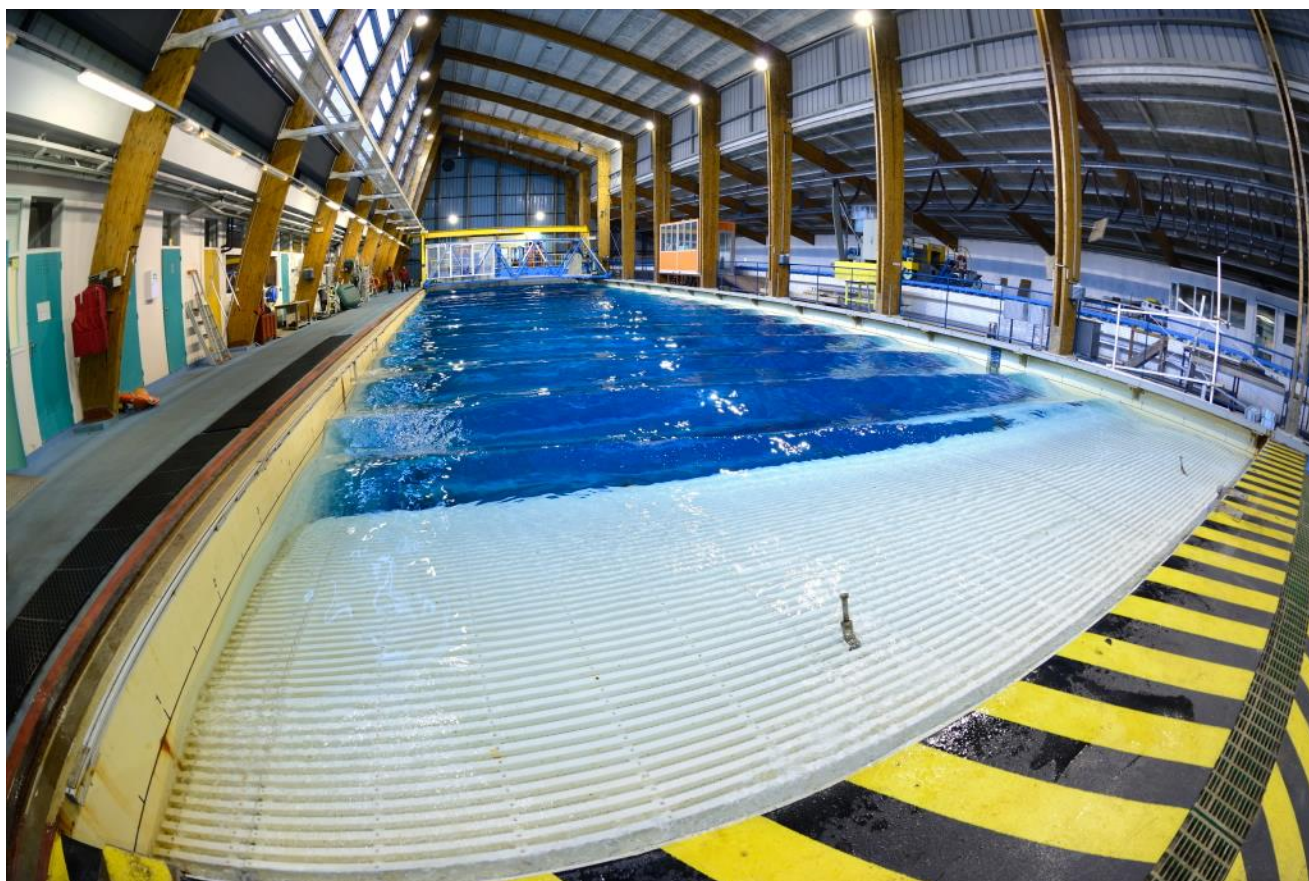


## Présentation du projet de remplacement de la plage d'amortissement des vagues du bassin profond de l'IFREMER Plouzané



# Fiche documentaire

---

**Cahier des charges pour le remplacement de la plage d'amortissement des vagues du bassin profond de l'IFREMER Brest**

---

**Référence interne :**

REM/RDT/LhyMAR

**Date de publication :**

2025/05/14

**Diffusion**

☐ libre (internet)

☐ restreinte (intranet)

levée d'embargo : AAAA/MM/JJ

☒ interdite (confidentielle)

levée de confidentialité : AAAA/MM/JJ

**Version : 1.1.0**

**Référence de l'illustration de couverture**

Crédit photo/ titre / date

**Langue(s) :**

---

**Résumé / Abstract :**

---

**Mots-clés / Key words :**

Plage d'amortissement, vagues, bassin profond.

---

**Comment citer ce document :**

---

**Disponibilité des données de la recherche :**

---

**DOI :**

---

---

**Commanditaire du rapport :**

---

**Nom / référence du contrat :**

☐ Rapport intermédiaire (Réf. Bibliographique : XXX)

☒ Rapport définitif

**Réf. Interne du rapport intermédiaire :** R.DEP/UNIT/LABO AN-NUM/ID ARCHIMER)

---

**Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :**  
CPER IJINMOR

---

**Auteur(s) / adresse mail****Affiliation / Direction / Service, laboratoire**

---

auteur 1 / adresse mail

Affiliation / auteur 1

---

auteur 2 / adresse mail

Affiliation / auteur 2

---

auteur 3 / adresse mail

Affiliation / auteur 3

---

auteur 4 / adresse mail

Affiliation / auteur 4

---

**Encadrement(s) :**

---

**Destinataires :**

---

**Validé par :**

---

# Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Objectif de la prestation demandée.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Etude technique.....</b>	<b>8</b>
2.1.1. Objet de l'étude .....	8
2.1.2. Démarche .....	8
2.1.3. Détail des livrables pour réception.....	8
2.1.3.1. Rapport d'analyse de faisabilité .....	8
2.1.3.2. Rapport technique soumis à validation IFREMER.....	8
2.1.3.3. Rapport sur les notes de calcul .....	9
2.1.3.1. Procédure de qualification en charge et vérification des flèches .....	10
2.1.3.1. Procédure d'installation de la plage.....	10
2.1.3.2. Procédure de mise en fonctionnement de la plage.....	10
2.1.3.3. Procédure de maintenance .....	10
2.1.3.4. Procédure de démantèlement de l'ancienne plage.....	10
<b>2.2. Réalisation de la plage d'amortissement et des éléments associés .....</b>	<b>11</b>
2.2.1. Détail des livrables matériel (Plage et Ensembles).....	11
<b>2.3. Livraison et installation de la plage d'amortissement et des éléments associés .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4. Démantèlement et retraitement de la plage d'amortissement existante.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5. Conditions de réception étude .....</b>	<b>13</b>
2.5.1. Livraison du rapport d'analyse de faisabilité .....	13
2.5.2. Livraison du rapport de l'étude technique .....	13
<b>2.6. Conditions de réception en usine et livrables .....</b>	<b>13</b>
2.6.1. Livraison de tous les documents complets et définitifs .....	13
2.6.2. Conformité de la plage et de ses ensembles selon les plans validés....	13
2.6.3. Aspect général de la plage et finitions .....	13
2.6.4. Respect des données d'entrée et des tolérances .....	13
2.6.5. Qualité et conformité des matières, protection contre la corrosion.....	13
2.6.6. Rapport d'épreuve en charge et vérification des flèches .....	13
2.6.7. Visite IFREMER .....	13
2.6.8. Livraison d'un Dossier des Ouvrages Exécutés - réception usine DOE-1 .....	13
<b>2.7. Conditions de réception au bassin et livrables .....</b>	<b>14</b>
2.7.1. Démantèlement de l'ancienne plage .....	14
2.7.2. Livraison de la plage et de ses ensembles .....	14
2.7.3. Installation de la plage et de tous ses éléments associés.....	14
2.7.4. Respect des données d'entrée et des tolérances .....	14
2.7.5. Propreté de la pose et installation in situ .....	14
2.7.6. Positionnement de la plage, du système et de ses éléments dans le bassin .....	14
2.7.7. Fonctionnement de la cinématique du système et de ses éléments .....	14

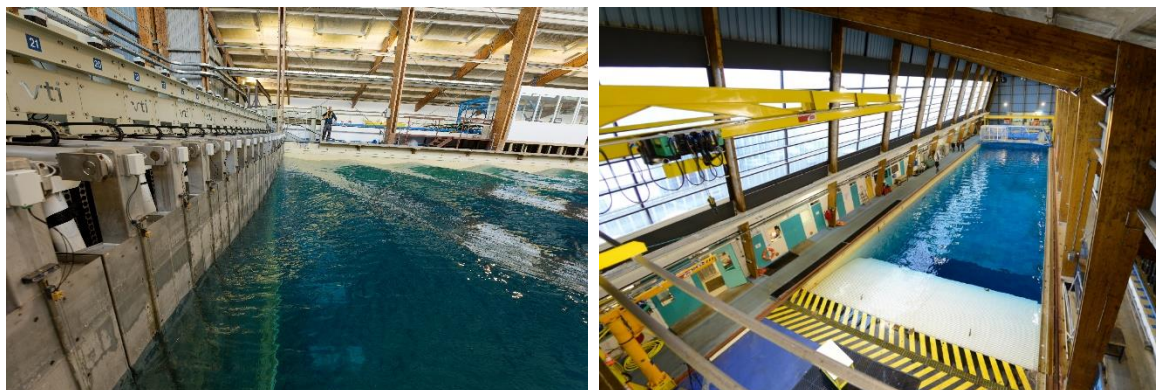
2.7.8. Résistance et comportement à des cycles longs de vagues et de vagues extrêmes.....	14
2.7.9. Livraison de la procédure de maintenance définitive .....	14
2.7.10. Livraison d'un Dossier des Ouvrages Exécutés - réception bassin DOE-2.....	14
<b>2.8. Maintenance.....</b>	<b>14</b>
<b>3. Description de l'installation existante.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Le bassin profond .....</b>	<b>15</b>
3.1.1. Environnement, contraintes et limitations .....	16
<b>3.2. Plage d'amortissement des vagues actuellement en place.....</b>	<b>18</b>
3.2.1. Avantages .....	19
3.2.2. Détails et fonctionnement.....	19
3.2.3. Détails des modules latéraux .....	21
3.2.4. Documentation et plans (à titre indicatif).....	22
3.2.5. Porosité (taux de vide) de la plage et caillebotis.....	23
<b>4. Caractéristiques de la nouvelle plage .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Problématiques à résoudre et points d'amélioration .....</b>	<b>24</b>
4.1.1. Fragilité de la plage.....	24
4.1.2. Blocs de positionnement et de verrouillage à revoir .....	25
4.1.3. Absorber les vagues qui déferlent contre le mur « aval » en surface (Ensembles module complémentaire anti-reflux des vagues).....	26
4.1.4. Minimiser la réflexion des vagues contre le mur « aval » sous la plage (Ensembles de blocs poreux sous l'eau anti-reflux des vagues).....	28
4.1.5. Encastrement des équerres dans le parvis (ensembles permettant la fixation parvis et la rotation de la plage) .....	29
4.1.6. Pouvoir positionner la plage à son angle de travail avec le crochet 1.25T du pont.....	29
4.1.7. Augmenter la longueur de la plage.....	30
<b>4.2. Environnement, contraintes et limitations.....</b>	<b>31</b>
4.2.1. Résistance aux chargements cycliques et extrêmes .....	31
4.2.2. Résistance de la plage en air et en eau .....	31
4.2.3. Corrosion galvanique et vieillissement .....	31
4.2.4. Masse de la plage principale (sans ses modules complémentaires).....	32
4.2.5. Installation générale .....	32
4.2.6. Accessibilité des éléments de boulonnage des modules complémentaires de la plage.....	32
4.2.7. Maintenance .....	33
<b>4.3. Fonctionnalités .....</b>	<b>33</b>
4.3.1. Absorption des vagues (porosité et caillebotis) .....	33
4.3.2. Pivotante (ensembles permettant la fixation parvis et la rotation de la plage).....	33
4.3.3. Positionner la plage à son angle de travail (ensembles des blocs de positionnement avec système de verrouillage automatique) .....	33
4.3.4. Positionner la plage en position de stockage (ensembles et système de repliement et de maintien en position de stockage).....	33

4.3.5.	Plage modulaire (ensembles modules latéraux complémentaire).....	33
4.3.6.	Levage .....	33
<b>4.4.</b>	<b>Données dimensionnantes à utiliser pour la conception de la plage et ses ensembles .....</b>	<b>34</b>
4.4.1.	Tableau récapitulatif des données d'entrée : .....	34
4.4.2.	Conditions à prendre en compte pour les calculs sur la plage .....	40
4.4.2.1.	Calculs statiques de résistance à la charge hydrodynamique .....	40



## 1. Introduction

L'IFREMER dispose d'un certain nombre d'Infrastructures expérimentales qu'il gère et exploite dans le cadre de ses programmes d'étude et de recherche. Parmi ces installations, les moyens d'essais en hydrodynamique du centre IFREMER de Plouzané sont constitués d'un bassin profond à houle et d'un canal d'expérimentation équipés d'un certain nombre d'éléments, notamment des générateurs de houle récemment installés.



Suite à cette récente installation et des nouvelles capacités de génération de vagues associées, l'IFREMER souhaite mettre en place le projet de mise à niveau de la plage d'amortissement des vagues du bassin profond qui ne répond plus aux exigences. En effet, la plage d'amortissement vieillissante présente des faiblesses structurelles pour les amplitudes et les périodes de vagues les plus extrêmes, et son domaine fréquentiel de travail pour l'amortissement des vagues doit être réadapté aux possibilités plus larges qu'offre le nouveau générateur de houle du bassin profond.

Ce projet comprend :

- **Le remplacement de la plage d'amortissement des vagues du bassin profond**

Le présent document constitue une présentation de projet, pour la définition, l'étude, la réalisation et la mise en place opérationnelle de la nouvelle plage d'amortissement des vagues destinée à équiper le bassin profond.

Il intègre une présentation de l'installation existante incluant de la documentation en annexe (à titre indicatif) et une description détaillée des caractéristiques et fonctionnalités de la plage d'amortissement des vagues à concevoir et à réaliser ainsi que des éléments associés nécessaires à son installation et à son exploitation.

## 2. Objectif de la prestation demandée

La prestation consiste en la réalisation, la livraison et l'installation de la plage d'amortissement des vagues dans le bassin profond, suite à l'analyse du besoin, l'étude de faisabilité et l'étude technique.

### 2.1. Etude technique

#### 2.1.1. Objet de l'étude

L'étude technique demandée a pour objet la réalisation d'une analyse de faisabilité et de dimensionnement d'une plage d'amortissement des vagues pour le bassin d'essais profond de l'IFREMER s'appuyant sur les caractéristiques techniques requises décrites dans ce document. On veillera en particulier dans cette étude à la caractérisation structurelle de la plage prenant en compte le respect des géométries ainsi que les chargements cycliques et extrêmes.

#### 2.1.2. Démarche

La démarche devra s'appuyer sur :

- Une analyse du besoin en lien avec la définition des fonctions et des objectifs d'utilisation de la plage d'amortissement des vagues en tenant compte des autres contraintes fonctionnelles d'utilisation du bassin (passerelles, soufflerie, prestations acoustiques, immersions etc.).
- Une analyse comparée de différentes options.
- Les relevés de cotes : Le relevé de cotes sur le site IFREMER devra être effectué par le titulaire lors de ses visites pour établir ses plans. Ce relevé de cote doit être fait au minimum sur le bâti, l'ancienne plage, les éléments et structures contraignant ou limitant potentiellement l'utilisation de la future plage.

#### 2.1.3. Détail des livrables pour réception

Les livrables comprendront :

*2.1.3.1. Rapport d'analyse de faisabilité*

*2.1.3.2. Rapport technique soumis à validation IFREMER*



### 2.1.3.3. Rapport sur les notes de calcul

**Le rapport technique comprendra le rapport détaillant les résultats des études de dimensionnement structurel et notes de calcul, incluant entre autres les éléments suivants, en tenant compte des données d'entrée du tableau récapitulatif en section 4.4.1 et indications en section 4.4.5 :**

- Calculs statiques de résistance (sans chargement et en air) de la plage pour vérifier sa résistance et les flèches maximums autorisées sous son propre poids, dans la position horizontale (parvis), en position de travail à 30°, et en position de stockage à environ 90°.
- Calculs statiques de résistance à la charge hydrodynamique (définie comme F max équivalent) sur la plage. Vérification des flèches maximums autorisées suivants les conditions et les différents cas de figures d'application du chargement sur le profil demandés (linéaire et non linéaire).
- Calculs des fréquences propres en eau de la plage avec un logiciel type ABAQUS afin de prendre en compte la masse ajoutée de l'eau pour vérifier les conditions demandées.
- Calculs de fatigue et résistance de la plage en tenant compte des chargements cycliques et extrêmes sur 20 ans.
- Calcul de la porosité (taux de vide dû aux perçages) globale de la plage. Une boucle pour ce calcul sera nécessaire, entre le choix de porosité locale (que composent les trous et leur répartition) en fonction du masquage structurel, afin d'obtenir la porosité globale finale. Le taux de porosité global final ainsi que le taux de masquage devront être indiqués dans le rapport.
- Calculs de résistance des ensembles et systèmes de fixation, de positionnement et de verrouillage, charnières et autres pièces soumises à forte contrainte.
- Calculs de résistance pour le levage lors de la manutention pour déterminer le placement et le dimensionnement des points de levage ainsi que la résistance de la plage suivant les conditions de levage.
- Calculs des ensembles support qui permettent la dépose en sécurité de la plage en attente sur le parvis afin d'accéder par le dessous pour inspection et maintenance en respectant la réglementation en vigueur pour la santé et la sécurité au travail.

#### Coefficients de sécurité :

Les différents coefficients de sécurités à appliquer seront déterminés par le titulaire. Certains concernent la sécurité du personnel et le levage, d'autre la résistance des ensembles à leur conditions d'utilisation dans le bassin.

#### *2.1.3.1. Procédure de qualification en charge et vérification des flèches*

#### *2.1.3.1. Procédure d'installation de la plage*

Etablissement d'un protocole et trame de vérification de l'installation en discussion avec l'IFREMER pour la réception finale.

#### *2.1.3.2. Procédure de mise en fonctionnement de la plage*

- Manuel d'utilisation
- Spécifications techniques
- Plans de disposition générale

Etablissement d'un protocole de vérification et trame de mise en fonctionnement de la plage en discussion avec l'IFREMER pour la réception finale.

#### *2.1.3.3. Procédure de maintenance*

- Manuel et protocole de maintenance
- Tableau périodique de maintenance
- La liste des pièces consommables et d'usure avec description et détails des fournisseurs
- Plans de détails techniques permettant le remplacement des pièces d'usure

#### *2.1.3.4. Procédure de démantèlement de l'ancienne plage*

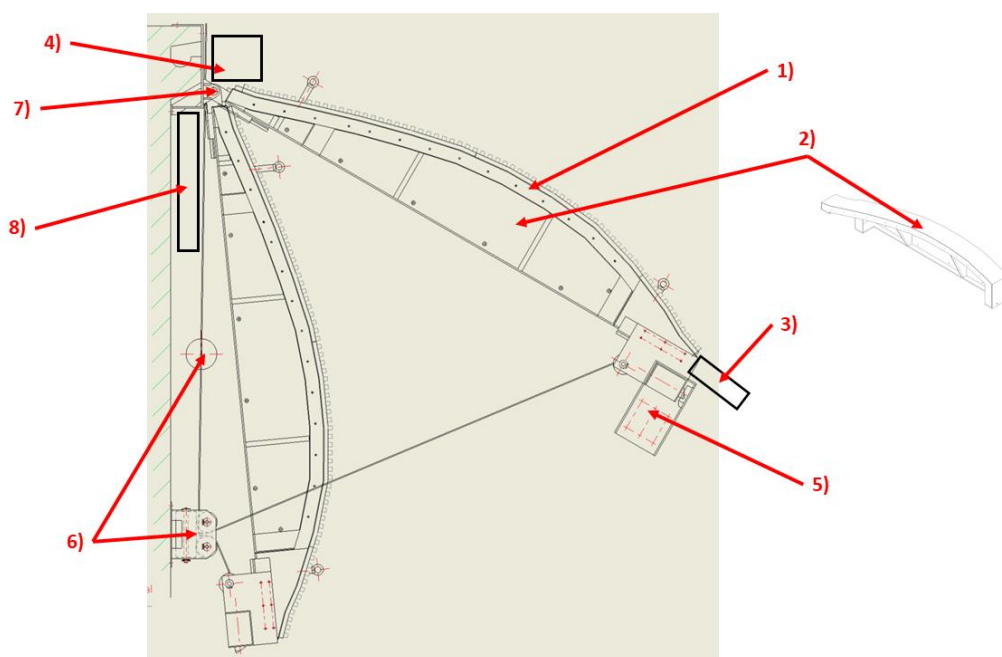
## 2.2. Réalisation de la plage d'amortissement et des éléments associés

La prestation demandée inclue la réalisation de la plage d'amortissement des vagues et des éléments associés à fournir dans les livrables, suivant les préconisations définies dans le cadre de l'étude technique du titulaire et validés par l'IFREMER.

### 2.2.1. Détail des livrables matériel (Plage et Ensembles)

- 1) et 3) Plage d'amortissement des vagues (corps principal allongé d'environ un mètre dans la longueur par rapport à l'ancienne plage).
- 2) Ensembles modules latéraux complémentaires (à installer sur les côtés de la plage d'amortissement des vagues).
- 4) Ensembles module complémentaire anti-reflux des vagues avec blocks poreux et structure.
- 5) Ensembles des blocs de positionnement avec système de verrouillage.
- 6) Ensembles et système de repliement et de maintien en position de stockage.
- 7) Ensembles permettant la fixation sur le parvis et la rotation de la plage.
- 8) Ensembles anti-reflux des vagues sous l'eau avec blocks poreux et structure
- 9) Ensembles support qui permettent la dépose et stockage en sécurité de la plage en attente sur le parvis du bassin afin d'accéder par le dessous pour inspection et maintenance.
- 10) Tous les accessoires utiles et nécessaires au levage pendant le déchargement, la mise en place et le fonctionnement de la plage d'amortissement des vagues ainsi que les opérations de maintenance.

*Schéma de principe donnant la représentation des livrables (sur la base des plans à titre indicatifs de la plage actuelle) :*



### 2.3. Livraison et installation de la plage d'amortissement et des éléments associés

La prestation demandée inclue la livraison et l'installation de la plage d'amortissement des vagues et des éléments associés dans le bassin, qui est entièrement à la charge du titulaire.

Il faudra prévoir une grue à bras télescopique pour l'installation car le pont de levage 19T sera peut-être en maintenance. Le parvis intérieur présente aussi une limitation en charge et une zone limite d'accès, la grue devra donc opérer depuis le parvis extérieur la porte du bassin grande ouverte.

*Exemple de la livraison de la plage actuelle du bassin profond :*



Horaires d'ouverture pour livraison et intervention au bassin :

Du lundi au jeudi 8h30h-12h30 – 13h30-18h00.

Vendredi 8h30h-12h30 – 13h30-16h30.

Adresse de livraison et de réalisation des travaux :

IFREMER

Bassin d'essais (bât 227)

1625 Rte de Sainte-Anne

29280 Plouzané

## 2.4. Démantèlement et retraitement de la plage d'amortissement existante

La prestation demandée inclue le démantèlement de la plage d'amortissement des vagues actuelle ainsi que tous ses éléments par le titulaire qui en assurera également l'évacuation et le retraitement.

## 2.5. Conditions de réception étude

### 2.5.1. Livraison du rapport d'analyse de faisabilité

### 2.5.2. Livraison du rapport de l'étude technique

## 2.6. Conditions de réception en usine et livrables

### 2.6.1. Livraison de tous les documents complets et définitifs

### 2.6.2. Conformité de la plage et de ses ensembles selon les plans validés

### 2.6.3. Aspect général de la plage et finitions

### 2.6.4. Respect des données d'entrée et des tolérances

Voir tableau récapitulatif en 4.4.1

### 2.6.5. Qualité et conformité des matières, protection contre la corrosion

Les matières sélectionnées doivent être conformes à celles établies et validées lors de l'étude. Elles devront être durables dans le temps dans les conditions particulières du bassin d'essais, soit par leurs propriétés soit par la protection qui leur est apportée, garantissant la protection contre la corrosion et le vieillissement.

### 2.6.6. Rapport d'épreuve en charge et vérification des flèches

**Les résultats et certificats** de vérification des flèches et des épreuves en charge (reprenant la position similaire des points de fixation futurs), qui seront réalisées par le titulaire du marché avant la livraison au bassin, devront figurer dans un rapport décrivant en détail chaque étape de vérification, comprenant :

- 1) Epreuve de la plage en horizontal (sans chargement et en air) **pour vérifier les flèches maximums autorisées sous son propre poids.**
- 2) Epreuve des ensembles support qui permettent la dépose en sécurité de la plage en attente sur le parvis afin d'accéder par le dessous pour inspection et maintenance, **avec certificat d'épreuve et plaques signalétiques appliquées sur ces derniers.**
- 3) Test de levage de la plage.

### 2.6.7. Visite IFREMER

### 2.6.8. **Livraison d'un Dossier des Ouvrages Exécutés - réception usine DOE-1**

## 2.7. Conditions de réception au bassin et livrables

Le titulaire devra être présent sur le site IFREMER pour l'ensemble des points ci-dessous.

### 2.7.1. Démantèlement de l'ancienne plage

### 2.7.2. Livraison de la plage et de ses ensembles

### 2.7.3. Installation de la plage et de tous ses éléments associés

### 2.7.4. Respect des données d'entrée et des tolérances

Voir tableau récapitulatif en 4.4.1

### 2.7.5. Propreté de la pose et installation in situ

### 2.7.6. Positionnement de la plage, du système et de ses éléments dans le bassin

### 2.7.7. Fonctionnement de la cinématique du système et de ses éléments

### 2.7.8. Résistance et comportement à des cycles longs de vagues et de vagues extrêmes

### 2.7.9. Livraison de la procédure de maintenance définitive

### 2.7.10. **Livraison d'un Dossier des Ouvrages Exécutés - réception bassin DOE-2**

## 2.8. Maintenance

Conformément aux données du rapport technique, de la procédure de maintenance ainsi que des documents associés, le titulaire devra être en mesure d'intervenir sur la plage et ses éléments associés durant la validité de l'accord cadre, afin d'en garantir le bon fonctionnement. Il est donc attendu de la part du titulaire :

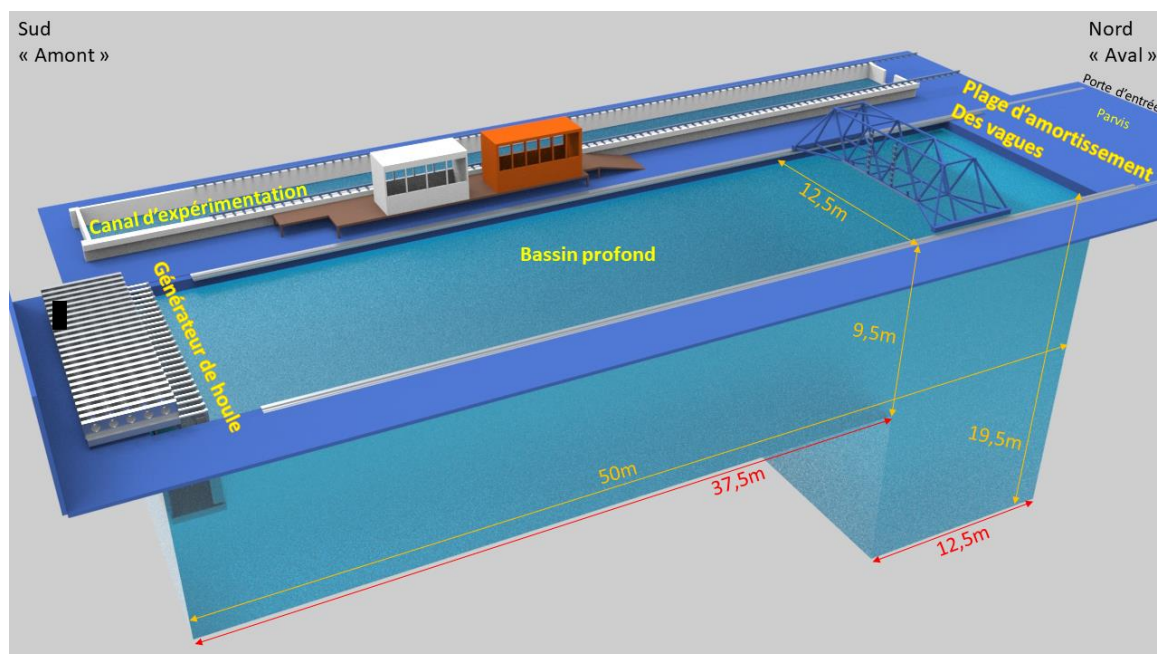
- Qu'il soit en mesure d'assurer la maintenance curative et préventive complète de la plage et de ses éléments et sous-parties. La dépose de la plage seule sur le parvis du bassin relevant de la compétence de l'équipe IFREMER.
- Qu'il soit en mesure d'assurer le réglage, le dépannage et le remplacement des pièces ou des ensembles.
- Qu'il puisse intervenir en cas d'avarie ou de casse sous 3 semaines.
- Qu'il soit en mesure de remplacer les pièces d'usure et autres pièces qui présenteraient un défaut pour le fonctionnement ou la pérennité du matériel.
- Que les pièces de rechange aient une garantie d'achat dans le commerce pendant une période de 10 ans.
- Qu'il soit en mesure d'effectuer les réparations de composite et le changement des barreaux.



### 3. Description de l'installation existante

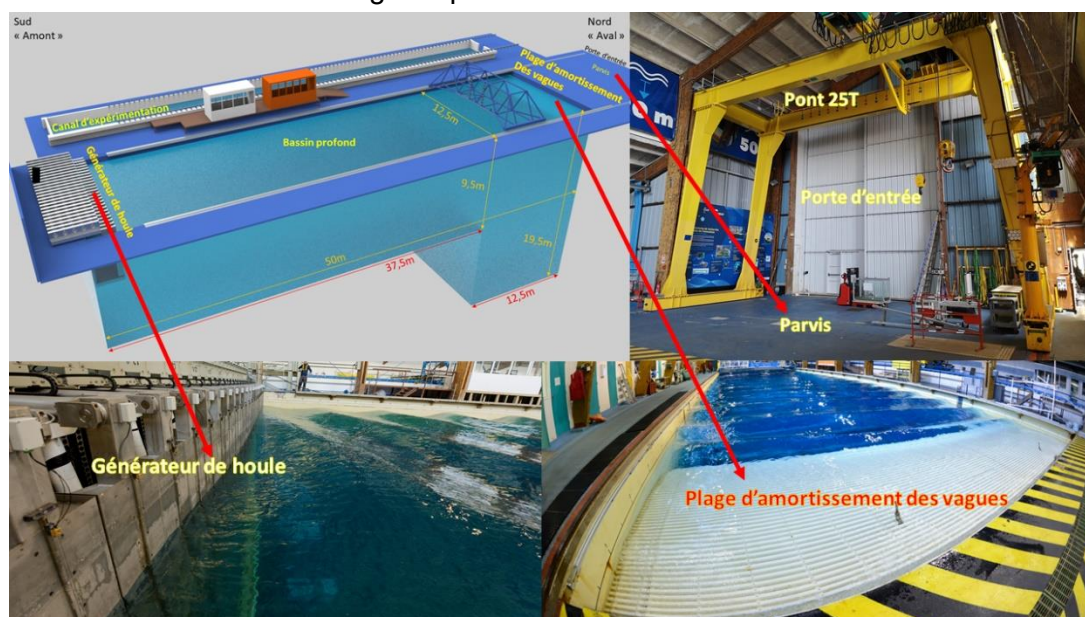
Le bassin profond de l'IFREMER est situé sur le centre Bretagne de l'IFREMER à Plouzané. Il est destiné aux activités de recherche de l'IFREMER et de ses partenaires dans les domaines de l'hydrodynamique, du développement d'instrumentation océanographique et de l'acoustique sous-marine.

#### 3.1. Le bassin profond



Le bassin profond de l'IFREMER a été creusé à même le sol et est délimité par des parois verticales et un fond, en béton armé précontraint recouverts de toile imprégnée (Liner). Il est hébergé dans un bâtiment clos incluant également bureaux et locaux techniques. D'une longueur de 50m pour une largeur de 12.5 m, il a une profondeur nominale (niveau d'eau pour essais en présence de houle) de 9.50 m sur les trois-quarts de sa longueur (37.50 m) et une profondeur de 19.5 m sur le dernier quart (12.50 m).

Le bassin est rempli d'eau de mer, chlorée avec un ajout de floculant, et filtrée en continu par circulation à travers de filtres à sable. Les entrées et sortie d'eau de ce circuit de filtrations sont situées le long des parois "amont" et "aval" du bassin.



Le bassin est équipé d'un générateur de vagues à son extrémité « amont » et d'une plage d'amortissement des vagues à son extrémité « aval ». Il est également enjambé par une passerelle motorisée et une passerelle remorquable, ainsi que par un portique de manutention de 19 tonnes de capacité et un portique de manutention de 5 tonnes de capacité. Les portiques roulants se déplacent sur des rails dédiés de type « chemin de fer » situés à l'est et à l'ouest du bassin. Les passerelles roulent sur des rails dédiés, rectifiés, situés à l'est et à l'ouest à la limite supérieure du bassin et empiétant légèrement sur celle-ci. Une soufflerie mobile peut venir se positionner sous le pont de 5 tonnes, ainsi que sur le bord du parvis ou est fixée la plage.

Les rails des portiques roulants sont déployés depuis le « parvis » en aval du bassin jusqu'à une position en amont du bassin.

Les chemins de roulement des passerelles sont déployés depuis le « parvis » en aval du bassin jusqu'au générateur de houle.



### 3.1.1. Environnement, contraintes et limitations

- Le personnel IFREMER est formé à la manutention ; des plongeurs IFREMER peuvent aider à l'installation des équipements ; un pont de 19T avec plusieurs crochets et potence sert à l'installation des équipements sans restriction de déplacement et d'accès à la fosse tant que le bassin est plein. Un pont secondaire de 5T peut être déployé sur les mêmes rails de roulement mais ne peut pas croiser le pont de 19T.
- Le bassin peut être en partie vidangé pour la réalisation de l'installation, excepté le fond de la fausse profonde. Dans ce cas l'accès au-dessus de la fosse où se positionne la plage est restreint pour le pont 19T mais peut se faire avec le pont de 5T.
- La présence de rails déportés légèrement au-dessus du bassin (rail en U et chemin de roulement des passerelles) peut contraindre la mise en place de la plage. La présence d'un gros tuyau de filtration est à signaler, ainsi que d'une goulotte de trop-plein, d'un décrochement de la maçonnerie sous cette goulotte, et de hublots d'observation sur toute la hauteur de la fosse de 20m (voir plans à titre indicatifs).

- Une nacelle de travail suspendue au pont peut être déployée (avec dérogation spéciale pour notre site et sous réserve d'autorisation) afin de réaliser des travaux le long des parois à l'intérieur du bassin, ainsi qu'un ponton flottant.
- Les parois du bassin sont réalisées en béton précontraint et la maçonnerie peut présenter des défauts (perpendicularité, planéité, états des surfaces etc.). A noter également une déflexion des parois bassin vide et un retour à une surface plane sous l'effet de la pression hydrostatique lorsque le bassin est rempli (principalement côté Est présentant un vide derrière la paroi pour les galeries d'accès), voir section 4.4.3.
- Les parois du bassin sont en béton armé précontraint avec présence de ferrailage de 20mm, revêtues de toile imprégnée vieillissante (Liner). Une photo de carottage fait dans le béton en partie Sud (ou « Amont ») du côté du générateur de houle est disponible ainsi que les carottes. Des précautions sont à prendre sur le Liner notamment pour garantir l'étanchéité ainsi que la fixation précise d'éléments en parois ou sur le parvis. Les perçages devront donc probablement se faire en favorisant le carottage (puis avec l'utilisation scellements chimiques de qualité), en évitant les simples perçages. Les perçages devront être effectués de façon à respecter l'intégrité de l'armature acier et des câbles de précontrainte noyés dans le béton. A noter aussi la présence d'anciens scellements de fixation (avec des tiges) des installations précédentes auxquels il faudra s'adapter.

D'une manière générale et d'expérience, les contraintes et difficultés d'installation ne sont pas à négliger pour une mise en place précise et optimale des éléments, leur réglage, l'étanchéité etc.

Pour cela nous demandons la visite du titulaire et de ses sous-traitants pour la partie installation avec des références de chantiers.

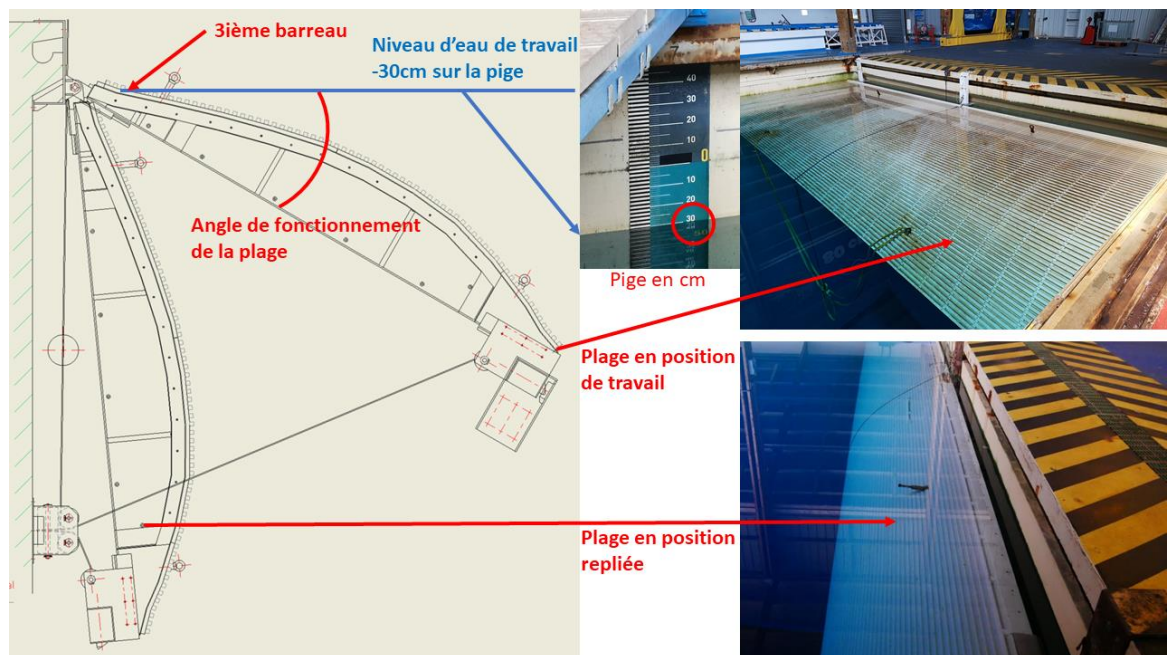
- Le bassin est rempli d'eau de mer, à température ambiante, chlorée avec ajout de floculant pour la filtration de l'eau pour éviter le bio-fouling, avec les caractéristiques suivantes PH: 7.5 - 8.5, salinité: 35 g/L, chlore libre: 2 - 3 mg/l, température 16 °C. A noter l'exposition à la lumière du jour du bassin.
- Les durées de remplissage en eau de mer et de vidange du bassin prennent plusieurs jours pour chaque étape. Pour y avoir recours cela doit être planifié en avance par le titulaire avec l'équipe IFREMER.
- Les aspects de corrosion et de vieillissement des matériaux sont critiques et absolument à prendre en compte dans la conception, la réalisation et l'installation, les effets électrochimiques dans l'eau de mer ou en air salin étant aggravés sur les matériaux et entre eux. Tout élément de visserie, tige scellée etc. doit être à minima en Inox A4-70 ou BUMAX. Certains gros éléments en acier peuvent être protégés par galvanisation à chaud et peint (RAL à définir), en plus d'une protection par anodes sacrificielles. Les éléments en Inox (à minima 316L, super duplex etc.) sont aussi à protéger par anodes sacrificielles sans que cela ne contraigne l'utilisation. D'une manière générale, une certaine logique entre les couples électrochimiques doit être observée.



### 3.2. Plage d'amortissement des vagues actuellement en place

La plage d'amortissement des vagues est positionnée à l'extrémité « aval » du bassin. Elle est constituée d'un profil courbe réalisé en matériau composite fibre de verre perforé, recouvert d'un caillebotis en polyéthylène (PE). Plusieurs modules assemblés composent la totalité de la plage, comprenant la plage principale et ses 2 modules latéraux et le système de verrouillage par têtes.

Occupant presque toute la largeur du bassin, elle pèse aux alentours de 5 à 6 Tonnes et elle est légèrement coulante en eau de mer. Sa largeur est d'environ 12465mm et sa longueur d'environ 5230mm. Elle est maintenue par trois charnières sur des équerres fixées sur le bord de la paroi « aval » du bassin. Ces charnières permettent de la positionner verticalement le long de la paroi « aval » en mode stockage et de la positionner en incidence, affleurant la surface, dans les phases opérationnelles (niveau d'eau arrivant sur la 3<sup>ème</sup> rangée du haut du caillebotis). Dans ce dernier cas, des blocs de verrouillage situés le long des parois latérales sous l'eau maintiennent la plage en place grâce à un système mécanique qui fait rentrer et sortir des têtes de la plage en tirant au pont sur un câble actionneur. Des renvois d'angle sont aussi présents sur la paroi « aval » sous la plage, permettant le passage optimum du câble actionneur. L'angle de travail actuel de la plage pour une absorption optimale de l'ancienne gamme de houle qui était générée est de 30° sous la surface d'eau lorsque celle-ci est au niveau -30cm sur la puge de niveau d'eau.



### 3.2.1. Avantages

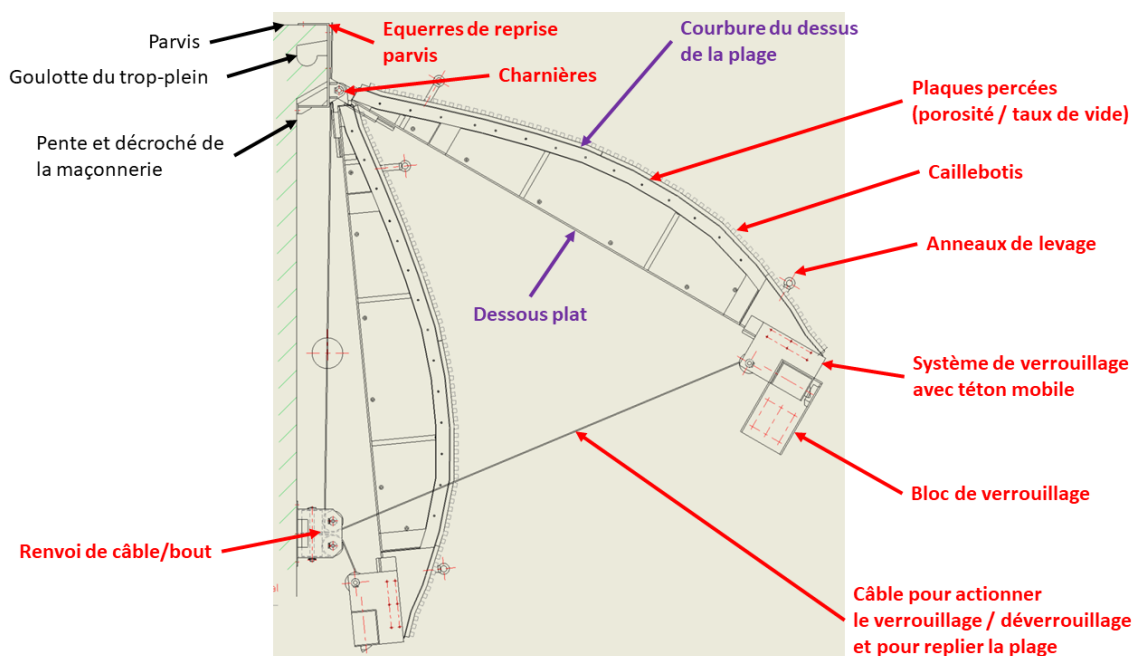
Avec les matériaux actuels et le traitement de l'eau, le « bio-fouling » (colonisation des algues etc.) n'est pas un problème. Le nettoyage très épisodique (1 fois tous les 5 ans environ) par jet d'eau sous pression suffit (Karsher).

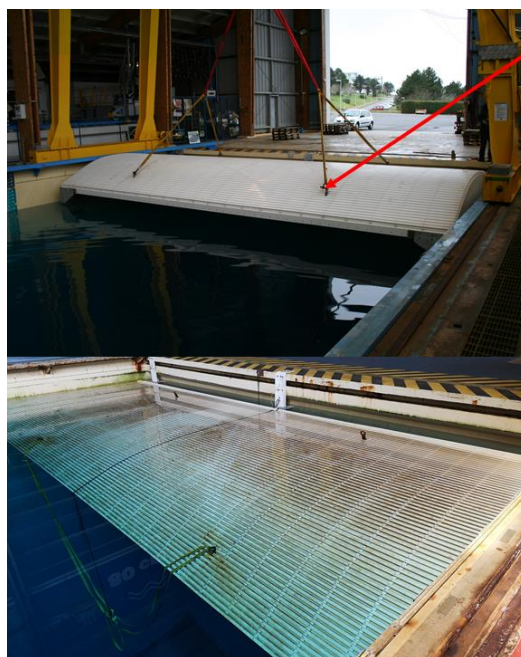
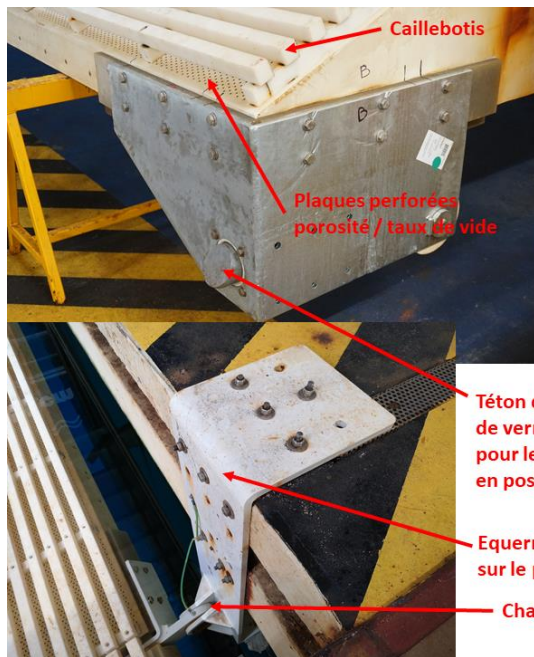
Les aspects de corrosion sont aussi évités, grâce à la plage en composite ce qui est un vrai plus dans le contexte du bassin rempli en eau de mer chlorée. En outre, elle vieillit très bien en eau de mer, et son poids reste raisonnable pour sa taille de par le composite et autres matières à faible densité qui la composent.

Les blocs de verrouillage existants en acier galvanisés à chaud ont plutôt bien résisté à la corrosion dans le temps.

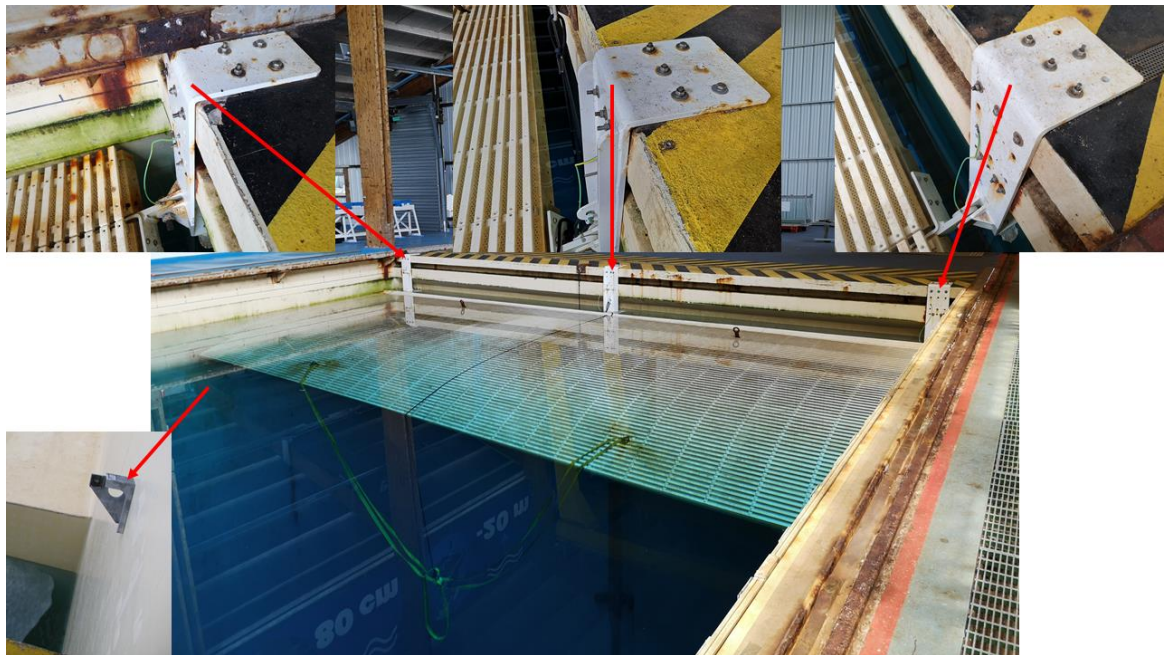
De manière générale, la conception de la plage actuelle est plutôt satisfaisante, sauf pour le dimensionnement structurel qui est à revoir ainsi que son système de verrouillage qui est à faire évoluer.

### 3.2.2. Détails et fonctionnement



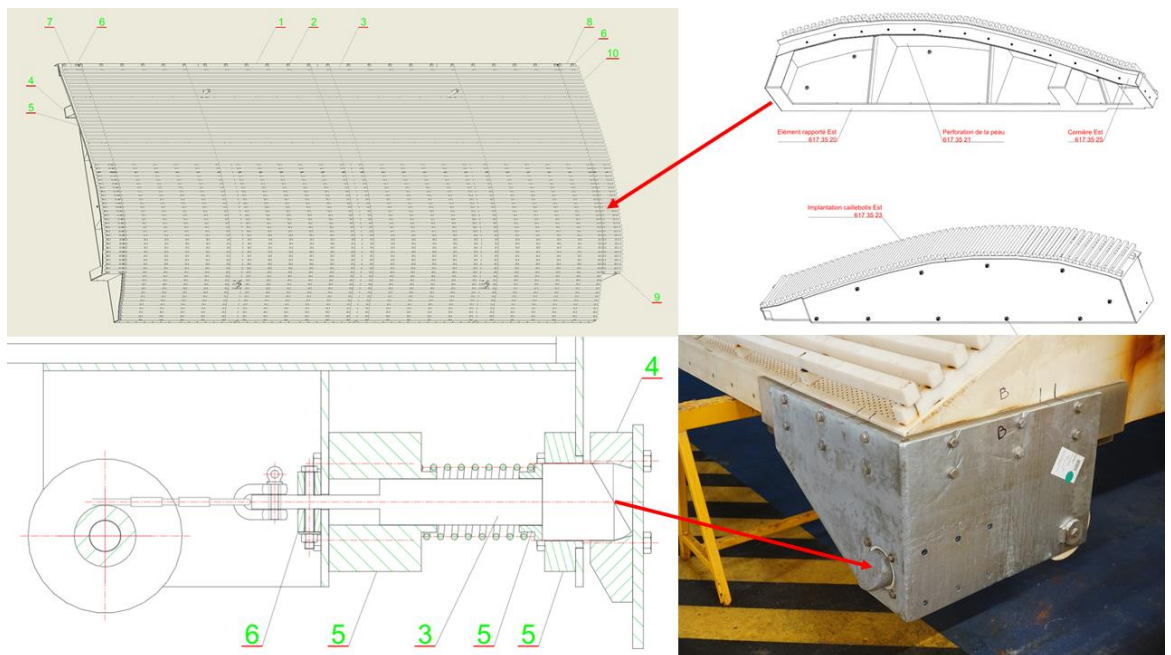




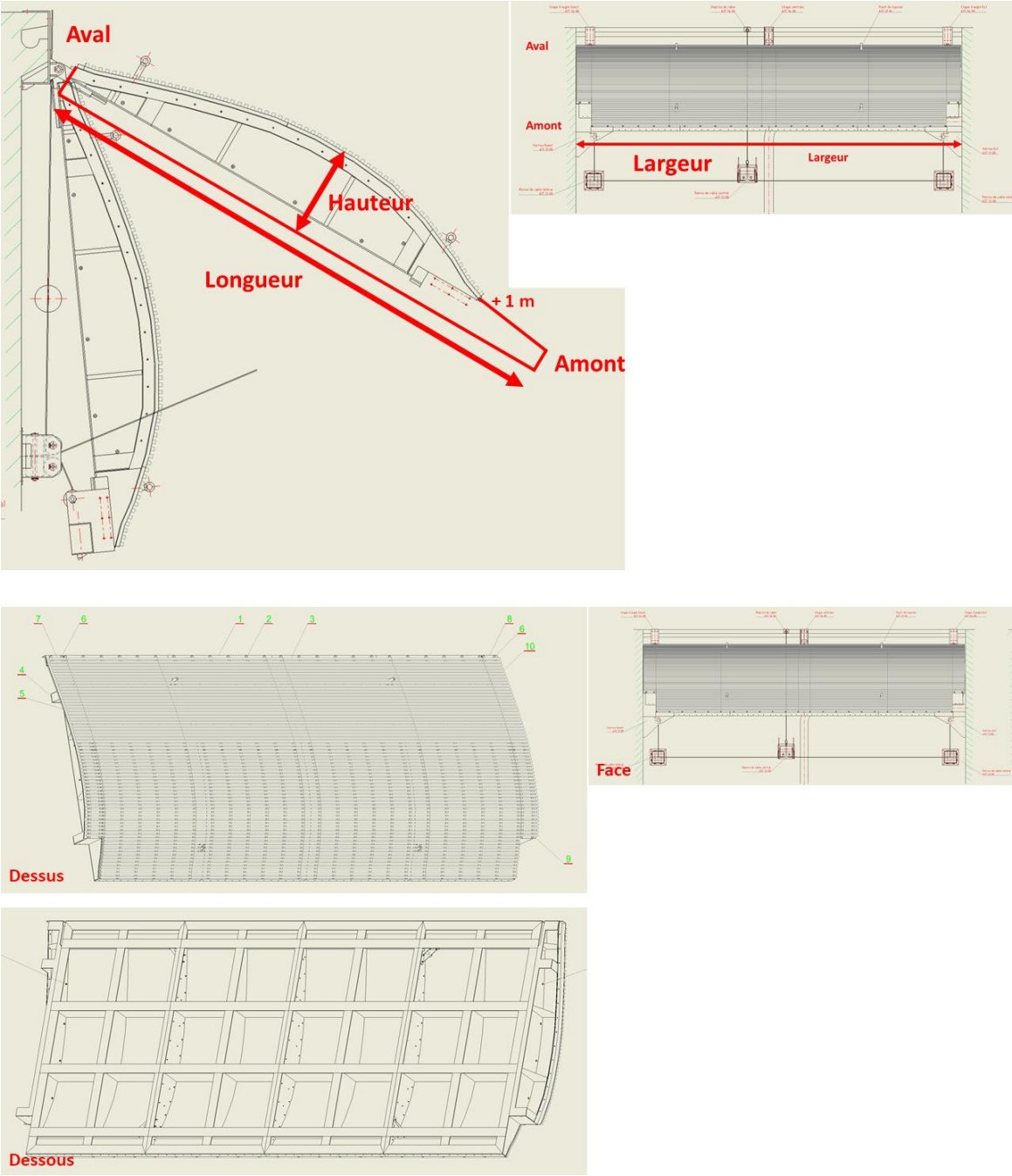


### 3.2.3. Détails des modules latéraux

Les modules démontables composant la plage permettent son assemblage final en eau, afin de pouvoir « coller » au plus près du mur pour amortir les vagues sur la plus grande largeur du bassin possible. Cette méthode facilite aussi le passage de la plage entre les rails déportés au-dessus du bassin qui réduisent la largeur d'accès lors de l'installation. Une fois montés, ces modules n'empêchent pas le fonctionnement et la rotation de la plage pour sa mise en place. La fixation de ses modules sur la plage se fait actuellement avec des plongeurs.



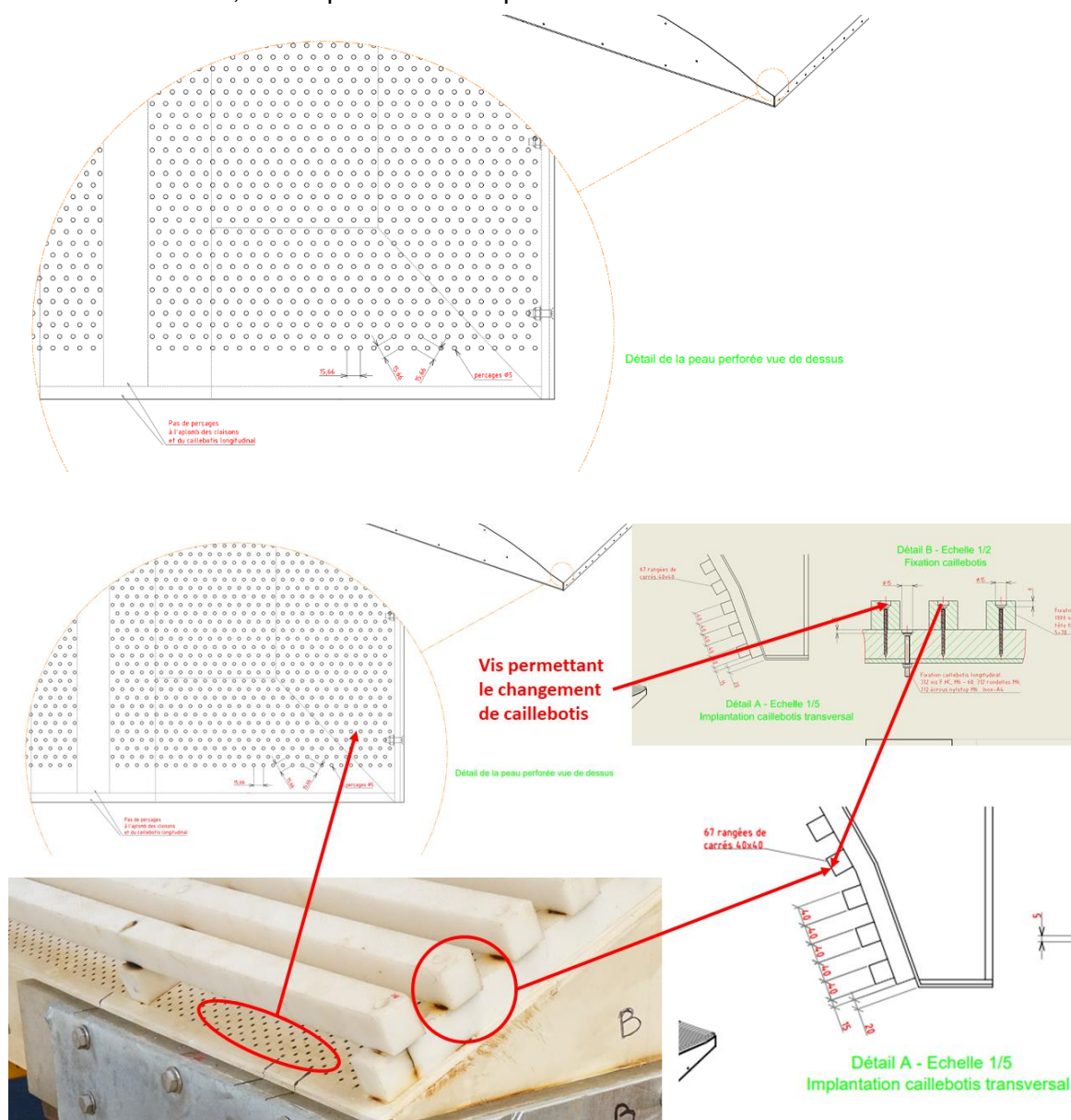
3.2.4. Documentation et plans (à titre indicatif)



### 3.2.5. Porosité (taux de vide) de la plage et caillebotis

Le taux de porosité (ou taux de vide) local des plaques perforées en composite fibre de verre est de 9%, sans prise en compte du masquage des divers éléments, il descend à une valeur globale proche de 8% en tenant compte du masquage des divers éléments sur toute la plage (poutres structurelles, caillebotis mis à part). A noter que les trous s'arrêtent à la limite de la structure de la plage pour ne pas fragiliser celle-ci.

La porosité de la plage, ou taux de vide, est obtenue par la répartition de plusieurs centaines de milliers de trous sur toute la surface du dessus de la plage (côté courbure, sous le caillebotis), d'un diamètre 5mm et de 15.6mm d'entraxe et disposés en triangles. De plus, à l'époque tous ces perçages ont été réalisés à la main avec une certaine consommation de forets due à l'abrasion sur la fibre de verre. L'épaisseur de la paroi perforée en composite est de 6mm. La rapport épaisseur/diamètre des trous, très important pour le fonctionnement de la plage et défini tel que :  $D^2/e=4.5$  mm. D étant le diamètre des trous, et e l'épaisseur de la paroi.



Le caillebotis, qui participe aussi à l'absorption des vagues, est composés de 67 rangées de carrés en matière polyéthylène (PE) sur toute la largeur de la plage, de 40\*40mm espacé tous les 40mm, qui peuvent être remplacées grâce aux vis accessibles par le dessus. Le caillebotis supporte le poids d'un homme pour intervention sur la plage.

## 4. Caractéristiques de la nouvelle plage

Sur les bases de la plage actuelle telles que décrites précédemment, et que la nouvelle plage d'amortissement des vagues devra en partie reprendre, elle aura pour objectifs principaux :

- Améliorer l'absorption des vagues en l'adaptant à la gamme de houle produite par le nouveau générateur de houle.
- Disposer d'une plage d'amortissement des vagues plus robuste permettant de résister aux vagues plus importantes du nouveau générateur de houle.
- Améliorer le fonctionnement, l'utilisation ainsi que l'ergonomie autour de la plage.

La proposition du titulaire devra préciser :

- Les caractéristiques principales de la plage d'amortissement des vagues.
- Les choix de conception mécanique.
- Les choix des matériaux.
- Le dimensionnement de la structure et de ses fixations.
- La tenue aux chargements cycliques extrêmes pour une période de 20 ans.

Ceci afin de répondre aux exigences décrites dans les paragraphes ci-après, et tenant compte de tout ce qui a été indiqué précédemment.

### 4.1. Problématiques à résoudre et points d'amélioration

La solution proposée devra prendre en compte les différents points à optimiser.

#### 4.1.1. Fragilité de la plage

- « Surdimensionner » la nouvelle poutre de la plage (et sa zone élargie) où sont reprises les charnières où a été constatée une fragilité.
- Veiller au bon dimensionnement et à la quantité de boulons repris sur les interfaces composites, ainsi qu'au renfort au niveau du passage de boulons ou de vis sur ces jonctions.
- D'une manière générale, le dimensionnement de la structure doit faire en sorte qu'elle résiste aux sollicitations cycliques et extrêmes, plus importantes, induites par le nouveau générateur de vagues.
- Renforcer les éventuelles zones où d'autres fragilités non visibles pourraient potentiellement être présentes.
- Veiller au bon dimensionnement des équerres et des charnières.
- Malgré la porosité locale, le matériau dans lequel les trous seront présents (paroi/surface courbe poreuse du dessus de la plage) ne devra pas se déformer au-delà de la tolérance indiquée en 4.4.1 (critère de flèche pour les section de paroi poreuse) sous la pression et l'effet de pompage des vagues (garantir une rigidité suffisante).
- La plage ne doit pas présenter de torsion ou de précontrainte, que ce soit à vide avant montage/installation sur site (voir flèches maximums autorisées) ou en position dans le bassin. La planéité de la surface courbe poreuse doit être bonne.



- Que ce soit tant sur la structure de la plage, la surface poreuse, le caillebotis et autres éléments, la nouvelle plage ne doit pas présenter de déformation anormale sous les efforts induits par les vagues extrêmes lors des essais, en dehors des tolérances de flèches maximales.

#### 4.1.2. Blocs de positionnement et de verrouillage à revoir

Il est demandé de concevoir de nouveaux blocs de positionnement incluant le système permettant le verrouillage de la plage de façon plus simple et plus pratique :

- Ces blocs permettront de positionner la plage dans le bassin au bon angle de travail pour amortir les vagues de façon optimale.
- Ces blocs seront placés à l'extrémité amont immergée de la plage (le long du bord d'attaque) et situés sous l'eau, fixés sur les parois latérales du bassin.
- Le système mécanique de verrouillage sera inclus si possible dans les blocs de positionnement et non plus dans la plage.
- Les blocs et le système mécanique devront être robustes et ne demandant pas d'entretien particulier, étant positionnés sous l'eau, et pouvoir être démontables.
- **Le système devra être automatique pour le verrouillage lors de la mise en position avec le crochet de 1.25T, et ne doit pas pouvoir se déverrouiller tout seul sous les efforts induits par les vagues ou le poids de la plage en air.**
- La plage ne devra pas prendre de jeu dans le système mécanique sous les efforts induits par les vagues une fois le verrouillage effectué (réglage de butée éventuel etc.).
- Le déverrouillage devra pouvoir se faire sur chaque bloc, par exemple en tirant un bout depuis la surface par un agent, et rester déverrouillé jusqu'à la prochaine mise en position de la plage. Le bout restera en place et accroché sur le bord du bassin. Prévoir les taquets ou autres pour le maintien des bouts sans que cela ne gêne les rails et autres.
- Une option de verrouillage manuel avec un plongeur doit aussi être complémentaire au système de verrouillage automatique dans le cas où ce dernier serait temporairement dysfonctionnel en attendant sa remise en état. Un axe de bridage par exemple.
- Avec ce système, le câble actionneur actuel et ses renvois d'angle seront supprimés, sauf pour le maintien en position de stockage contre le mur « aval » où un renvoi d'angle central pourra être réutilisé s'il est fonctionnel, en bon état et adapté. Dans le cas contraire il faudra concevoir et développer un nouveau système.
- **En position de stockage et en position de travail, le système devra aussi pouvoir supporter le poids de la plage en air. En effet, il arrivera que le bassin soit vidé avec la plage laissée en position de travail sur les blocs de verrouillage ou en position de stockage.**  
**En eau, le système devra supporter le chargement hydrodynamique  $F_{max}$  équivalent avec un coefficient de sécurité.**
- Le positionnement de la plage doit garantir son horizontalité dans la largeur du bassin ainsi que sa planéité sur la surface courbe poreuse du dessus. Il ne doit pas non plus induire de précontrainte de torsion etc.

A noter que lors de la mise en position avec le crochet 1.25T, l'utilisateur une fois arrivé en butée peut potentiellement continuer à tirer légèrement avec le crochet le temps de réagir et d'arrêter le pont :

- Le système de butée doit prévoir une résistance suffisante pour pallier ce phénomène et pourquoi pas inclure un indicateur visuel mécanique pour indiquer quand arrêter la traction.

La fixation des éléments sur la maçonnerie et éventuelles erreurs de calage peuvent induire des décalages, des frottement ou jeux trop important, et donc influencer sur la qualité du fonctionnement global. Il est fortement recommandé de prévoir des calages réglables ou autre, des gabarits de perçage etc. afin d'obtenir la mise en positionnement optimale de la plage et d'éviter l'usure prématurée de certaines pièces.

Des solutions techniques seront proposées et discutées par le titulaire du marché lors des réunions de conception.

#### **4.1.3. Absorber les vagues qui déferlent contre le mur « aval » en surface (Ensembles module complémentaire anti-reflux des vagues)**

Un système modulaire support contenant des blocks poreux (PWA blocks) NC20-48TOR de chez Zenit technologies (ou équivalent) devra être conçu, de façon optimum pour l'hydrodynamique (peu de surface de châssis apparente face aux vagues). Il aura pour but d'absorber les vagues déferlantes qui ne sont pas totalement amorties par la plage afin d'éviter qu'elles impactent le mur et ne soient réfléchies, ainsi que de limiter les éclaboussures sur le parvis.

Il viendra se reprendre sur les fixations de reprise parvis (équerres) ou sur le bâti, et ne devra pas gêner ou contraindre la mobilité de la plage. Il devra être installé sur toute la largeur de la plage (il pourra être en plusieurs parties), et démontable.

Ce système modulaire de blocks poreux ira des dernières rangées de barreaux du caillebotis (affleurant), ou placé derrière ceux-ci, jusqu'au muret. Si possible incluant la zone immergée entre le derrière de la plage et le mur, la profondeur dans l'eau sera à préciser dans ce cas. En hauteur il remontera jusqu'au niveau bas de la goulotte de trop-plein afin de ne pas empêcher l'écroulement de la surface d'eau du bassin.

Le système sera recouvert sur le dessus d'une tôle inox et celle-ci munie d'anti-dérivant, avec un rebord extérieur courbé vers le bas (faisant face aux vagues).

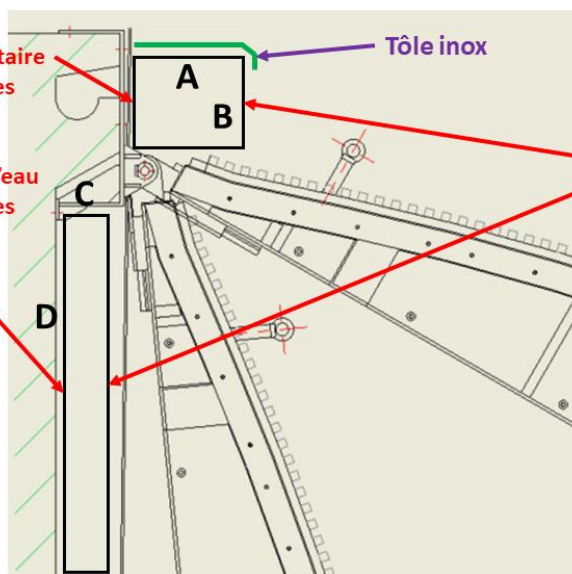
Elle aura pour but principal d'empêcher les éclaboussures d'eau de monter plus haut. La plaque (ainsi que la structure) devra être suffisamment résistante pour supporter le poids d'un homme qui marche dessus pour préserver les blocks poreux et ne pas se déformer sous son passage. De plus, le bord recourbé servira à reprendre les frottements d'une barque légère en plastique lors des manipulations de mise ou de sortie d'eau de cette dernière.

Il n'existe aucun plan actuel de ce système qui sera à développer entièrement. Des solutions techniques seront proposées par le titulaire du marché et par l'équipe IFREMER puis discutées lors des réunions de conception. Quelques essais préliminaires ont toutefois été réalisés par l'IFREMER sur une maquette pour dégrossir le sujet.



Ensembles  
module complémentaire  
anti-reflux des vagues

Ensembles  
Blocks poreux sous l'eau  
anti-reflux des vagues



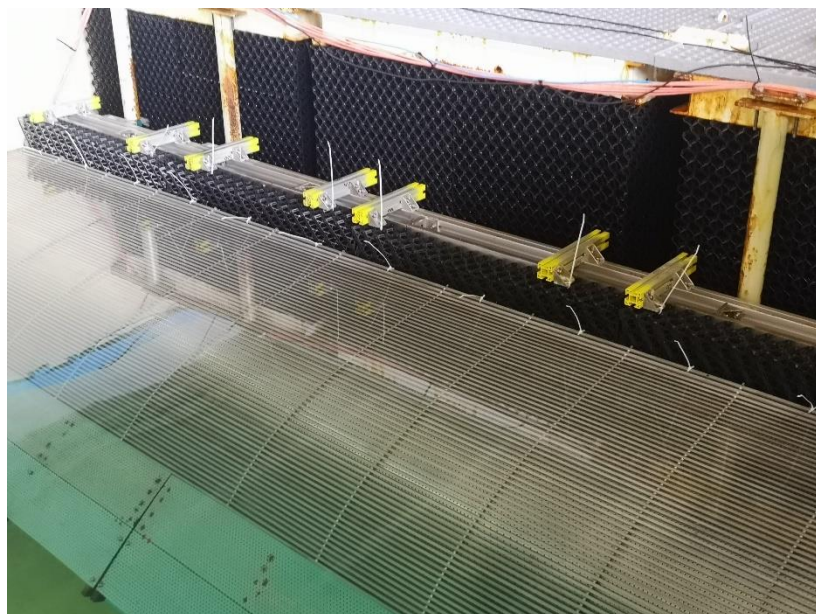
Dimensions approximatives « Ensembles module complémentaire anti-reflux des vagues »

A (longueur)= 400 à 800 mm environ

B (hauteur) = 600 mm environ

Largeur= toute la largeur de la plage (et du bassin)

*Essais de la méthode anti-reflux des vagues avec des blocks poreux entre le derrière de la plage et le muret, sur une maquette instrumentée de la plage, pour valider l'effet sur le taux de réflexion dans le canal.*

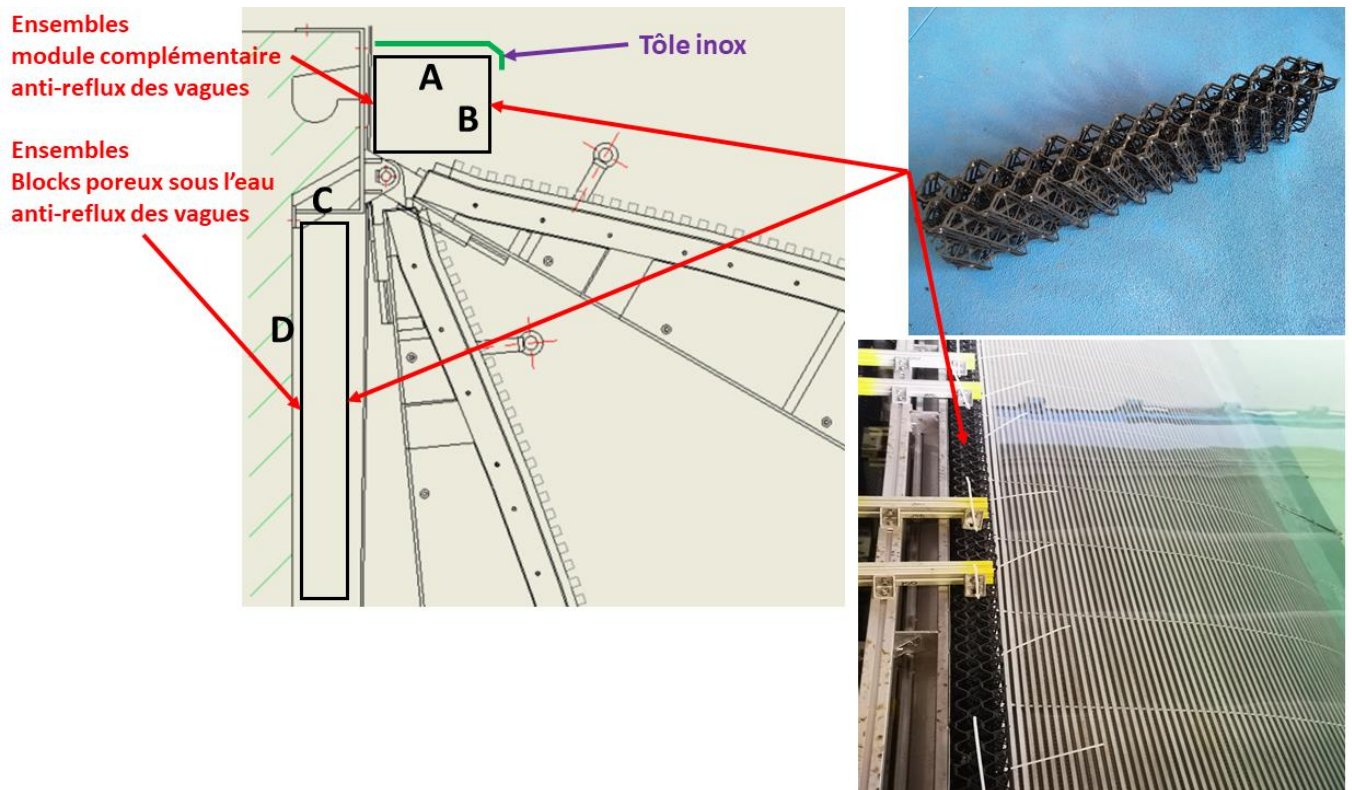


#### 4.1.4. Minimiser la réflexion des vagues contre le mur « aval » sous la plage (Ensembles de blocks poreux sous l'eau anti-reflux des vagues)

Un châssis support contenant des blocks poreux (PWA blocks) NC20-48TOR de chez Zenit technologies (ou équivalent) devra être conçu, de façon optimum pour l'hydrodynamique (peu de surface de châssis apparente face aux vagues). Il aura pour but d'absorber les vagues qui ne sont pas totalement amorties par la plage afin d'éviter qu'elles ne soient réfléchies par le mur.

Il viendra se reprendre sur le bâti sous l'eau, sous le décroché du muret, et ne devra pas gêner ou contraindre la mobilité de la plage, ici surtout en position de stockage entre le dessous de la plage et le mur. Si besoin des passages seront prévus dans le châssis ou dans les blocks poreux afin de laisser passer des éléments du système de positionnement (câbles etc.).

Il devra être installé sur toute la largeur du bassin (il pourra être en plusieurs parties).



Dimensions approximatives « Ensembles blocks poreux sous l'eau anti-reflux des vagues »

C (longueur)= 300 mm environ

D (hauteur) = 2000 mm environ

Largeur= toute la largeur du bassin



#### 4.1.5. Encastrement des équerres dans le parvis (ensembles permettant la fixation parvis et la rotation de la plage)

Si le même système de reprise sur le bord du parvis par l'intermédiaire d'équerres est retenu, il faudra veiller à ce que les plaques et la boulonnerie ne dépassent pas de la surface du parvis (faire une réserve dans le béton par exemple) pour ne pas gêner le passage de la soufflerie mobile. S'il y a un trou, le compléter proprement par une résine résistante (usure et charge) de type époxy pour avoir une surface uniforme.



#### 4.1.6. Pouvoir positionner la plage à son angle de travail avec le crochet 1.25T du pont

La plage doit pouvoir se mettre en position de travail en eau, c'est-à-dire se verrouiller grâce aux blocs de positionnement et de verrouillage automatique au bon angle, avec le crochet de 1.25T du pont. Un agent viendra en barque détacher si nécessaire l'élingage du crochet, mais cela serait à éviter si possible. L'élingage restera en place coulant dans le bassin et récupéré par un bout comme c'est le cas actuellement.

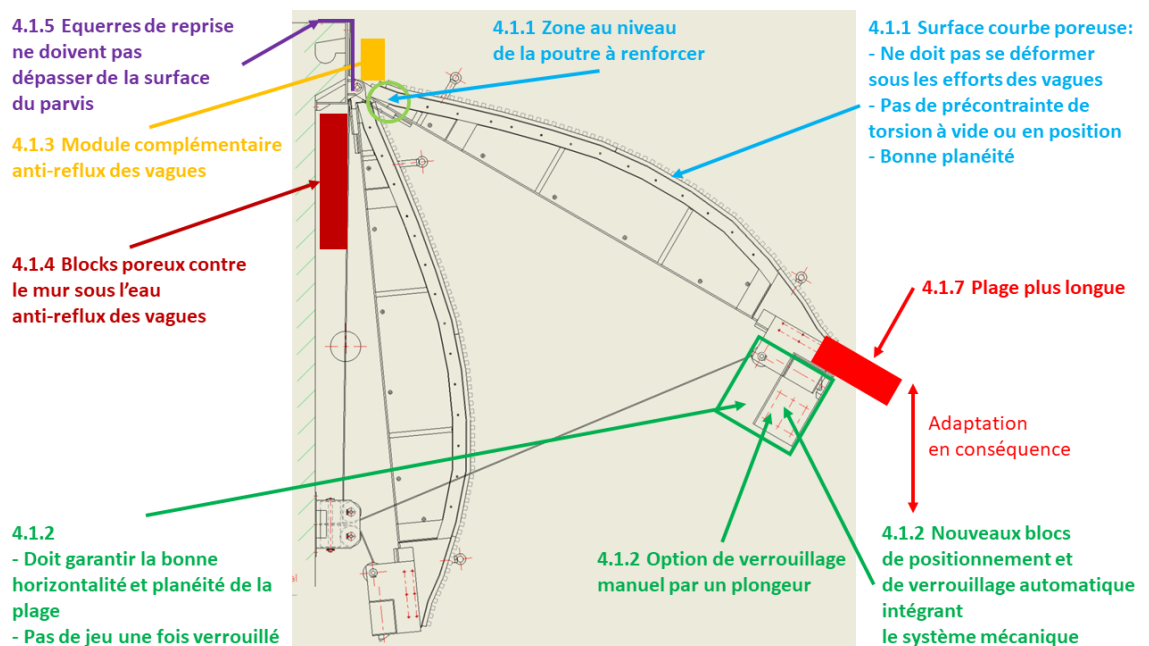
#### 4.1.7. Augmenter la longueur de la plage

La plage sera allongée d'un mètre supplémentaire environ par rapport à la plage actuelle. Cet allongement sera inclus dans le corps principal de la plage (non modulaire), par le prolongement relativement naturel de la courbure de la plage du côté amont qui fait face aux vagues (bord d'attaque), passant de 5230 mm environ à 6200 mm. De ce fait la hauteur (h) de la plage s'en trouvera sûrement aussi augmentée pour assurer suffisamment de hauteur en bout de plage pour la solidité de l'ensemble, cela restera à définir par le titulaire. De plus le positionnement des blocks de verrouillage en bout de plage sera à définir en fonction de la longueur totale de la plage.

*Schéma de principe indiquant l'allongement de la plage et le potentiel changement de hauteur (sur la base des plans à titre indicatifs de la plage actuelle) :*



*Schéma de principe donnant la représentation de quelques améliorations demandées (sur la base des plans à titre indicatifs de la plage actuelle) :*



## 4.2. Environnement, contraintes et limitations

En plus des éléments indiqués dans le point « 3.1.1 Environnement, contraintes et limitations ».

### 4.2.1. Résistance aux chargements cycliques et extrêmes

La plage d'amortissement doit pouvoir tenir sur une période de 20 ans les chargements cycliques et extrêmes rencontrés au bassin d'essais lors de son utilisation normale. La prévision du nombre de cycles estimé par l'IFREMER sur une période d'un an pour une gamme de fréquences de houles et d'amplitudes types est précisé dans le tableau récapitulatif en section 4.4.1.

Ces cycles extrêmes seront notamment utilisés pour valider la réception finale de la plage après son installation et mise en fonctionnement par le titulaire.

La plage fera donc l'objet d'une étude de calcul concernant sa tenue et son vieillissement pour ces chargements cycliques et extrêmes en tenant compte : du vieillissement dans l'eau de mer chlorée du bassin, des matériaux sélectionnés et des efforts imposés par les chargements dynamiques sur la structure et les éléments qui la composent.

### 4.2.2. Résistance de la plage en air et en eau

Le niveau d'eau du bassin est régulièrement amené à varier pour des raisons de maintenance ou pour des essais (plein ou vide ; en air ou en eau), ce qui induit que la plage ne bénéficiera pas tout le temps de l'éventuelle portance qu'elle pourrait posséder en eau pour contrer son poids.

#### **Bassin vide, plage en air :**

La plage et les divers éléments devront être prévus suffisamment résistants pour supporter le poids de la plage lorsque le bassin sera vide, qu'elle soit maintenue en position de travail sur les blocs de verrouillage ou qu'elle soit maintenue en position de stockage.

De plus, la plage doit pouvoir supporter son propre poids, reprise sur ses points de levage lors des opérations de levage au pont (pour la livraison, l'installation, ou le démontage par exemple).

#### **Bassin plein, en eau :**

La plage et les divers éléments devront être prévus suffisamment résistants pour supporter les chargements hydrodynamiques, tel que défini en dans le tableau récapitulatif 4.4.1

### 4.2.3. Corrosion galvanique et vieillissement

Prévoir pour la plage, ses modules complémentaires et ses éléments ainsi que pour tout autre support, ensemble ou pièce, des matières et des traitements de surface adaptés à l'eau de mer chlorée contre le vieillissement et la corrosion. De plus, tous les éléments métalliques importants doivent être protégés par des anodes sacrificielles.

Les aspects de corrosion galvanique des matériaux sont à prendre en compte dans la conception, la réalisation et l'installation, les effets électrochimiques dans l'eau de mer ou en air salin étant aggravés sur les matériaux et entre eux. Tout élément de visserie, doit être à minima en Inox A4-70 ou BUMAX.

Certains gros éléments en acier peuvent être protégés par galvanisation à chaud et peint (RAL à définir), en plus d'une protection par anodes sacrificielles. Les éléments en Inox (à minima 316L, super duplex etc.) sont aussi à protéger par anodes sacrificielles sans que cela ne contraigne l'utilisation.

Le vieillissement des matériaux composites de la nouvelle plage doit garantir sa tenue dans le temps. A ce titre, Ne pas utiliser de polyesters dans les matériaux.

#### **4.2.4. Masse de la plage principale (sans ses modules complémentaires)**

Selon les matières retenues et la conception de la plage, il est demandé d'essayer de viser une masse inférieure à 5 Tonnes pour le corps principal de la plage, entendu sans ses modules complémentaires. Cela laisserait la possibilité d'utiliser les portiques 19T et 5T.

Un maximum de 7 Tonnes ne devra pas être dépassé.

De la flottabilité peut être ajoutée sous la plage si le comportement hydrodynamique de la plage n'est pas impacté et que la flottabilité globale de la plage reste négative (plage coulante en eau de mer). Application de l'option et validation impérative par l'IFREMER.

#### **4.2.5. Installation générale**

- L'axe des charnières doit être facile à insérer lors de la mise en place générale de la plage (alignement de tous les axes etc.).
- Des paliers lisses remplaçables au niveau des charnières, dans les logements des axes de rotation, de la plage et des équerres, sont demandés afin de pouvoir les changer en cas d'usure.
- La plage sans ses modules doit pouvoir rentrer par la grande porte du bassin, et tourner entre les pieds du pont de 19T (la diagonale de la plage doit pouvoir passer). Attention à la largeur max entre les pieds du pont de 19T.
- L'installation de la plage et des divers éléments devra respecter l'intégrité des chemins et rails de roulement des différents ponts de manutention, passerelles et soufflerie, et ne devra pas limiter la capacité d'utilisation de ces moyens.
- Tous les éléments fixés sur les parois et le Liner doivent pouvoir se démonter en cas de réfection du Liner.
- Une fois mise en position de travail et verrouillée dans le système des blocs de verrouillage, la plage et ses ensembles ne doivent pas présenter de jeu sous les efforts induits par les vagues (effet de pompage).
- Le positionnement de la plage en position de travail doit garantir son horizontalité ainsi que sa planéité sur la surface courbe poreuse du dessus. De plus, la plage ne doit pas présenter de torsion de précontrainte, que ce soit à vide ou en position dans le bassin.
- Les écrous seront majoritairement de type « écrous freins » pour éviter les desserrages dus aux vibrations ou autres.

#### **4.2.6. Accessibilité des éléments de boulonnage des modules complémentaires de la plage**

La visserie et boulonnerie des modules complémentaires sur la plage devront être facilement accessibles aux agents et la place pour l'utilisation des outillages nécessaire à cette tâche doit être prévue (largeur de débattement pour clés de serrage etc.). A noter que des plongeurs IFREMER seront peut-être amenés à réaliser certaines étapes du montage sous l'eau, les manipulations et accès doivent donc être le plus simple possible et compatible avec des activités réalisables en scaphandre autonome.



#### 4.2.7. Maintenance

L'obtention d'une maintenance très minimaliste est visée pour la nouvelle plage incluant tous les éléments (blocs de verrouillage, charnières, ensembles de fixation etc.), comme pour la plage existante tout en garantissant le bon fonctionnement : graissages éventuels et passage du jet d'eau sous haute pression (Karsher).

### 4.3. Fonctionnalités

La nouvelle plage d'amortissement des vagues (ainsi que ses éléments associés) reprendra les fonctionnalités principales de la plage existante, à savoir :

#### 4.3.1. Absorption des vagues (porosité et caillebotis)

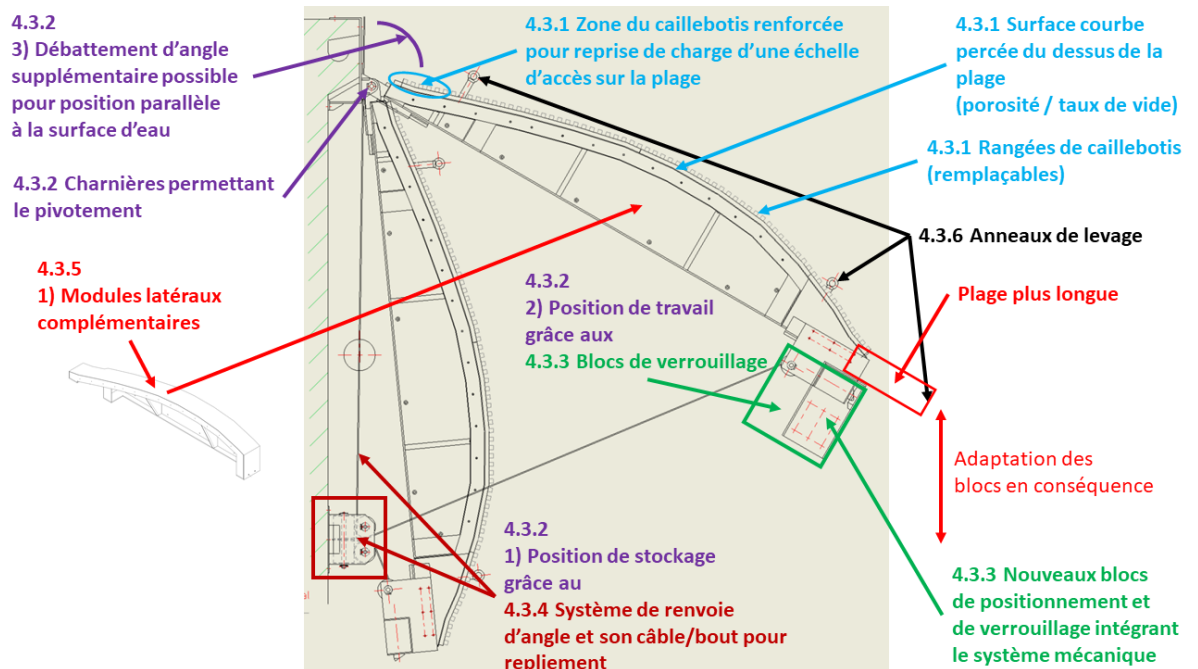
#### 4.3.2. Pivotante (ensembles permettant la fixation parvis et la rotation de la plage)

#### 4.3.3. Positionner la plage à son angle de travail (ensembles des blocs de positionnement avec système de verrouillage automatique)

#### 4.3.4. Positionner la plage en position de stockage (ensembles et système de repliement et de maintien en position de stockage)

#### 4.3.5. Plage modulaire (ensembles modules latéraux complémentaire)

*Schéma de principe donnant la représentation de quelques fonctions demandées (sur la base des plans à titre indicatifs de la plage actuelle) :*



#### 4.3.6. Levage

## 4.4. Données dimensionnantes à utiliser pour la conception de la plage et ses ensembles

### 4.4.1. Tableau récapitulatif des données d'entrée :

Définition d'un cycle pour une houle : période entre un creux et une crête. Par exemple sur une durée de 60 secondes pour une houle de 0.5 Hz (soit 2 s) ; nb cycles =  $60/2 = 30$ .

	<b>Valeurs figées en rouge</b> <b>Valeurs évolutives en bleu</b>	Tolérances
Gamme globale de houle générée au bassin	0.2 à 1.25 Hz de 0 à 800 mm soit 0.8 à 5 s de 0 à 800 mm  Voir courbe du générateur de houle en annexe	
Gamme de houle extrême (aussi utile pour le calcul modal)	Houles supérieures à 500 mm sur la gamme de période entre 1.6s et 4.3s ; et Houles de 800 mm sur la gamme de périodes entre 1.9s et 3.5s  Voir courbe du générateur de houle en annexe	
Gamme de houle extrême Pour la réception en bassin. Durée des houles 60 secondes	2 s    400 et 800 mm 2,5 s   400 et 800 mm 3 s    400 et 800 mm 3,5 s   400 et 750 mm 4 s    300 et 580 mm	
Gamme de houle moyenne Pour la réception en bassin. Durée des houles 1200 secondes pour les houles irrégulières et 300s pour les houles régulières.	Houle irrégulière : Hs=300mm, Tp=2.2s Hs=400mm, Tp=2.2s  Houle régulière : H=400mm, T=2.5s H=400 mm ; T adapté en fonction de modes privilégiés	
Houle extrême pour les mesures des flèches lors des essais de réception en bassin.	Hauteur et période à définir sur place après les essais sur houles régulières extrêmes et mesures modales	

<p>Chargement hydrodynamique dimensionnant Pmax ou 2Pmax en pic pour la plage à prendre en considération pour les houles extrêmes (<u>pour les calculs statiques</u>) comme indiqué en 4.4.5.1</p> <p><u>Cette valeur ne comprend pas de coefficient de sécurité</u></p>	<p><u>Pour répartition linéaire de la pression sur la longueur de la plage :</u></p> <p>Pz max = 2016 Pa Px max = 602 Pa</p> <p><u>Pour répartitions non linéaire du pic de pression sur la longueur de la plage :</u></p> <p>2Pz max = 4032 Pa 2Px max = 1204 Pa</p>	
<p>Répartitions minimums de chargement à tester du pic de pression 2Pmax et Pmax (<u>hors coeff de sécurité</u>, pour les calculs statiques) pour les positions suivantes dans la longueur de la plage comme indiqué en 4.4.5.1</p>	<p>2Pmax placé à ½ de la longueur 2Pmax placé à ¼ de la longueur 2Pmax placé à ¾ de la longueur Pmax homogènement répartie sur la longueur</p> <p>Autres configurations : à définir par le titulaire</p>	
<p>Effort dimensionnant F max total</p> <p><u>Cette valeur ne comprend pas de coefficient de sécurité</u></p>	<p>Fz max = 156 250 N Fx max = 46 680 N</p>	
<p>Définition de l'Effort F max équivalent en valeur absolue</p>	<p>F max équivalent = Fz max + Fx max + poussée d'Archimède + poids de la plage + coeff sécurité</p>	
<p>Nombres de cycles de vagues sur 1 an d'utilisation (houles moyennes et houles extrêmes)</p>	<p>185 000 cycles au total Total comprenant 41 000 cycles de houles extrêmes</p>	
<p>Nombre de cycles pour les calculs de fatigue sur 20 ans</p>	<p>185 000 * 20 = 3 700 000 cycles au total à F max / 2</p> <p>Total comprenant 820 000 cycles de houles extrêmes à F max</p>	
<p>Chargement hydrodynamique dimensionnant à prendre en considération <u>pour le calcul en fatigue</u> suivant les cycles</p> <p><u>Cette valeur ne comprend pas de coefficient de sécurité</u></p>	<p>P max / 2 Pz max / 2 = 1008 Pa Px max / 2 = 301 Pa</p>	

Dimensions en mm de la plage totale (modules latéraux et allongement frontal compris)	<p>12460 mm de large</p> <p>Toute la largeur du bassin. Cette largeur est à adapter au plus proche des parois sans frottement de la plage sur les murs (à par les balais ou lèvres)</p> <p>6200 mm de long</p>	+ - 5 mm
Dimensions des modules latéraux	<p>Largeur minimum de 500 mm</p> <p>Pour le passage du corps de la plage entre les rails déportés au-dessus du bassin</p> <p>Le corps principal de la plage (sa diagonale) doit pouvoir effectuer une rotation entre les pieds du pont 19T (sans ses modules latéraux)</p>	
Ecartement (espace vide) de chacun des côtés de la plage par rapport aux murs	<p>Minimum 10 mm =&gt; attention ne devant pas provoquer de frottement de la plage sur les murs</p> <p>Maximum 35 mm =&gt; attention ne devant pas provoquer de frottement de la plage sur les murs</p> <p>Placement obligatoire de balais ou de lèvres pour combler tout le vide (améliore le comportement hydro)</p>	+ - 2.5 mm
Forme du profil de la plage	Courbe identique à l'existante + allongement en partie amont	
Allongement de la plage	Dans le prolongement relativement naturel de la courbe côté amont. Allongement inclus dans le corps principal de la plage	
Niveau 0 ou référence, de la surface de l'eau sur la pige déjà en place du bassin	<p>-30 cm</p> <p>Moins trente centimètres sur la pige</p>	

Horizontalité de la plage installée dans le bassin (en air et en eau)	<p>Horizontalité en référence du niveau d'eau du bassin (en eau) et d'un niveau laser (en air).</p> <p>Delta max entre les deux extrémités bâbord et tribord = 15 mm max.</p> <p>Lignes du corps de la plage incluses dans cet écart.</p>	
Angle de travail de la plage par rapport à la surface d'eau (plage sous l'eau)	<p>30°</p> <p>Trente degrés</p>	+ - 0.5 degré
Position de la plage par rapport à la surface d'eau (en position de travail 30°)	Le dessus du bord de fuite (bord arrière à angle droit) est situé à 25 mm sous la surface d'eau.	
Décalage de la plage par rapport au muret du parvis	<p>X dans la longueur du bassin = cote libre, maximum 150 à 200 mm d'éloignement du mur</p> <p>Z dans la hauteur du bassin = bord de fuite de la plage 25 mm sous l'eau</p>	
Porosité locale (taux de vide des plaques perforées)	9% environ, à adapter en fonction du taux de masquage pour obtenir la porosité globale souhaitée	
Porosité globale (taux de vide), à recalculer avec le taux de masquage structurel	8.5 %	+ - 0.5%
Taille des trous	5 mm de diamètre	+ - 0.15
Disposition des trous	<p>Espacement d'environ 15.66 mm =&gt; cette valeur va dépendre aussi du taux de porosité global final après recalcul</p> <p>Disposés en triangles (rangées en quinconce comme la plage actuelle)</p>	
Epaisseur de la paroi poreuse (surface courbe percée)	6mm	+ - 0.8 mm



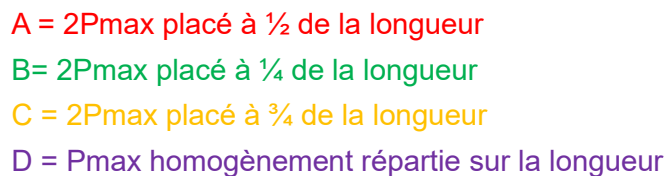
Caillebotis en PE ou PEHD (dimension et espacement des rangées)	<p>Barres carrées de 40mm * 40mm * 12.5m espacées tous les 40mm, parallèles au bord d'attaque courant dans la largeur de la plage (environ 12.5m). Similaire à la plage actuelle.</p> <p>Les rangées sont déportées en hauteur par rapport au-dessus de la surface de la plage de 40 mm, l'équivalent d'une barre carrée. Similaire à la plage actuelle.</p> <p>Au minimum 67 rangées pour la partie de la courbe similaire à l'ancienne plage + les rangées de l'allongement frontal. Valable pour le corps principal de la plage et ses modules latéraux.</p>	
Porosité du module pour vagues déferlantes et module sous l'eau	Blocks poreux (PWA blocks) NC20-48TOR de chez Zenit technologies (ou équivalent)	
Critère de flèche maximum (en air ou en eau selon le plus défavorable).	30 mm	
Critère de flèche maximum pour les sections de paroi poreuse prises localement sous la charge hydrodynamique	<p>3 mm</p> <p>=&gt; Adapter les couples de renfort en conséquence</p>	
Fréquence propre de la plage <u>en eau</u> à calculer (avec masse d'eau ajouté)	<p>La première fréquence propre doit être supérieure à 8 Hz. Autrement dit, la plage ne doit pas rentrer en résonnance de 0 à 8 Hz</p>	
Coeff de sécurité minimum à appliquer sur la structure de la plage pour les chargements hydrodynamiques (hors levage et sécurité)	<p>Minimum 3</p> <p>Reste à définir par le titulaire</p>	
Coeff de sécurité minimum à appliquer sur les ensembles support de dépose sur le parvis pour inspection par le dessous	<p>A définir par le titulaire. Respecter la réglementation en vigueur sur la santé et la sécurité au travail</p>	

Coeff de sécurité minimum à appliquer sur les ensembles	Minimum 3 Reste à définir par le titulaire	
Matériaux recommandés pour la plage et ses modules	Composites (exemple : fibre de verre et époxy) Attention : pas de polyesters	
Masse du corps principal de la plage (maximum ou idéale) sans ses modules et dans l'air	5 Tonnes maximum (idéal) 7 Tonnes maximum	
Cas minimums (à prendre en compte dans les calculs statiques) pour lesquels vérifier la résistance de la plage <u>en air</u> ainsi que ses flèches maximums autorisées	1) dans la position horizontale (stockage parvis) 2) en position de travail à 30° 3) et en position de stockage à environ 90° 4) Levage  Autres : à définir par le titulaire	
Flottabilité plage et modules	Négative (la plage sera coulante en eau de mer)  Mais pas trop éloignée de la neutralité dans l'eau de mer. Plage relevable en eau avec le crochet 1.25T.	
Aspect et finition	Lisse sans aspérités sur le dessus  Côté moule (lisse) pour le dessus de plage avec Gelcoat  Passage d'un Gelcoat sur le dessous de la plage après démoulage si un contre-moule n'est pas utilisé	
Couleur des matériaux à privilégier	Blanc	
Propriété de l'eau	Eau de mer Température ambiante PH: 7.5 - 8.5, salinité: 3.2% - 3.6%, chlore libre: 2 - 3 mg/l	

#### 4.4.2.1. Calculs statiques de résistance à la charge hydrodynamique

F max équivalent = Fz max + Fx max + poussée d'Archimède + poids de la plage + coeff sécurité

La pression P varie en localisation suivant l'avancée de la vague sur la plage, et la localisation précise P max n'est pas connue et évolutive, il est donc nécessaire de tester plusieurs cas de figures minimums pour les calculs statiques de résistance à la charge hydrodynamique, définis tels que sur le schéma ci-dessous.



Les chargements hydrodynamiques  $P_z$  et  $P_x$  sont considérés comme étant de directions opposées en fonction du passage des crêtes et des creux des vagues.