model test in wave basin (3D model)

During execution of the work, a complete 3D physical model has been performed in Sogreah laboratory. The main purpose of these tests was the stability of the junction between Accropode™ blocks and caissons. Additional tests have then been done to study the stability of scour protection under design wave conditions.

Fig. 7 shows the junction between Accropode™ blocks and caissons. The Accropode™ placing drawing has been adapted to the particular geometry, no problem of stability appears.

## 4. DURABILITY

The whole design of the breakwater is based on a 100 years durability. Regarding this requirement, several measures were considered:

- Concrete quality: The concrete formulation is performed in laboratory to satisfy the criteria of permeability to chloride ions, of compactness, of low water dosage and of high quality of the aggregates. So, several admixtures were used, in order to regulate the time for concrete drying and insure the handiness. Addition of silica fume was required in order to increase the compactness and watertightness of concrete above water level.
- Concrete placing: During concreting of the walls, the concrete is placed in a continuous way, using a sliding formwork and therefore limiting the number of concrete joints which are weakness points for durability.

Ainsi, plusieurs adjuvants ont été utilisés, de manière à réguler les temps de prise et la maniabilité. Addition de fumée de silice pour augmenter la compacité et l'étanchéité des bétons hors d'eau.

- La mise en oeuvre du béton : Le béton est mis en oeuvre de manière quasi-continue, grâce à l'utilisation d'un coffrage glissant permettant de limiter le nombre de joints de reprises qui sont des points de faiblesse vis à vis de la durabilité.
- Les conditions de maturité du béton : Une attention particulière est apportée au respect de la température du béton qui ne doit pas dépasser 25° durant la prise. La centrale à béton est équipée d'une centrale à glace, pour les périodes chaudes. Le béton est protégé par une toile contre les effets de dessiccation et de gradient de température au jeune âge.
- Les critères de calculs : Les sollicitations dans la structure sont limitées de manière à réduire la fissuration du béton. Les critères de fissuration très préjudiciables sont appliqués. De plus les aciers sont protégés vis à vis des agressions de l'extérieur par un enrobage de 80 mm.
- La géométrie : la pente de la dalle supérieure est de 2.5% de manière à éviter les dépôts de sel marin sur le béton.
- La protection cathodique : Une protection cathodique est mise en oeuvre et consiste à :
  - En dessous du niveau 0.0 : à l'aide d'anodes à courant imposé.
  - Au dessus du niveau 0.0 : à l'aide de rubans espacés tous les 300 mm et alimentés par un courant électrique. Ces rubans sont placés à proximité des armatures.

- *Concrete maturity: A particular attention was given to concrete temperature that must not exceed 25°C. The concrete mixer plant was equipped with an ice machine to lower water temperature for the hot periods and the concrete is protected by a skirt against the effects of dessiccation and temperature difference during concrete young age.*
- *Calculation criteria: The forces in the structure are limited in order to reduce the concrete cracking. The very detrimental cracking criteria is applied. In addition, the reinforcement cover is 80 mm to increase the steel protection.*
- *Geometry: The slope of the top slab is 2.5 % in order to avoid the sea salt deposits on the concrete.*
- *Cathodic protection : A cathodic protection is insured and consists in:*
  - *Below level 0.0: by means of anode with imposed electric current*
  - *Above level 0.0: by means of ribbons 300 mm spaced, fed with electric current. These ribbons are placed near steel during reinforcement assembly.*



Fig 8: Ribbons of cathodic protection / Rubans de la protection cathodique

## 5. MÉTHODE DE CONSTRUCTION

### 5.1 Travaux de dragage et traitement de sol

#### 5.1.1 Dragage

Le dragage du fond marin composé essentiellement par du sable, est réalisé par pompage à l'aide d'une drague suceuse. Cette drague est équipée de conduits permettant d'aspirer le mélange sable + eau à des fonds allant jusqu'à -16m, pour être vidée également par pompage, le long de la rive et à l'abri d'une digue provisoire préalablement réalisée. Après décantation, le sable se dépose pour réaliser une plateforme qui constituera le futur terre-plein du port.

## 5. METHOD OF CONSTRUCTION

### 5.1 Dredging works and soil treatment

#### 5.1.1 Dredging

*The dredging of the sandy sea bed, is performed by dredging by means of a « pump dredger ». This boat is equipped with pipes allowing for the aspiration of the sand + water mixture in depth down to -16m. It is then emptied by pumping, behind a temporary rubblemound first realized along the shore, in order to complete the futur reclamation area of the harbour.*

### 5.1.2 Traitement de sol par vibrocompaction

Les installations du chantier sont fondées sur du remblai en sable de dragage. La zone de préfabrication des caissons, est soumise à de fortes surcharges liées au poids des caissons et aux voies de circulation des transbordeurs. Cette zone est traitée par vibro-compaction afin d'améliorer ses caractéristiques géotechniques et limiter les tassements différentiels. Le même traitement est réalisé sous les longrines sous marines utilisées pour le glissement de la structure métallique de mise à l'eau (ber).



### 5.1.2 Soil treatment by vibrocompacting

*The temporary site facilities are founded on dredged sand area. The area for prefabrication of caissons is submitted to strong loads during translation of caissons. This area is treated by vibrocompacting to improve soil characteristics and to limit the differential settlement. The same treatment is performed for the soil under the slipways in the maritime translation zone.*

## 5.2 Caissons precasting

### 5.2.1 Area of precasting

*The caissons are precasted in two stages: The first one is terrestrial where the caisson is precasted on a height of 9.9 m, and the second one is maritime, where the walls are achieved to reach the final height of 23 m.*

*The terrestrial precasting is performed according to the following stages:*

## 5.2 Préfabrication des caissons

### 5.2.1 Aire de préfabrication

Les caissons sont préfabriqués en deux phases. La première à terre où le caisson est préfabriqué sur une hauteur de 9.9 m, et la deuxième en mer, où les voiles sont terminés pour atteindre une hauteur de 23 m.

La préfabrication à terre est réalisée suivant les étapes suivantes :

- Bétonnage du radier sur un fond de moule en acier
- Pose du coffrage glissant pour la réalisation des voiles.
- Ferrailage et bétonnage des voiles par passes successives de 20 cm de hauteur. Durée totale du bétonnage 2 à 3 jours.
- Levage et translation du caisson à l'aide de transbordeurs, composés de vérins montés sur un système de bogies circulant sur des rails. Opération délicate qui nécessite de déplacer le caisson parfaitement horizontal avec une tolérance inférieure à 2 mm entre les vérins (appuis).

- *Concreting the base slab on a steel formwork*
- *Installing the sliding formwork in order to erect the walls*
- *Placing reinforcement and concreting the walls in successive layers of 20 cm height. Total concreting duration is 2 to 3 days*
- *Lifting and translating of caissons by means of « conveyor » device, which is composed of jacks fixed on bogies and moved on rails. Very critical process that needs to move the caisson perfect horizontally with respect a tolerance less than 2 mm between the jacks (supports). This process is totally managed automatically by means of device designed by Bouygues Company and already used in an another similar project.*
- *Placing the caisson on the first station, on two parallel beams for concrete maturation. Afterward the caisson is moved to two others stations for more maturation before floating in water.*



Ce procédé est géré de manière entièrement automatique, à l'aide d'automates conçus en interne par l'entreprise Bouygues et déjà utilisés sur un projet similaire.

- Pose du caisson sur une première station, au dessus de deux longrines parallèles en vue de la maturation du béton. Le caisson est déplacé par la suite sur deux autres stations pour terminer la maturation avant la mise à l'eau.
- Translation du caisson pour la mise à l'eau à l'aide du ber (poids total du caisson 3200 T)



Fig 9 : Montage du coffrage glissant /  
Placing sliding formwork

#### 5.2.2 Système de mise à l'eau « ber »

Après ripage à terre, le caisson est posé sur le ber pour la mise à l'eau. Ce ber est réalisé à l'aide d'une structure métallique de près de 400 Tonnes, coulissante au dessus de deux poutres métalliques inclinées, elles mêmes fixées sur des longrines en béton armé et permettant de descendre à une profondeur supérieure à 20 m.



Fig 11 : Structure de mise à l'eau /  
Floating structure device

#### 5.2.3 Préfabrication maritime

La préfabrication maritime consiste à achever le bétonnage des voiles sur une hauteur de 13.90 m, alors que le caisson est amarré en flottaison le long d'un quai provisoire.

- Sliding the caisson in water for floating (caisson weight 3,200 tons).

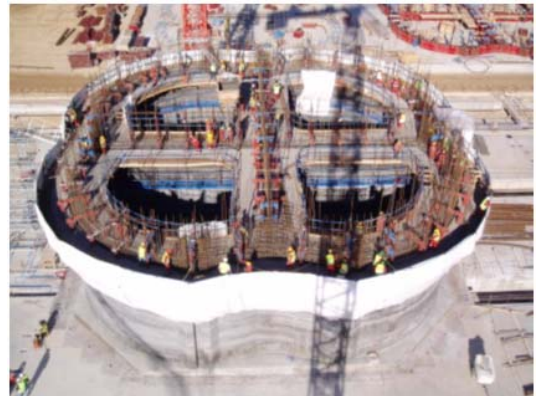


Fig 10: Concreting the walls /  
Bétonnage des voiles

#### 5.2.2 Caisson floating structure device « cradle »

After terrestrial translating, the caisson is placed on a structure device for floating. This device is a metallic structure of around 400 tons weight, that slides on metallic slipway itself fixed on two parallel concrete beams, which go down to a depth more than 20 m.



Fig 12: Caisson before floating /  
Caisson avant la mise à l'eau

#### 5.2.3 Maritime precasting

The maritime precasting consists in achieving the precasting of walls (13.90 m), when the caisson is moored along a temporary quay. When the walls are achieved, the caisson is towed then grounded in its final place. In this stage the caisson weight is 6,000 tons.

Après bétonnage, le caisson est remorqué ensuite échoué à sa destination finale. A ce stade, le poids du caisson est de 6000 tonnes.



Fig 14 : Remorquage du caisson /  
Towing a caisson

### 5. 3 Construction des superstructures

Après échouage du caisson par remplissage d'eau, et de sable de ses compartiments, la dalle de fermeture du caisson est réalisée au niveau +4.50 m. Le ferrailage de cette dalle est acheminé par voie maritime (sur ponton), et le béton par voie terrestre à l'aide de camions toupies circulant sur la partie réalisée de la digue.

Les voiles de superstructures sont réalisés par la suite jusqu'au niveau +15.0 ou +12.0 m. Le ferrailage de ces voiles est préfabriqué et acheminé par voie maritime. Le bétonnage se fait en trois fois à l'aide de béton transporté par des camions toupies.

Les principales difficultés sont :

- Le vent et les conditions rudes de la mer
- L'accès réduit aux travaux, conduisant à l'acheminement des matériaux par voie maritime, à l'installation de rails pour la grue à tour et à des équipements spécifiques pour permettre les manœuvres des camions toupies, etc...



Fig 16 : Levage cage armatures /  
Reinforcement grid erection



Fig 13: 2<sup>nd</sup> stage of precast /  
2<sup>ème</sup> phase de bétonnage

### 5. 3 Superstructures construction

After grounding the caisson with water then filling up the cells with sand, a slab is erected at level +4.50 m to close the caisson. The reinforcement for this slab is supplied by maritime way (pontoon). The concrete is supplied by truckmixers circulating on the already constructed part of the breakwater.

Afterward, the walls of superstructures are erected up to +15.0 m or +12.0m. The reinforcement of the walls is carried out using precast elements supplied by maritime way. The 3 walls are cast in 3 different pours with concrete supplied by truckmixers.

The main difficulties of this part of the works are:

- The adverse wind and sea conditions,
- The reduced access to the works area which induces the supply of materials by maritime way, installation of rail tracks for the tower cranes, installation devices to turn the truck mixers, etc...



Fig 15: Front wall openings /  
Ouvertures voile avant

#### 5. 4 Construction de la digue à talus

La digue à talus est réalisée en utilisant des matériaux de carrière, mis en place par voie maritime ou terrestre. Le corps de digue constitué en tout venant est directement clapé en mer à l'aide de chalands qui permettent de réaliser la digue jusqu'au niveau -5 m. La partie haute du noyau, ainsi que la protection de la digue côté mer constituées par des enrochements, sont mises en place depuis la crête de la digue à l'aide de camions Dumpers. Le matériau est déversé directement dans l'axe de la digue pour ce qui concerne le tout-venant, et latéralement pour ce qui concerne les enrochements. La protection principale est constituée d'Accropode<sup>TM</sup> transportés à l'aide de camions Dumpers, ensuite mis en place un à un à l'aide de la grue, depuis la crête de la digue.

#### 5. 4 Rubblemound realization

The rubblemound is realized using quarry materials, placed by maritime or terrestrial way. The core of the rubblemound constituted by quarry run is directly dropped in floatation by means of « chalands » up to level -5 m. The top part of the core, as well as the rock protection of the sea side of the rubblemound, are placed from the top of the rubblemound by means of trucks. The material is directly dropped in the axis of the rubblemound for the quarry run, and laterally for the rocks. The main armour, constituted of Accropode<sup>TM</sup> blocks are transported by means of trucks, then placed one by one using a crane, from the top part of the rubblemound.

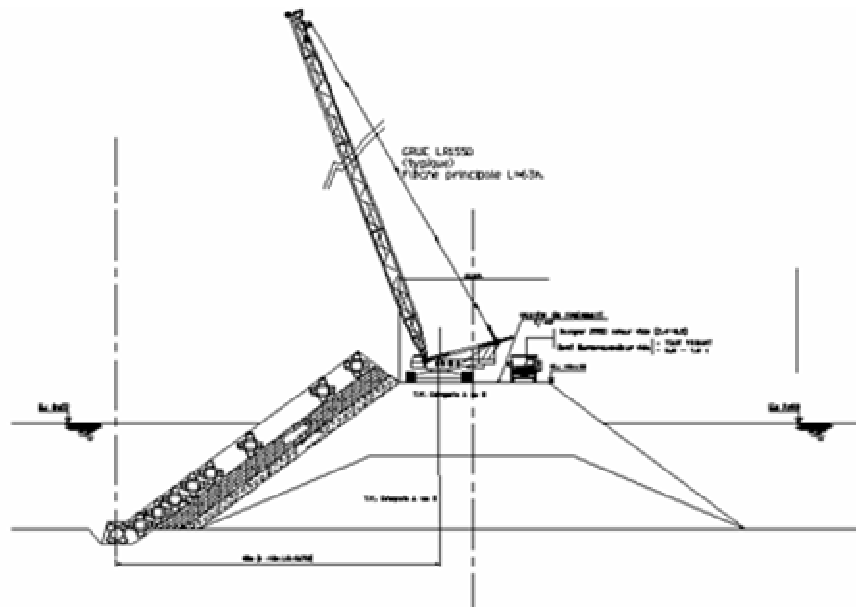


Fig 17 : Section type de la digue à talus /  
Typical section of the rubblemound