



PORT AUTONOME DE LA GUADELOUPE
DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT ET DE LA PROSPECTIVE
SERVICE INGÉNIERIE ET DÉVELOPPEMENT

**PRÉDIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DU
TERMINAL CONTENEURS DE JARRY SUD**

NOTE D'HYPOTHÈSES

NOTE D'HYPOTHÈSES

SOMMAIRE

| | |
|--|----------|
| 1. TEXTE RÉGLEMENTAIRE ET DE CALCULS | 1 |
| 2. NIVEAU DE RÉFÉRENCE..... | 1 |
| 3. NIVEAUX DU PLAN D'EAU | 1 |
| 3.1 Régime des marées..... | 1 |
| 3.2 Niveaux extrêmes | 2 |
| 4. ALTIMÉTRIE..... | 2 |
| 5. NAVIRE DE PROJET | 2 |
| 6. DONNÉES GÉOTECHNIQUES | 3 |
| 6.1 Analyse géotechnique du site..... | 3 |
| 6.2 Caractéristiques retenues pour le calcul d'un quai sur pieux..... | 3 |
| 6.2.1 Frottement négatif | 3 |
| 6.2.2 Portance des pieux..... | 3 |
| 6.2.3 Raideur du sol | 4 |
| 6.3 Caractéristiques retenues pour le calcul d'un quai poids | 5 |
| 6.3.1 Justification de la stabilité du quai..... | 5 |
| 6.3.2 Matériaux derrière le quai..... | 5 |
| 6.4 Caractéristiques retenues pour le calcul de la stabilité des digues d'enclôture..... | 6 |
| 6.4.1 Calcul de stabilité des digues..... | 6 |
| 6.4.2 Dans la tourbe : | 6 |
| 6.4.3 Dans les sols compressibles indifférenciés :..... | 6 |
| 6.4.4 Dans les argiles surconsolidées :..... | 6 |
| 6.4.5 Dans le substratum marno calcaire :..... | 6 |
| 6.4.6 Pour les matériaux d'apport : | 6 |
| 6.5 Caractéristiques proposées pour le calcul des tassements : | 7 |
| 6.5.1 Dans les sols compressibles indifférenciés :..... | 7 |
| 6.5.2 Dans la tourbe : | 7 |
| 7. SITUATIONS DE PROJET | 8 |

| | |
|--|-----------|
| 8. DÉFINITION DES ACTIONS ET COMBINAISONS..... | 9 |
| 8.1 Définition des actions | 9 |
| 8.2 Définition des combinaisons..... | 9 |
| 9. ACTIONS APPLIQUÉES À L'OUVRAGE | 12 |
| 9.1 Actions permanentes | 12 |
| 9.1.1 Eau | 12 |
| 9.1.2 Poids propre | 12 |
| 9.1.3 Retrait | 12 |
| 9.2 Actions variables | 12 |
| 9.2.1 Variations de température | 12 |
| 9.2.2 Portique | 13 |
| 9.2.3 Efforts d'amarrage | 14 |
| 9.3 Accostage..... | 16 |
| 9.3.1 Vitesse d'accostage | 16 |
| 9.3.2 Calcul de l'énergie d'accostage..... | 17 |
| 9.3.3 Coefficients partiels à appliquer sur les courbes représentatives de l'énergie et de la réaction | 18 |
| 9.4 Prise en compte du séisme | 19 |
| 9.4.1 Aspect réglementaire | 19 |
| 9.4.2 Règlement de calcul..... | 19 |
| 9.4.3 Actions concomitantes avec le séisme | 19 |
| 9.4.4 Combinaisons..... | 20 |

NOTE D'HYPOTHÈSES

1. TEXTE RÉGLEMENTAIRE ET DE CALCULS

De manière générale, les justifications relatives aux études de prédimensionnement seront issues des textes suivants :

- Recommandations pour le calcul aux états limites ultimes des ouvrages maritimes et fluviaux du Service Technique Central des Ports Maritimes et des Voies Navigables (désigné dans la suite du texte ROSA 2000).
- Fascicule n° 62 titre 1er - Section I du CCTG : "Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites" (BAEL 91 révisé 99) ;
- Règles Neige et Vent et annexes : NV 65 modifiées 99 et N 84 modifiées 2000.
- Fascicule n° 62 titre V du CCTG : "Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil" ;
- Normes et DTU en vigueur.
- Règles parasismiques AFPS 90 pour la rédaction de règles relatives aux ouvrages et installations à réaliser dans les régions sujettes aux séisme et AFPS 92 pour la protection parasismique des ponts

2. NIVEAU DE RÉFÉRENCE

Le zéro hydrographique (+/- 0 NH) du port de Pointe-à-Pitre se situe à 0.46 m en dessous du zéro du nivellement général de la Guadeloupe. Tous les niveaux du présent avant projet se réfèrent au zéro hydrographique (NH).

3. NIVEAUX DU PLAN D'EAU

3.1 RÉGIME DES MARÉES

L'observation des marées dans le port de Pointe-à-Pitre se fait systématiquement depuis 1970. Les valeurs extrêmes mesurées sont :

- Hauteur maximale (Plus Hautes Eaux de Pleine Mer) : + 0.93 NH
- Hauteur minimale (Plus Basses Eaux de Basse Mer) : + 0.11 NH
- Niveau moyen de Pleine Mer : + 0.75 NH
- Niveau moyen de Basse Mer : + 0.25 NH

Le niveau moyen du plan d'eau sera considéré à + 0.46 NH (0 NGG) arrondi à + 0.50 NH

3.2 NIVEAUX EXTRÊMES

- **Élévation du niveau de la mer liée au réchauffement climatique** : elle est généralement estimée à environ 5 mm/an. La valeur officielle retenue par le gouvernement français est aujourd'hui de 47.5 cm pour 100 ans.

L'élévation du niveau de la mer retenue pour la DDE de la Guadeloupe est de 40 cm, ce qui correspond à une durée de vie de l'ouvrage de 80 ans. C'est cette valeur que l'on retiendra.

- **Surcote cyclonique** : + 1.50 m (données Météo France relatives au cyclone Hugo).
- **Décote cyclonique** : - 1.10 m (données Météo France relatives au cyclone Hugo).
- **Niveaux extrêmes du plan d'eau** :

Les niveaux extrêmes sont calculés en considérant les niveaux moyens de Pleine et Basse Mer.

- Niveau maximum absolu probable : $+0,75 + 1,50 + 0,40 = +2,65$ NH
- Niveau minimum absolu probable : $+0,25 - 1,10 = -0,85$ NH

4. ALTIMÉTRIE

- Niveau du quai et du terre-plein : +3.00 NH
- Niveau d'application de l'effort d'accostage : +2.00 NH
- Niveau d'application de l'effort d'amarrage : +3.50 NH
- Niveaux des fonds devant le quai : Le tirant d'eau du navire de projet a été fixé à 16 m. En considérant un pied de pilote de 1.00 m, les niveaux des fonds à prendre en compte sont les suivants :
 - niveau des fonds garanti : -17.00 NH
 - niveau de projet de dragage : -17.50 NH
 - Niveau de calcul : -18.00 NH

5. NAVIRE DE PROJET

Les principales caractéristiques du navire de projet retenu par le PAG sont :

- Longueur hors tout (Lht) = 365 m
- Longueur de flottaison (Lpp) = 348 m
- Largeur = 49 m
- Tirant d'eau = 16 m
- Port en lourd = 130 000 t
- Déplacement = 180 000 t
- Capacité estimée = 11 000 à 12 000 EVP
- Surface au vent estimée :
 - Longitudinale = 10 000 m²
 - Transversale = 1 500 m²

6. DONNÉES GÉOTECHNIQUES

6.1 ANALYSE GÉOTECHNIQUE DU SITE

Du point de vue géomécanique, trois familles géotechniques se dégagent :

- Des formations compressibles, dans lesquelles on distinguera :
 - Les tourbes et tourbes argileuses
 - Les argiles vasardes ou sableuses
- Des argiles relativement fermes
- Le substratum marno calcaire

Les caractéristiques mécaniques, mesurées au moyen d'essais pressiométriques, de ces couches sont les suivantes :

| | $p_1 - p_0$ (MPa) | E_M (MPa) |
|-----------------------------|----------------------|----------------|
| Formations compressibles | 0.01 à 0.39 | 0.3 à 6.7 |
| Argiles relativement fermes | 0.21 à 1.55 | 1.0 à 10.8 |
| Substratum marno calcaire | 0.44 à 5.64 | 3.9 à 159 |

Les valeurs caractéristiques suivantes sont retenues par le géotechnicien :

| | $p_1 - p_0$ (MPa) | E_M (MPa) | Cu (kPa) | α |
|---|----------------------|----------------|-------------|----------|
| Formations compressibles - Tourbe - Argiles | 0.06 | 0.4 | 9 14 | 1 |
| Argiles relativement fermes | 0.46 | 3.0 | 69 | 2/3 |
| Substratum marno calcaire | 2.6 | 65 | - | 1/2 |

6.2 CARACTÉRISTIQUES RETENUES POUR LE CALCUL D'UN QUAÏ SUR PIEUX

6.2.1 FROTTEMENT NÉGATIF

Le rapport géotechnique recommande de considérer un frottement négatif gal à :

- $F_n = 10$ kPa dans les remblais
- $F_n = 5$ kPa dans les formations compressibles

6.2.2 PORTANCE DES PIEUX

Pour le calcul de la portance des pieux, on prendra les hypothèses ci-après :

Les pieux seront battus ouverts dans le marno calcaire : facteur de portance $K_p = 2.6$

- ✓ Contrainte de rupture sous la pointe : $q_u = K_p p_e = 2.6 \times 2.6 = 6.76$ MPa
- Effort limite mobilisable sous la pointe : $Q_{pu} = \rho_p \times q_u \times A$, avec A : section du pieu
- Pieux battus ouverts : $\rho_p = 0.5$ d'où $Q_{pu} = 3.38 \times A$ (en MPa)

✓ .Frottement latéral unitaire limite : q_s

Le rapport géotechnique recommande de retenir les caractéristiques suivantes :

| | ple moyen (MPa) | Classe de sol Fasc. 62 - V | Courbe de frottement | q_{su} (kPa) |
|------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|----------------|
| Sols compressibles | - | - | - | - |
| Argiles surconsolidées | 0.46 | Argile A | Q1 | 20 |
| Marno-calcaire | 2.6 | Marno-calcaire A | Q3 | 120 |

Effort limite mobilisable par frottement latéral : $Q_{su} = \rho_s q_s P L$, avec P = périmètre de la section et L = fiche du pieu

Pieux battus ouverts : $\rho_s = 1$ d'où $Q_{su} = 0.12 \times P \times L$ (en MPa)

La capacité portante des pieux sera calculée conformément au F61 – V :

Charges limites : $Q_u = Q_{pu} + Q_{su}$

$Q_{tu} = Q_{su}$

Charge de fluage : $Q_c = 0.7 Q_u$

$Q_{tc} = 0.7 Q_{tu}$

Capacité portante à l'ELS :

– ELS rare : $Q_{ELS\ MAX} < Q_c / 1.10$ et $Q_{ELS\ MIN} > Q_{tc} / 1.40$

– ELS quasi permanent : $Q_{ELS\ MAX} < Q_c / 1.40$ et $Q_{ELS\ MIN} > 0$

Capacité portante à l'ELU :

– ELU fondamental : $Q_{ELU\ MAX} < Q_u / 1.40$ et $Q_{ELU\ MIN} > Q_{tu} / 1.40$

– ELU accidentel : $Q_{ELUA\ MAX} < Q_u / 1.20$ et $Q_{ELU\ MIN} > Q_{tu} / 1.30$

6.2.3 RAIDEUR DU SOL

Les pieux seront entièrement fichés dans le marno calcaire dont le module linéique de mobilisation de la pression frontale (K_f) sera calculé conformément à l'annexe C5 du fasc. 62 – Titre V :

$$K_f = 12 E_m / (4/3 \times 0,6 / D \times (2,65 \times D/0,6)^\alpha + \alpha), \text{ avec } E_m = 65 \text{ MPa et } \alpha = 0.5$$

On obtient les modules de réaction instantanés ou différés linéiques ou surfaciques ci-après :

| Diamètre du pieu (m) | 1.20 | 1.10 | 1.00 | 0.90 | 0.80 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Module linéique instantané (MPa) | 383 | 371 | 358 | 343 | 328 |
| Module linéique différé (MPa) | 192 | 185 | 179 | 172 | 164 |
| Module surfacique instantané (Mpa/m) | 319 | 337 | 358 | 381 | 410 |
| Module surfacique différé (Mpa/m) | 160 | 169 | 179 | 191 | 205 |

6.3 CARACTÉRISTIQUES RETENUES POUR LE CALCUL D'UN QUAI POIDS

6.3.1 JUSTIFICATION DE LA STABILITÉ DU QUAI

Contrainte de rupture ultime : $q'u = k_p \times p_{le} = 1 \times 2.6 = 2.6 \text{ MPa}$

On vérifiera :

- États limites de mobilisation du sol :

$$q'_{ref} \leq \frac{1}{\gamma_q} (q'_u - q'_0) \cdot i_{sp} + q'_0$$

avec $\gamma_q = 1.5$ à l'ELU accidentel, 2 à l'ELU fondamental et 3 à l'ELS

- États limites ultimes de renversement : on vérifiera à l'ELU qu'au moins 10% de la surface du sol est comprimée
- États limites de service de décompression du sol : on vérifiera :
 - À l'ELS fréquent que la totalité de la surface du sol est comprimée
 - à l'ELS rare que 75% de la surface du sol est comprimée

- États limites ultimes de glissement : on vérifiera à l'ELU que :

$$H_d \leq \frac{V_d \cdot \text{tg}\varphi'}{\gamma_{g1}} + \frac{c' \cdot A'}{\gamma_{g2}} \quad (**)$$

avec les notations suivantes :

- H_d et V_d : composantes de calcul horizontale et verticale de l'effort appliqué à la fondation,
- A' : surface comprimée de celle-ci,
- φ' : angle de frottement interne du sol (***)
- c' : cohésion (***)

Sauf dispositions différentes du marché :

- γ_{g1} est pris égal à 1,2,
- γ_{g2} est pris égal à 1,5.

On prendra :

- angle de frottement interne du sol = 40°C
- cohésion = 50 kPa

6.3.2 MATÉRIAUX DERRIÈRE LE QUAI

- Poids volumique humide = 2 t/m³
- Poids volumique déjaugé = 1.1 t/m³
- Angle de frottement interne = 30°
- Cohésion = 0 KPa
- Inclinaison de la poussée (service) = +20° (2/3 de l'angle de frottement interne)
- Inclinaison de la poussée (séisme) = +10° (1/3 de l'angle de frottement interne)

6.4 CARACTÉRISTIQUES RETENUES POUR LE CALCUL DE LA STABILITÉ DES DIGUES D'ENCLÔTURE

6.4.1 CALCUL DE STABILITÉ DES DIGUES

Il sera retenu un coefficient de sécurité global de :

- Situations durables : 1.5
- Situation transitoire (décote cyclonique) : 1.1
- Situation accidentelle (séisme) : 1

6.4.2 DANS LA TOURBE :

- $C_u = 9$ kPa
- $C' = 3$ kPa
- $\Phi_u = 0^\circ$
- $\Phi' = 10^\circ$
- Poids volumique humide : = 0.8 t/m³
- Poids volumique déjaugé : = 0.2 t/m³
- $N_c = 6.3$ (digues – cas général) ou 9 (terre-pleins et digues - cas de SP3)

6.4.3 DANS LES SOLS COMPRESSIBLES INDIFFÉRENCIÉS :

- $C_u = 14$ kPa
- $C' = 5$ kPa
- $\Phi_u = 0^\circ$
- $\Phi' = 15^\circ$
- Poids volumique humide : = 1.2 t/m³
- Poids volumique déjaugé : = 0.3 t/m³
- $N_c = 6.3$ (digues – cas général) ou 9 (terre-pleins et digues - cas de SP3)

6.4.4 DANS LES ARGILES SURCONSOLIDÉES :

- $C_u = 50$ kPa
- $C' = 15$ kPa
- $\Phi_u = 0^\circ$
- $\Phi' = 15^\circ$
- Poids volumique humide : = 1.7 t/m³
- Poids volumique déjaugé : = 0.8 t/m³
- $N_c = 9$

6.4.5 DANS LE SUBSTRATUM MARNO CALCAIRE :

Le marno calcaire sera considéré en première approche quasi incompressible.

6.4.6 POUR LES MATÉRIAUX D'APPORT :

6.4.6.1 Enrochements :

- $C_u = C' = 100$ kPa
- $\Phi_u = \Phi' = 50^\circ$

- Poids volumique humide : = 2.2 t/m³
- Poids volumique déjaugé : = 1.2 t/m³

6.4.6.2 Noyau de la digue et toit des terre-pleins (matériaux de type remblai) :

- $C_u = C' = 0$ kPa
- $\Phi_u = \Phi' = 35^\circ$
- Poids volumique humide : = 2.0 t/m³
- Poids volumique déjaugé : = 1.1 t/m³

6.4.6.3 Substitution et terre-pleins (matériaux de type remblai hydraulique) :

- $C_u = C' = 0$ kPa
- $\Phi_u = \Phi' = 30^\circ$
- Poids volumique humide : = 1.6 t/m³
- Poids volumique déjaugé : = 0.6 t/m³

6.5 CARACTÉRISTIQUES PROPOSÉES POUR LE CALCUL DES TASSEMENTS :

6.5.1 DANS LES SOLS COMPRESSIBLES INDIFFÉRENCIÉS :

- Poids volumique humide : 1.2 t/m³
- $C_c \# 0.45$
- $C_s \# 0.03$
- $\sigma'_p \equiv \sigma'_{v0}$
- $e_0 \# 2$
- $E_M \# 0.4$ MPa
- $(P_l - P_o) \# 0.06$ MPa
- $C_u \# 14$ kPa
- $\Phi = 0^\circ$
- $C_v = 1 \times 10^{-7}$ à 7.7×10^{-7} m²/s
- $C_\alpha = 0.0085$

6.5.2 DANS LA TOURBE :

- Poids volumique humide : 0.8 t/m³
- $C_c \# 3.5$
- $C_s \# 0.55$
- $\sigma'_p \equiv \sigma'_{v0}$
- $e_0 \# 10$
- $E_M \# 0.4$ MPa
- $(P_l - P_o) \# 0.06$ MPa
- $C_u \# 9$ kPa
- $\Phi = 0^\circ$
- $C_v = 1 \times 10^{-7}$ à 7.7×10^{-7} m²/s
- $C_\alpha = 0.0085$

7. SITUATIONS DE PROJET

Les étapes de la vie de l'ouvrage sont appelées situations de projet. Une situation est déterminée par l'ensemble des conditions du projet régnant pendant un certain intervalle de temps durant lequel les distributions ou processus de toutes les données de la sécurité de l'ouvrage peuvent être considérés comme constants.

Une situation doit tenir compte de la géométrie du site et de l'ouvrage, des actions appliquées à l'ouvrage, des propriétés des sols et des matériaux constitutifs de l'ouvrage, des conditions hydrauliques, de l'environnement de l'ouvrage en général...

On distinguera les situations ci-après :

- **durables** : de longue durée d'application, elles correspondent en général à l'exploitation normale de l'ouvrage,
- **transitoires** : de courte durée d'application, ce sont par exemple les situations de construction, de maintenance, d'exploitation particulière ou exceptionnelle...
- **accidentelles** : de très courte durée d'application, elles sont liées à une configuration accidentelle de l'ouvrage ou à une action accidentelle,

| | Situation durable | Situation transitoire | Situations accidentelles | |
|--|---|---|---|---|
| Phase | Exploitation | Cyclone | Séisme | Portique ancré |
| Sol | Court terme et Long terme | Court terme et Long terme | Court terme | Court terme |
| Eau | Marée | Surcote et décote | Marée | Surcote et décote |
| États limites | ELS et ELUF | ELUF | ELUA | ELUA |
| Charges ou actions permanentes | Poids propres Actions du sol Actions de l'eau | Poids propres Actions du sol Actions de l'eau | Poids propres Actions du sol Actions de l'eau | Poids propres Actions du sol Actions de l'eau |
| Paramètres ou actions variables | Surcharges de stockage Amarrage ou Accostage Portique en service Surcharges roulantes Grue mobile | Surcharges stockage Portique broché | Surcharges stockage Amarrage Portique en service Surcharges roulantes Grue mobile | Surcharges stockage |

Dans le cadre de l'étude de prédimensionnement, il ne sera pas tenu compte des surcharges roulantes et de la grue mobile dont les effets ne sont pas dimensionnants pour la résistance et la stabilité globale du quai. De plus l'effet de ces charges est couvert par la surcharge uniforme de 2 t/m² prise en compte sur le quai

8. DÉFINITION DES ACTIONS ET COMBINAISONS

8.1 DÉFINITION DES ACTIONS

On considérera les actions élémentaires suivantes :

- Charges permanentes : G
 - Poids propre du quai Gpp
 - Poids propre du quai Gport
 - Retrait Gret
 - Action de l'eau Geau
 - Action du sol Gsol
- Variations de température : T
- Efforts d'amarrage : AM
- Efforts d'accostage : AC
- Surcharges d'exploitation : S
 - Charge de stockage de 4.5 t/m2 sur terre-plein Sstotp
 - Charge de stockage de 2 t/m2 sur quai Sstoquai
 - Charges routières (Bc, Bt, Br) SROUT
 - Grue automotrice de 100 t Sgrue
 - Cavalier (Straddle carrier) Scav
 - Chariot porte conteneurs multi-roues Scha

Au stade du prédimensionnement la charge de stockage de 2 t/m2 sur le quai couvrira les charges induites par la circulation des véhicules de l'exploitation (Rosa 2000 – Actions – Charges d'exploitation - § 3.4 - Application aux ouvrages maritimes et fluviaux)

- Portique : P
 - A vide avec vent Pvide
 - En service Pserv
 - Hors service broché Pbroché
 - Hors service broché et ancré Pancré
- Efforts sismiques : E
 - Horizontaux Eh
 - Verticaux Ev

8.2 DÉFINITION DES COMBINAISONS

Les coefficients de modèle à prendre en compte sont les suivants :

| | Quai sur pieux | Quai poids | Soutènement |
|-----------------|----------------|------------|-------------|
| ELS | 1 | 1 | 1 |
| ELU fondamental | 1.125 | 1.125 | 1.125 |
| ELU accidentel | 1 | 1 | 1 |

Les coefficients partiels γ à prendre en compte pour les actions sont les suivants :

| Actions | $\gamma_{q\ ELS}$ | $\gamma_{q\ ELUF}$ | $\gamma_{q\ ELUA}$ |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|
| Charges permanentes (G) | | | |
| Défavorables (Gdéfav) | 1 | 1.2 | 1 |
| Favorables (Gfav) | 1 | 0.9 | 1 |
| Température (T) | 1 | 1.2 | 1 |
| Accostage (AC) | 1 | 1.33 | 0 |
| Amarrage (AM) (bollard fusible) | 1 | 1.2 | 0 |
| Surcharges d'exploitations (S) | | | |
| Charges de stockage sur quai – 2 t/m2 | 1 | 1.2* | 0 |
| Charges de stockage sur terre-plein – 4.5 t/m2 | 1 | 1.2* | 0 |
| Charges routière | 1 | 1.2 | 0 |
| Grue, cavalier, chariot | 1 | 1.2 | 0 |
| Portique (P) | | | |
| Portique au repos (Prepos) | 1 | 1.2 | 0 |
| Portique en service (Pserv) | 1 | 1.2 | 0 |
| Portique broché (Pbroché) | 1 | 1 | 0 |
| Portique ancré (Pancré) | 0 | 0 | 1 |
| Séisme (E) | 0 | 0 | 1 |

(*) : La charge est bornée, les valeurs limites sont connues et seront respectées au cours de la vie de l'ouvrage.

Pour la combinaison des différentes actions nous proposons les valeurs suivantes des coefficients d'accompagnement ψ :

| Action variable de base | Valeur de combinaison ψ_0 | Valeur fréquente ψ_1 | Valeur quasi permanente ψ_2 |
|--|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Température (T) | 0.6 | 0.5 | 0 |
| Accostage (AC) | 1 | 1 | 0 |
| Amarrage (AM) | 1 | 0.2 | 0.2 |
| Surcharges d'exploitations (S) | | | |
| Charges de stockage sur quai – 2 t/m2 | 0.77 | 0.6 | 0.4 |
| Charges de stockage sur terre-plein – 4.5 t/m2 | 0.77 | 0.9 | 0.8 |
| Charges routière | 0.77 | 0.5 | 0 |
| Grue, cavalier, chariot | 0.77 | 0.5 | 0 |
| Portique (P) | | | |
| Portique à vide (Prepos) | 1 | 1 | 1 |
| Portique en service (Pserv) | 1 | 0.65 | 0.5 |
| Portique broché (Pbroché) | 1 | 0.2 | 0 |
| Portique ancré (Pancré) | 0 | 0 | 0 |
| Séisme (E) | 0 | 0 | 0 |

Les combinaisons seront définies comme ci-après :

- États Limites de Service quasi permanent (ELS qp) : $G_{défav} + G_{fav} + \sum \psi_2 \gamma_{Qs} Q_i$
 – $(G_{défav} + G_{fav}) + \{0.8 S_{stoquai} + 0.4 S_{stotop} + 0.2 AM + (P_{vide} \text{ ou } 0.5 P_{serv})\}$

- États Limites de Service fréquents (ELS fréq) : $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + \psi_1 \gamma_{Qs} Q_i + (\sum \psi_2 \gamma_{Qs} Q_i)$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + 0.5 T + \{0.8 S_{\text{stoquai}} + 0.4 S_{\text{stotp}} + 0.2 AM + (\text{Prepos ou } 0.5 P_{\text{serv}})\}$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (AC \text{ ou } 0.2 AM) + \{0.8 S_{\text{stoquai}} + 0.4 S_{\text{stotp}} + (\text{Prepos ou } 0.5 P_{\text{serv}})\}$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (0.9 S_{\text{stotp}} + 0.6 S_{\text{stoquai}}) + \{(0.2 AM + (\text{Prepos ou } 0.5 P_{\text{serv}}))\}$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (\text{Prepos ou } 0.65 P_{\text{serv}} \text{ ou } 0.2 P_{\text{broché}}) + \{0.8 S_{\text{stoquai}} + 0.4 S_{\text{stotp}} + 0.2 AM\}$

- États Limites de Service rares (ELS rare) : $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + \gamma_{Qs} Q + (\sum \psi_{0i} \gamma_{Qs} Q_i)$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + T + \{0.77 (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}}) + (AM \text{ ou } AC) + (\text{Prepos ou } P_{\text{serv}} \text{ ou } P_{\text{broché}})\}$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (AM \text{ ou } AC) + \{0.6 T + 0.77 (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}}) + (\text{Prepos ou } P_{\text{serv}} \text{ ou } P_{\text{broché}})\}$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}}) + \{0.6 T + (AM \text{ ou } AC) + (\text{Prepos ou } P_{\text{serv}} \text{ ou } P_{\text{broché}})\}$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (\text{Prepos ou } P_{\text{serv}} \text{ ou } P_{\text{broché}}) + \{0.6 T + 0.77 (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}}) + (AM \text{ ou } AC)\}$

- États Limites Ultime (fondamental) (ELUF) : $1.125 \{(1.2 G_{\text{défav}} + 0.6 G_{\text{fav}}) + \gamma_{Qu} Q + \sum \psi_0 \gamma_{Qu} Q_i\}$
 - $(1.35 G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + 1.35 T + \{1.04 (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}}) + (1.35 AM \text{ ou } 1.5 AC) + (1.35 (\text{Prepos ou } P_{\text{serv}}) \text{ ou } 1.125 P_{\text{broché}})\}$
 - $(1.35 G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (1.35 AM \text{ ou } 1.5 AC) + \{0.675 T + 1.04 (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}}) + (1.35 (\text{Prepos ou } P_{\text{serv}}) \text{ ou } 1.125 P_{\text{broché}})\}$
 - $(1.35 G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + 1.35 (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}}) + \{0.675 T + (1.35 AM \text{ ou } 1.5 AC) + (1.35 (\text{Prepos ou } P_{\text{serv}}) \text{ ou } 1.125 P_{\text{broché}})\}$
 - $(1.35 G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + (1.35 (P_{\text{vide}} \text{ ou } P_{\text{serv}}) \text{ ou } 1.125 P_{\text{broché}}) + \{0.675 T + (1.35 AM \text{ ou } 1.5 AC) + 1.04 (S_{\text{stoquai}} + S_{\text{stotp}})\}$

- États Limites Ultime Accidentel (ELUA) :
 - Vis à vis du séisme :**
 - Vérification des structures :** $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + E + \sum \psi_{2i} Q_i$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + E + \{0.8 S_{\text{stoquai}} + 0.4 S_{\text{stotp}} + 0.2 AM + (P_{\text{vide}} \text{ ou } 0.5 P_{\text{serv}})\}$
 - Capacité portante du sol (quai poids) et des pieux :** $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + 1.35 E + \sum \psi_{2i} Q_i$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + 1.35 E + \{0.8 S_{\text{stoquai}} + 0.4 S_{\text{stotp}} + 0.2 AM + (P_{\text{vide}} \text{ ou } 0.5 P_{\text{serv}})\}$

 - Vis-à-vis du portique ancré :** $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + P_{\text{ancré}} + \psi_1 Q + \sum \psi_{2i} Q_i$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + P_{\text{ancré}} + 0.5 T + 0.8 S_{\text{stotp}}$
 - $(G_{\text{défav}} + G_{\text{fav}}) + P_{\text{ancré}} + 0.9 S_{\text{stotp}}$

On trouvera en annexe les tableaux des combinaisons pour les différents états limites.

9. ACTIONS APPLIQUÉES À L'OUVRAGE

9.1 ACTIONS PERMANENTES

9.1.1 EAU

Les actions dues à l'eau sont calculées à partir d'un poids volumique de l'eau de mer égal à 1.025 t/m³.

Le poids volumique de l'eau dans les remblais sera pris égal à 1 t/m³.

Le niveau de l'eau dans le terre-plein sera pris égal à +0.46 NH (niveau moyen des eaux).

9.1.2 POIDS PROPRE

Les actions dus au poids propre des structures seront calculées à partir des poids volumiques suivants :

- Béton armé : 2.5 t/m³
- Béton non armé : 2.4 t/m³
- Acier : 7.85 t/m³
- Poids volumique du béton bitumineux : 2.4 t/m³
- Poids volumique des remblais non déjaugés : 2.0 t/m³
- Poids volumique des remblais déjaugés : 1.2 t/m³

9.1.3 RETRAIT

Le BAEL préconise un raccourcissement unitaire de 1.5×10^{-4} m/m lié au retrait en zone très humide. Ce retrait correspond à une variation fictive uniforme de température égale à : $\Delta T = -(1.5 \times 10^{-4}) / (1 \times 10^{-5}) = -15^\circ\text{C}$.

Dans le cas d'un quai sur pieux, on considérera qu'un tiers du retrait est effectué lors du bétonnage de la dalle et on retiendra une valeur du retrait égale à 1×10^{-4} ,

9.2 ACTIONS VARIABLES

9.2.1 VARIATIONS DE TEMPÉRATURE

La valeur du coefficient de dilatation thermique du béton et des aciers de toute nature est fixée à 10-5 m/m/°C dans les calculs.

Les effets de la température sont regroupés en deux types de cas de charge :

- les cas de charge rares,
- les cas de charge fréquents.

On considère une variation uniforme de température de 25°C, dont une partie lente de 15°C et une partie rapide de 10°C. Les températures extrêmes sont prises égales à +40°C et +15°C. Les températures moyennes sont comprises entre +20°C et +30°C.

9.2.2 PORTIQUE

Il est prévu d'équiper le quai avec 4 portiques dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

- Portée avant bec : 54 m
- Entre axe des rails : 30 m
- Entre axe des pieds : 16.95 m
- Force de levage : 100 t
- Poids à vide : 1 600 t
- Pour chaque portique il est prévu 4 fosses d'ancrage.
- La distance entre chaque groupe de 4 fosses d'ancrage sera déterminée par que les groupes n'interfèrent pas entre eux.
- Vitesse de vent à partir de laquelle le portique est mis hors service : 72 km/h
- Vitesse de vent à partir de laquelle le portique est broché : 100 km/h
- Vitesse de vent à partir de laquelle le portique est broché et ancré : 150 km/h
- Vent extrême de dimensionnement : 288 km/h

On considèrera donc 4 situations de projet :

- Portique en service associé avec un vent maximum de 72 km/h – Situation durable
- Portique à vide non broché associé avec un vent maximum de 100 km/h – Situation transitoire
- Portique à vide broché associé avec un vent maximum de 150 km/h - Situation transitoire
- Portique à vide ancré et broché associé avec un vent maximum de 288 km/h - Situation accidentelle

En l'absence d'informations précises et détaillées sur les descentes de charges de ce portique, le PAG a décidé de prédimensionner les quais sur la base des efforts développés par le portique équipant le port du Havre. Les caractéristiques de ce portique sont supérieures à celles du portique prévu pour le terminal de Jarry Sud :

| | Portique « Le Havre » | Portique « Jarry Sud » |
|--------------|--------------------------|---------------------------|
| Empattement | 35 m | 30 m |
| Poids à vide | 2 400 tonnes | 1 600 tonnes |

Le tableau ci-après résume les efforts verticaux et horizontaux exercés sur un ou deux rails :

| | Gport | Repos | Service | Broché | Ancré |
|-------------------------|-------|-------|---------|--------|-------|
| V* (t) | 1 200 | 1 340 | 2 080 | 1 540 | 2 202 |
| V* (t/ml) | 63 | 71 | 109 | 81 | 116 |
| H _T ** (tm) | 0 | 134 | 208 | 224 | 710 |
| H _L *** (tm) | 0 | 80 | 386 | 240 | 792 |

(*) : Effort vertical sur un seul rail de portique

(**) : Effort horizontal transversal exercé sur rail eau ou rail terre

(***) : Effort horizontal longitudinal exercé sur les deux rails

9.2.3 EFFORTS D'AMARRAGE

9.2.3.1 Orientation du quai

Azimuths de différents ouvrages du port de Jarry :

- Quai 11 : 80°
- Nouveau poste Ro-Ro : 80°
- Talus Est du terre-plein 12 : 140°
- Quai 12 : 50°
- Futur quai à conteneurs : 69°

Azimuths des vents dominants : compris entre 80° et 120°

Angle entre les vents dominants et le futur quai à conteneurs : compris entre 10° et 50°. Si on considère que l'azimut des vents dominants est de 110°, l'angle entre vents dominants et futur quai sera de 40°.

Par rapport aux vents dominants le quai 11 fait un angle de 30°. L'exposition du futur quai sera donc sensiblement plus défavorable.

9.2.3.2 Vitesse du vent

Le règlement du port de Jarry stipule que les navires doivent appareiller dès qu'un avis de tempête tropicale est émis par météo France. Ce qui correspond à une vitesse moyenne de vent égale à 117 km/h, définie comme la moyenne arithmétique sur 10 minutes de la vitesse quasi-instantanée du vent mesurée à une hauteur de 10 m.

On considèrera donc que la vitesse moyenne maximale de vent pouvant s'exercer sur les navires amarrés est de 117 km/h. Rosa 2000 recommande pour le calcul des efforts d'amarrage une formule qui fait intervenir la vitesse moyenne du vent sur 1 minute. Cette vitesse peut être calculée à partir de la vitesse moyenne calculée sur 10 minutes par la relation donnée dans annexe de Rosa 2000 : $V_{1mn} / V_{10mn} = G$,

où G est le coefficient de rafale, qui s'écrit : $G = 1 + g \cdot I$ avec :

g : le facteur de pointe, qui dépend des durées T_1 et T_2 ,

I : l'intensité de la turbulence (pour la composante longitudinale de la vitesse du vent), analogue à un coefficient de variation puisqu'il est défini comme le rapport entre l'écart-type moyen et la valeur moyenne de la vitesse du vent, qui dépend de la rugosité et de la hauteur au-dessus du sol à laquelle les vitesses sont mesurées.

Les expressions de ces paramètres sont : $g \approx \sqrt{2 \ln \left(\frac{T_2}{5T_1} \right)}$ et $I \approx \frac{1}{\ln \left(\frac{z}{z_0} \right)}$

où z est la hauteur au-dessus du sol à laquelle les vitesses sont mesurées et z_0 la longueur de rugosité, à laquelle les degrés de rugosité sont rattachés. A titre d'ordres de grandeur, $z_0 = 0,005$ m pour la mer par vent fort.

On obtient ainsi une vitesse moyenne du vent sur 1 minute égale à 135 km/h.

9.2.3.3 Effort d'amarrage estimé suivant Rosa 2000

Les efforts d'amarrage sont calculés suivant ma méthode recommandée au § 3.1.2 du fascicule Actions – Amarrage de Rosa 2000. L'effort du au vent est calculé suivant la formule :

$$R = (\rho_{air} / 2) \cdot C_v \cdot V^2 \cdot (A_T \cos^2(\alpha) + A_L \sin^2(\alpha))$$

Pour l'application de cette formule, nous avons considéré :

- V (vitesse moyenne du vent sur 1 minute) = 135 km/h
- A_T (surface projetée du navire exposée au vent de bout (« petite surface »)) =
- A_L (surface projetée du navire exposée au vent de travers (« grande surface »)) = 10 500 m²
- α (l'angle entre la direction du vent et l'axe longitudinal du navire) : variable entre 10° et 50°
- C_v (coefficient de forme) = 1,3

Les actions d'amarrage ayant été calculées par la méthode basée sur les paramètres du milieu naturel, les valeurs représentatives de l'effort d'amarrage sont obtenues en appliquant un coefficient de 1.50 tenant compte d'un coefficient d'amplification dynamique égale à 1.25.

Les efforts d'amarrage obtenus sont les suivants :

| α (°) | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| F_T (t) = | 158 | 273 | 414 | 581 | 758 |
| F_L (t) = | 137 | 114 | 109 | 106 | 97 |
| M (tm) = | 2 311 | 8 961 | 19 650 | 23 343 | 24 893 |

F_T : la composante de la force transversale au navire,

F_L : la composante de la force longitudinale au navire,

M : le moment de R réduit à l'axe vertical passant par le centre de gravité

9.2.3.4 Effort d'amarrage estimé suivant les recommandations du « Port designer handbook »

Un calcul complet des efforts d'amarrage ne peut être entrepris à ce stade du projet.

Pour le prédimensionnement des bollards, on s'appuiera sur le livre de référence « Port designer handbook : Recommendations and guidelines » de Carl A. Thoresen, qui donne des valeurs de capacité de bollards et des espacements en fonction du déplacement du bateau.

Les déplacements des navires de projet sont :

- Tranche 1 : 120 000 tonnes
- Tranche 2 : 160 000 tonnes

Table 4.9. Bollard load P and approximate spacing

| Ships with displacement in tons up to | Bollard load P in kN | Approximate spacing between bollards in metres | Bollard load normal from the berth in kN/m berth | Bollard load along the berth in kN/m berth |
|---------------------------------------|------------------------|--|--|--|
| 2000 | 100 | 5–10 | 15 | 10 |
| 5000 | 200 | 10–15 | 15 | 10 |
| 10 000 | 300 | 15 | 20 | 15 |
| 20 000 | 500 | 20 | 25 | 20 |
| 30 000 | 600 | 20 | 30 | 20 |
| 50 000 | 800 | 20–25 | 35 | 20 |
| 100 000 | 1000 | 25 | 40 | 25 |
| 200 000 | 1500 | 30 | 50 | 30 |

On déduit de ce tableau que la capacité nominale des bollards devra être de 150 tonnes et que leur espacement ne devra pas être supérieur à 30 m.

Aux extrémités du quai on disposera des bollards doubles ce qui correspondra à une puissance nominale de 300 t à chaque extrémité du quai.

9.3 ACCOSTAGE

9.3.1 VITESSE D'ACCOSTAGE

De l'avis de tous les acteurs du port le site est à considérer comme abrité, d'autant plus que les vents dominants sont décostants.

On retiendra 2 scénarii d'accostage :

- ELS : site abrité – Accostage facile
- ELU : site abrité – Accostage difficile

Les vitesses d'accostage peuvent être évaluées suivant différentes formules ou recommandations. On trouvera dans le tableau les vitesses différentes vitesses d'accostage obtenues pour un navire ayant un déplacement de 180 000 t :

| | ELS - Site abrité Accostage facile | ELS - Site abrité Accostage facile |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Formule de Bolsma | 0.03 m/s | 0.07 m/s |
| Formule de Vasco Costa | 0.04 m/s | 0.09 m/s |
| Recommandations Rosa 2000, pour un déplacement compris entre 100 000 et 200 000 tonnes | Comprise entre 0.05 et 0.15 m/s | Comprise entre 0.10 et 0.20 m/s |

La fourchette de vitesses recommandée par Rosa 2000 est très large, mais on remarquera que le navire de projet est proche du haut de la fourchette des déplacements. En conséquence et compte tenu des vitesses calculées par les deux autres formules, nous proposons de retenir les vitesses d'accostage ci-après :

- ELS : site abrité – Accostage facile : 0.05 m/s
- ELU : site abrité – Accostage difficile : 0.10 m/s

A titre indicatif on trouvera ci-après les vitesses d'accostages calculées pour les différents types de navires porte-conteneurs accueillis actuellement ou qu'il est prévu d'accueillir à Jarry, calculé suivant la formule de Bolsma.

| | Feeders actuels | Panamax | Post Panamax Min | Post Panamax Max | Navire de projet 2014 | Navire de projet 2025 |
|--|-----------------|-------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Déplacement (t) | 41 000 | 85 000 | 76 500 | 100 000 | 110 000 | 180 000 |
| Largeur (m) | 30.2 | 32.2 | 38.3 | 40.0 | 40.3 | 49.0 |
| Tirant d'eau (m) | 11.0 | 13.2 | 12.8 | 13.8 | 14.5 | 16.0 |
| ELS - Vitesse d'accostage (m/s) | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 |
| ELS - Vitesse d'accostage (m/s) | 0.12 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |

Finalement le PAG décide de retenir les vitesses d'accostages suivantes :

- ELS : 0.10 m/s
- ELU : 0.15 m/s

9.3.2 CALCUL DE L'ÉNERGIE D'ACCOSTAGE

L'énergie d'accostage sera calculée suivant la formule ci-après :

$$E = C_M \times C_E \times C_S \times C_C \times \left(\frac{1}{2} \times \frac{M}{g} \times v^2 \right), \quad \text{avec}$$

- C_M , coefficient de masse ajoutée, calculé suivant la formule de Vasco Costa = 1.7
- C_E , Coefficient d'excentricité, calculé en supposant que l'accostage s'effectue sur le tiers avant : 0.8
- C_S , coefficient de souplesse de coque : le quai sera équipé de défenses souples, d'où $C_S = 1$.
- C_C , coefficient de configuration de quai : il est égal à 0.8 pour un appontement ou un quai creux et à 1 pour un quai plein (caisson). Compte tenu de la présence d'un talus sous le quai pieux on retiendra un coefficient de 0.9 pour le quai sur pieux et de 1 pour un quai poids

Pour les vitesses d'accostages retenues par le PAG, les énergies d'accostage du navire de projet sont égales à :

| | Quai sur pieux | Quai poids |
|---------------------|----------------|------------|
| Scénario de service | 109.2 tm | 121.3 tm |
| Scénario ultime | 245.7 tm | 273.0 tm |

9.3.3 COEFFICIENTS PARTIELS À APPLIQUER SUR LES COURBES REPRÉSENTATIVES DE L'ÉNERGIE ET DE LA RÉACTION

- Coefficients partiels résultants des facteurs portuaires :
 - Vitesse d'accostage < 0.3 m/s
 - Température et fréquence d'accostage :
 - Vis à vis de l'énergie absorbée : une fréquence d'accostage journalière pour une température "haute" de 35°C : 0.93
 - Vis à vis de la réaction transmise : une fréquence d'accostage hebdomadaire pour une température "basse" de 15°C : 1.05

| Fréquence d'accostage | Température | Vitesse d'accostage | | | |
|-----------------------|-------------|---------------------|---------|---------|-----------|
| | | < 0,3 m/s | 0,3 m/s | 0,6 m/s | ≥ 0,9 m/s |
| journalière | 35°C | 0,93 | 1,12 | 1,21 | 1,30 |
| | 15°C | 1,00 | 1,20 | 1,30 | 1,40 |
| | -10°C | 1,24 | 1,48 | 1,61 | 1,73 |
| hebdomadaire | 35°C | 0,98 | 1,18 | 1,27 | 1,37 |
| | 15°C | 1,05 | 1,26 | 1,36 | 1,47 |
| | -10°C | 1,30 | 1,56 | 1,69 | 1,82 |
| mensuelle | 35°C | 1,03 | 1,23 | 1,34 | 1,44 |
| | 15°C | 1,10 | 1,32 | 1,43 | 1,54 |
| | -10°C | 1,36 | 1,64 | 1,77 | 1,91 |
| annuelle | 35°C | 1,13 | 1,35 | 1,46 | 1,58 |
| | 15°C | 1,21 | 1,45 | 1,57 | 1,69 |
| | -10°C | 1,50 | 1,79 | 1,94 | 2,09 |

- Autres facteurs : Pour prendre en compte l'influence de l'incertitude du constructeur, d'un accostage oblique éventuel, du frottement longitudinal éventuel et l'excentrement éventuel du choc, on multiplie les coefficients partiels qui résultent des facteurs portuaires par :

| | Énergie | Réaction |
|-----------------|---------|----------|
| ELS fréquent | 0.95 | 1.10 |
| ELU fondamental | 0.90 | 1.20 |
| ELU accidentel | 1 | 1 |

- On considère que le scénario d'accostage est bien défini et que les défenses ont été pré-rodées :
- Au total, on appliquera les coefficients partiels sur les courbes représentatives de l'énergie et de la réaction :

| | Énergie | Réaction |
|-----------------|---------|----------|
| ELS fréquent | 0.88 | 1.16 |
| ELU fondamental | 0.84 | 1.26 |
| ELU accidentel | 0.93 | 1.05 |

9.4 PRISE EN COMPTE DU SÉISME

9.4.1 ASPECT RÉGLEMENTAIRE

Conformément au zonage sismique défini par l'arrêté du 14 mai 1991, la Guadeloupe est classée en zone de sismicité III.

Les ouvrages qui seront construits dans le présent projet seront rangés dans la catégorie dite à "risque normal". Ils seront considérés comme des « ouvrages courants ».

Les ouvrages seront calculés suivant deux classes de risque en tenant compte des critères du décret n° 91-461 du 14 mai 1991, s'adressant aux ouvrages « à risque normal »

- Classe B « ouvrages offrant un risque dit « courant » pour les personnes »
- Classe D : « Ouvrages dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, la défense ou le maintien de l'ordre public »

Les accélérations nominales correspondantes sont :

- Classe B : 3.5 m/s²
- Classe D : 4.5 m/s²

Classement des sols (suivant recommandations du rapport géotechnique) :

- Quai : groupe a (sols de résistance bonne à très bonne)
- Digue d'enclôture : groupe c (sols de faible résistance)

Classement du site (suivant recommandations du rapport géotechnique) :

- Pour le calcul du quai : S1 (sol groupe a sur plus de 15 m)
- Pour le calcul des digues d'enclôture : S3 (sol du groupe c en épaisseur supérieure à 10 m)

9.4.2 RÈGLEMENT DE CALCUL

La justification des quais peut se faire soit suivant les recommandations AFPS 90 soit suivant les recommandations AFPS 92 pour la protection parasismique des ponts. Nous proposons que le quai sur pieux soit étudié conformément aux règles AFPS 92 qui paraissent mieux adaptées à ce type de structure, et que le quai poids soit étudié conformément aux règles AFPS 90.

Il sera tenu des recommandations du fascicule n°1 du rapport Risques dynamiques pour les ouvrages maritimes et fluviaux du CETMF (ER QG 94.02 - juin 1994).

9.4.3 ACTIONS CONCOMITANTES AVEC LE SÉISME

Les actions suivantes seront prises en compte en concomitance avec l'action sismique:

- Charges permanente : poids propre de la structure et poids des équipements (portique),
- Surcharge de stockage sur le terre-plein : le cahier des charges de l'étude propose une surcharge égale à 75% de 4.5 t/m², soit 3.4 t/m². Les règles PS 90 fixent un coefficient ψ_2 égal à 0.4, soit 1.8 t/m². Les règles AFPS 92 fixent un coefficient ψ_2 égal à 0.2, soit 0.9 t/m². Nous proposons de retenir : $\psi_2 = 0.4$, soit une surcharge de stockage concomitante de 1.8 t/m².
- Surcharge de stockage sur le quai : les règles PS 90 fixent un coefficient ψ_2 égal à 0.4, soit 0.8 t/m². Les règles AFPS 92 fixent un coefficient ψ_2 égal à 0.2, soit 0.9 t/m². Nous proposons de retenir : $\psi_2 = 0.4$, soit une surcharge de stockage concomitante de 0.8 t/m²

9.4.4 COMBINAISONS

Les différentes composantes du mouvement sismique d'ensemble seront décomposées comme ci-après, avec :

- E_L : composante longitudinale
- E_T : composante transversale
- E_V : composante verticale

Quai poids : suivant les règles PS 90 l'action du séisme $E = E_H \pm E_V$ est calculée comme ci-après :

- $\pm E_L \pm 0.4E_T \pm 0.4E_V$
- $\pm 0.4E_L \pm E_T \pm 0.4E_V$
- $\pm 0.4E_L \pm 0.4E_T \pm E_V$

Quai sur pieux : suivant les règles AFPS 92 l'action du séisme $E = E_H \pm E_V$ est calculée comme ci-après :

- $\pm E_L \pm 0.3E_T \pm 0.3E_V$
- $\pm 0.3E_L \pm E_T \pm 0.3E_V$
- $\pm 0.3E_L \pm 0.3E_T \pm E_V$

Les efforts sismiques longitudinaux seront considérés dans une seule direction (symétrie des efforts dans le sens longitudinal).

Les efforts sismiques transversaux seront considérés dans le sens « terre vers mer » qui est à l'évidence plus défavorable que le sens « mer vers terre ».

Au final, on retiendra :

Quai poids : $E_L + 0.4E_T \pm 0.4E_V$
 $0.4E_L + E_T \pm 0.4E_V$
 $0.4E_L + 0.4E_T \pm E_V$

Quai sur pieux : $E_L + 0.3E_T \pm 0.3E_V$
 $0.3E_L + E_T \pm 0.3E_V$
 $0.3E_L + 0.3E_T \pm E_V$

ANNEXE

TABLEAUX DES COMBINAISONS

TABLEAU DES COMBINAISONS - ELU accidentel

| | Séisme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Portique ancré | | |
|---------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|-----|
| | Calcul de la structure (ELUA struct.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 | 318 | 319 | 320 | 321 | 322 | 323 | 360 | 361 |
| Gdéfav | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gfav | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gport | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Sstoquai | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Sstotop | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| AM | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| AC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prepos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Pserv | | | | | | | | | | | | | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Pbroché | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pancré | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| E _{G+S+Prepos} 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 2 | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 4 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 5 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 6 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 2 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 3 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 4 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 5 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| E _{G+S+Pserv} 6 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | |

| | Séisme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | Calcul de la capacité portante (ELUA CP) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 330 | 331 | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 | 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | |
| Gdéfav | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gfav | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gport | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Sstoquai | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Sstotop | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| AM | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| AC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prepos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Pserv | | | | | | | | | | | | | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Pbroché | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pancré | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 1 | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 2 | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 3 | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 4 | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 5 | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.4 | | | | | | | | |
| E _{G+S+Prepos} 6 | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 1 | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 2 | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 3 | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | |
| E _{G+S+Pserv} 4 | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | |
| E _{G+S+Pserv} 5 | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | |
| E _{G+S+Pserv} 6 | | | | | | | | | | | | 1.35 | | | | | | | | | | | | 1.35 | |