

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERES- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

1- INTRODUCTION :

La présente note de calcul relative à l'étude de 3 blocs composés, d'un rez-de-chaussée plus 6 et 8 étages.

Ces blocs vont servir d'escaliers d'accès à une ancienne structure qui abritera le siège de la direction régionale des douanes (Alger extérieur).

L'ouvrage sera implanté à ALGER site classé en zone III (forte sismicité) par les règles parasismiques algériennes (R.P.A 2003).

L'ouvrage est classé dans le groupe d'usage 2 (ouvrage d'importance moyenne) selon le R.P.A 2003.

2- CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX :

Nous communiquons ci-après les caractéristiques essentielles des matériaux envisagés dans le cadre de cette étude, à savoir les contraintes de compression de flexion et de la traction de béton ainsi les contraintes nominale et admissibles pour l'acier à haute adhérence conformément aux règles C.B.A 93.

- Béton dosé à 350 kg/m³ de ciment Classe 42.5.
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28}=25$ Mpa
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28}=2.1$ Mpa
- Acier HA
- f_{eE40} de limite élastique: 400 Mpa.

2-1 Contraintes limites des matériaux :

2-1-à état limite ultime (E.L.U)

BETON :

Cas de combinaison normales $\sigma_{bu}=14.20$ Mpa.

Cas de combinaisons accidentelles $\sigma_{bu}=18.47$ Mpa.

La contrainte admissible du béton à la traction est supposée négligeable.

La contrainte ultime de cisaillement du béton est $\tau_u= 3.25$ Mpa

ACIER:

Cas de combinaison normale $\sigma_s = 348$ Mpa.

Cas de combinaisons accidentelles $\sigma_s = 400$ Mpa

2-1-à état limite de service (E.L.S)

BETON : $\sigma_{bc}= 15.00$ Mpa

ACIER : $\sigma_s = 400$ Mpa

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERES- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

3- DESCENTE DE CHARGES :

✓ **PLANCHER TERRASSE INACCESSIBLE**

□ Gravillon (5cm) :	1600 x 0,05.....	80kg/m ²
□ Etanchéité multicouche:		12kg/m ²
□ Isolation thermique :		16kg/m ²
□ Forme de pente (10cm):	2200 x 0,10.....	220kg/m ²
□ Plancher (16+5) :		300kg/m ²
□ Enduit plâtre :		20 g/m ²
□ TOTAL		648kg/m ²

Surcharges : 100 kg/m²

✓ **PLANCHER ETAGE COURANT**

□ Revêtement y compris mortier :	1600 x 0,05.....	85 kg/m ²
□ plancher corps creux (16+5)		300 kg/m ²
□ Enduit plâtre :		20 kg/m ²
□ Isolation phonique :		10 kg/m ²
□ Cloison répartie :		100 kg/m ²
□ Total		515 kg/m ²

La Charge d'exploitation:

Qt = 400 Kg/m²

4- PRE-DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS STRUCTURAUX:

Les poutres sont de dimensions (30x35).

Les poteaux sont de (45x45).

Les poteaux voile sont de (35x35).

Plancher en dalles pleines e =15.

Les voiles dans les deux sens d'épaisseur e= 20cm.

5- ANALYSE DE LA STRUCTURE :

5-1 Méthode dynamique :

L'ensemble des charges et surcharges sont maintenant connues, il est par conséquent possible de déterminer les sollicitations (moment, efforts normaux et efforts tranchants) les plus défavorables agissant sur les différents éléments constituant cette structure.

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

La modélisation de cette structure est menée au moyen d'un logiciel de calcul basé sur la méthode des éléments finis « SAP2000 ».

Les résultats obtenus sont les déformations, les efforts normaux, les efforts tranchants et les moments fléchissant, au niveau de chaque élément de la structure.

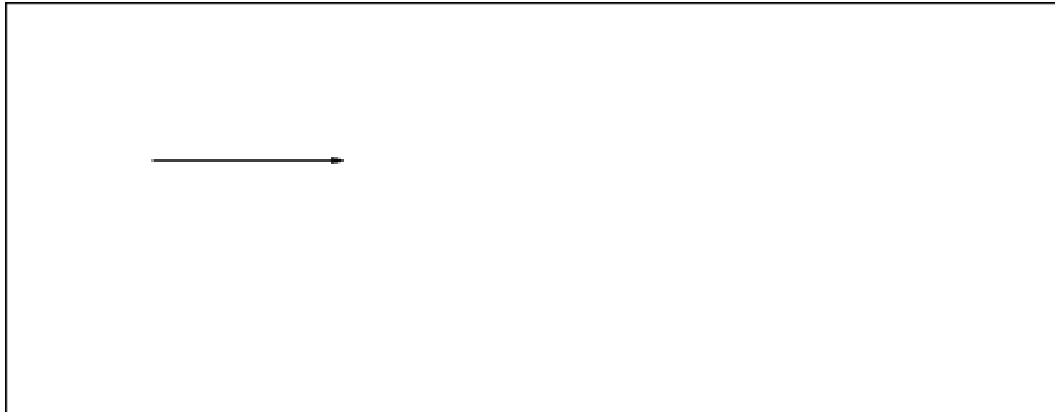
Ces valeurs, communiquées pour les charges permanentes (G), les surcharges d'exploitations (Q) et les actions sismiques (E) prises conformément aux combinaisons réglementaires prescrites par le R.P.A 99.

L'identification des combinaisons préconisées par le R.P.A 2003, sont les suivants :

Combinaisons :

ELU	————→	1.35G+1.5Q
ELS	————→	G+Q
GQE	————→	G+Q+E
08GE	————→	0.8G+E

5-2 Spectre de Réponse:



On obtient les valeurs du spectre de calcul suivant

Période (sec)

=====	=====
0,000	0,313
0,100	0,263
0,200	0,239
0,300	0,239
0,400	0,239
0,500	0,239
0,600	0,211
0,700	0,191
0,800	0,174
0,900	0,161
1,000	0,150
1,100	0,141
1,200	0,133
1,300	0,126
1,400	0,120
1,500	0,115
1,600	0,110
1,700	0,106
1,800	0,102
1,900	0,098
2,000	0,095
2,100	0,092

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

2,200 0,089
 2,300 0,086
 2,400 0,084
 2,500 0,082
 2,600 0,080
 2,700 0,078
 2,800 0,076
 2,900 0,074
 3,000 0,072
 3,100 0,068
 3,200 0,065
 3,300 0,062
 3,400 0,059
 3,500 0,056
 3,600 0,053
 3,700 0,051
 3,800 0,049
 3,900 0,047
 4,000 0,045
 4,100 0,043
 4,200 0,041
 4,300 0,040
 4,400 0,038
 4,500 0,037
 4,600 0,035
 4,700 0,034
 4,800 0,033
 4,900 0,032
 5,000 0,031

5- RESULTATS:

5-1 BLOC E2 :

LA SOMME DES EFFORTS A LA BASE

Les unités sont en kN

TABLE: Section Cut Forces - Analysis						Vérification
SectionCut	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	
Text	Text	Text	KN	KN	KN	
base	Q				1034,74	
base	G				6193,50	
base	E	Max	652,87	678,56		
	W				6503.90	
	V				756.08	
	0,8*v				604.90	E>0,8*v

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

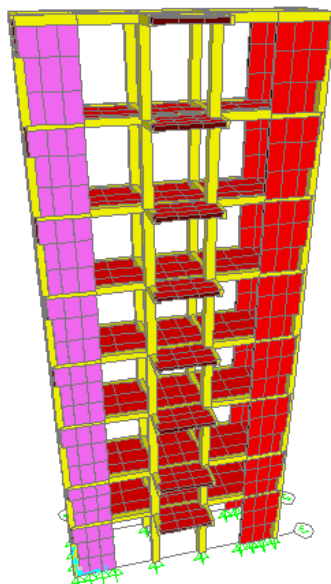
TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

MODAL	Mode	1	0,61496 8	0,69235	0	0,69235	0
MODAL	Mode	2	0,57655 8	0	0,65874	0,69235	0,65874
MODAL	Mode	3	0,35015 2	0,00017	0	0,69252	0,65874
MODAL	Mode	4	0,14903 4	0,16456	6,535E-18	0,85708	0,65874
MODAL	Mode	5	0,11458 9	3,772E-16	0,21498	0,85708	0,87372
MODAL	Mode	6	0,07397 5	0,0000220 9	8,194E-17	0,8571	0,87372
MODAL	Mode	7	0,07034 4	1,242E-17	0,00024	0,8571	0,87396
MODAL	Mode	8	0,06403 2	0,06876	4,439E-17	0,92586	0,87396
MODAL	Mode	9	0,05188 8	1,373E-13	0,01063	0,92586	0,88459
MODAL	Mode	10	0,05043 4	0,00045	2,6E-14	0,92632	0,88459
MODAL	Mode	11	0,04995 4	3,33E-14	0,05974	0,92632	0,88459
		T _{empirique}	0.683	1.3 T _{empirique} > T _{numerique}			

6-1 Vue du modèle 3D de la structure :



7- 1 FERRAILLAGE DES ELEMENTS STRUCTURAUX :

Les sollicitations ainsi que les déformations généralisées de tous les éléments structuraux de notre structure sont maintenant connus dans le cadre d'une analyse dynamique ; celles-ci sont d'ailleurs données pour toutes les combinaisons que nous avons envisagées ci-dessus.

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

Le ferrailage est mené au moyen d'un logiciel basé sur les règles CBA93, nous avons évidemment opté pour un ferrailage optimal privilégiant d'une part la sécurité de la bâtisse et d'autre part les conditions de réalisation pratique. Les résultats sont directement transcrits sur les plans d'exécution (dossier graphique) qui complète la présente étude.

a- Ferrailage des poteaux

$N_{\max}$ selon la combinaison $G+Q\pm E$ est de : 1368.9 kN

Vérification des poteaux :

$$\frac{1368.9}{25 \times 1000 \times 0.20} = 0.274 \leq 0.3 \quad \text{Ok}$$

Poteaux 45x45

I genre comb ELU

$N_{\max} = 1550$ kN

$M_{\text{cor}} = 0$ kN.m section TC

$A_s = 0.00$ cm² ferrailage min. donc $A_s = 18.225$ cm²

II genre comb 0.8G+E :

$N_{\min} = -264$ kN

$M_{\text{cor}} = 11.64$ kN.m section Tendue.

$A_s = 4.65$ cm² / face < ferrailage min. donc $A_s = 18.225$ cm²

III genre comb ELU:

$M_{\max} = 36$ kN

$N_{\text{cor}} = 578$ kN.m

$A_s = 0$ cm² < ferrailage min. donc $A_s = 18.225$ cm² , soit 4 T16+ 8 T14.

CONCLUSION :

Le ferrailage sera donc comme suit : 4 T16+ 8 T14 pour les poteaux de 45*45.

b- Ferrailage des poutres

POUTRES 30x35

EN APPUI :

$M_{\text{sup}} = -71.9$ kN.m

$A_{s \text{ sup}} = 7.14 = 3\text{T16}+3\text{T16}$ chapeau,

$M_{\text{inf}} = +70.6$ kN.m

$A_{s \text{ inf}} = 6.98$ cm² = 3T16+3T16 chapeau

c- Ferrailage des voiles

Voiles V1 :

Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	M2	M3
-------	------	------	-----	---	----	----	----	----

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

STORY1	VX4*1	08GE MAX	Bottom	-2553,04	474,36	16,71	29,04	1489,64 5
--------	-------	----------	--------	----------	--------	-------	-------	--------------

$L_v = 3.20 \text{ m}$
 $E_p = 20 \text{ cm}$
 $L_t = 1.91 \text{ m}$
 $A_s = 66.7 \text{ cm}^2$
V2

Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	M2	M3
STORY1	VY1*1	08GE MAX	Bottom	-1758,57	628,4	24,73	37,04	2231,124

$L_v = 3.05 \text{ m}$
 $E_p = 20 \text{ cm}$
 $L_t = 2.14 \text{ m}$
 $A_s = 53.84 \text{ cm}^2$

d- Ferrailage Des Fondations :

La contrainte admissible du sol est de 1.6 bars à une profondeur de 2.0 m de la cote du terrain naturel, les semelles choisies sont superficielles de type radier nervuré.

Pré dimensionnement du radier :

Nous supposons une répartition linéaire des réactions du sol, le radier sera supposé rigide.

Calcul de la surface du radier (minimum) :

$$\bar{\sigma} = N / S_{\text{radier}} \leq \bar{\sigma}_{\text{adm}}$$

$$\bar{\sigma}_{\text{adm}} \geq N / S_{\text{radier}} \implies S_{\text{radier}} \geq N / \bar{\sigma}_{\text{adm}}$$

La surface totale de l'immeuble est de 44 m².

$N = GT + QT$

$GT = 6193.5 + 440 + 1044 = 7677.5 \text{ kN}$

□ Radier : $44 * 25 * 0.4 = 440 \text{ kN}$

□ Terres : $18 * 29 * 2 = 1044 \text{ kN}$

$QT = 1034.7 \text{ kN}$

$N = 7677.5 + 1034.7 = 8712.2 \text{ kN}$

$S_{\text{nécessaire}} \geq N / \bar{\sigma}_{\text{adm}} \geq 8712.2 / 0.16 \geq 54.45$

$S_{\text{nécessaire}} \geq 44 = \text{surface immeuble (m}^2\text{)}$

La surface nécessaire du radier est de 54.5 m²

$\implies$ Débord = 0.50 m

L'épaisseur du radier :

a- Condition forfaitaire :

$$\square \quad \frac{L_{\text{max}}}{8} \leq h_r \leq \frac{L_{\text{max}}}{5}$$

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERES- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

Avec :

L_{max} : la distance maximale entre deux files successives ; $L_{max}=3.05$ m.

D'ou : $38\text{cm} \leq h_r \leq 61$ cm.

□ Epaisseur de la dalle : $h_r \geq L_{max} / 20$

Donc : $h_r \geq 15.25$ cm

□ Epaisseur des nervures : $h_r \geq L_{max} / 10$

Donc : $h_r \geq 30.5$ cm

b - Condition de longueur élastique :

$$L_e = [4EI / Kb]^{1/4} \geq 2.L_{max} / \pi.$$

Avec : L_e : la longueur élastique.

L_{max} : la distance maximale entre deux files successives ; $L_{max}=3.05$ m.

E : 32164,195 MN/m².

B : largeur du radier (bond de 1m).

I : inertie de la section du radier.

K : coefficient de raideur du sol, reporté à l'unité de surface pour un sol moyen.

$K = 40$ MN/m³ d'ou: $h_r \geq [3K(2L_{max} / \pi)^4 / E]^{1/3}$.

$h_r \geq 73\text{cm}$.

On prend :

Epaisseur de la dalle $h_r = 40$ cm.

Hauteur des nervures $h_t = 70$ cm.

Vérification a l'effort de sous pression :

Elle est jugée nécessaire pour justifier le non soulèvement du bâtiment sont l'effort de sous pression hydrostatique on doit vérifier :

$$W \geq \alpha.\gamma.h.S \text{ (radier).}$$

Avec :

- W : poids total du bâtiment à la base du radier. $W=8712.2$ kN.
- α : coefficient de sécurité vis à vis du soulèvement ($\alpha = 1,5$).
- γ : poids volumique de l'eau ($\gamma = 10$ kN / m³).
- h : profondeur de l'infrastructure ($h = 3\text{m}$).
- S (radier) : surface du radier, ($S = 62$ m²).

$$\alpha.\gamma.h.S = 1,5 \times 10 \times 3 \times 62 = 2790 \text{ kN} \leq 8712.2 \text{ kN.}$$

D'ou :la condition est vérifiée.....

Vérification au poinçonnement:

Sous l'action des forces localisées. Il y a lieu de vérifier la résistance du radier au poinçonnement par l'effort tranchant.

Cette vérification s'effectue comme suite :

$$N_u \leq 0,045 \times \mu C \times h \times f_{c28} / \gamma_b \dots\dots\dots \text{ (art A.5.2.4) CBA93.}$$

- Le voile le plus sollicité V2: $N_u = 3810.5$ kN

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

- μ_C : périmètre de la surface d'impact projetée sur le plan moyen.
- N_u : la charge de calcul vis à vis de l'état limite.
- $\mu_C = 2 * (L + b + 2x_{hradier}) = 2 * (4.00 + 0.55 + 2 \times 0.40) = 10.7$
- $N_u = 3810.5 \text{ kN}$

$$0,045 \times \mu_C \times h \times f_{c28} / \gamma_b = 0,045 \times 10.7 \times 0.4 \times 25 / 1.15 = 4.18 \geq 3.8 \text{ MN} .$$

..... Condition vérifiée.....

5-1 BLOCS E1-E3 :

LA SOMME DES EFFORTS A LA BASE

Les unités sont en kN

TABLE: Section Cut Forces - Analysis						Vérification
SectionCut	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	
Text	Text	Text	KN	KN	KN	
base	Q				996.221	
base	G				5380.414	
base	E	Max	853.306	846.773		
	W				5678.9	
	V				660.34	
	0,8*v				528.3	E>0,8*v

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

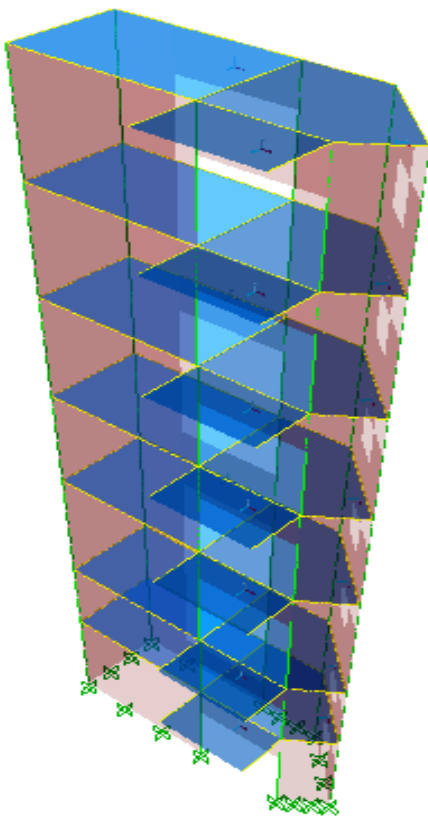
TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.508687	0.69072	0	0.69072	0
MODAL	Mode	2	0.450856	0	0.66587	0.69072	0.66587
MODAL	Mode	3	0.277809	0.00015	0	0.69087	0.66587
MODAL	Mode	4	0.1202	0.17348	8.71E-19	0.86435	0.66587

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

MODAL	Mode	5	0.09285 3	2.123E-17	0.21952	0.86435	0.88539
MODAL	Mode	6	0.06442 2	5.293E-15	0.00048	0.86435	0.88587
MODAL	Mode	7	0.06033 9	0.000017 9	3.235E-19	0.86437	0.88587
MODAL	Mode	8	0.05203 3	0.06926	1.937E-14	0.93363	0.88587
MODAL	Mode	9	0.04885 8	7.882E-15	0.00065	0.93363	0.88652
MODAL	Mode	10	0.04613 9	0.00153	1.258E-13	0.93516	0.88652
MODAL	Mode	11	0.04530 7	6.875E-17	0.00013	0.93516	0.88665
MODAL	Mode	12	0.04449 7	3.686E-15	0.0000940 3	0.93516	0.88674

6-1 Vue du modèle 3D de la structure :



7- 1 FERRAILLAGE DES ELEMENTS STRUCTURAUX :

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERES- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

Les sollicitations ainsi que les déformations généralisées de tous les éléments structuraux de notre structure sont maintenant connus dans le cadre d'une analyse dynamique ; celles-ci sont d'ailleurs données pour toutes les combinaisons que nous avons envisagées ci-dessus.

Le ferrailage est mené au moyen d'un logiciel basé sur les règles CBA93, nous avons évidemment opté pour un ferrailage optimal privilégiant d'une part la sécurité de la bâtisse et d'autre part les conditions de réalisation pratique. Les résultats sont directement transcrits sur les plans d'exécution (dossier graphique) qui complète la présente étude.

a- Ferrailage des poteaux

Remarques :

Tous les poteaux sont solidaires aux voiles on adoptera donc un ferrailage minimal donné par le RPA soit 9% de la surface du béton :

1- $11.025 \text{ cm}^2 = 8 \text{ T14}$ pour les poteaux de 35×35 et 40×40 .

b- Ferrailage des poutres

POUTRES 30x35

EN APPUI :

$$M_{\text{sup}} = -80.1 \text{ kN.m}$$

$$A_{s \text{ sup}} = 8.04 = 3\text{T14}$$

$$M_{\text{inf}} = +71.6 \text{ kN.m}$$

$$A_{s \text{ inf}} = 7.14 \text{ cm}^2 = 3\text{T14}$$

c- Ferrailage des voiles

Voiles V1 :

Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	M2	M3
STORY1	V1	08GE MAX	Bottom	1417,31	133,63	6,75	10,09	209,608

$$L_v = 3.35 \text{ m}$$

$$E_p = 20 \text{ cm}$$

$$L_t = 1.7 \text{ m}$$

$$A_s = 68.5 \text{ cm}^2$$

V2

Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	M2	M3
STORY1	V2	08GE MAX	Bottom	2305.83	527.61	11.64	12.822	25.532

$$L_v = 5.35 \text{ m}$$

$$E_p = 20 \text{ cm}$$

$$L_t = 2.5 \text{ m}$$

$$A_s = 52.6 \text{ cm}^2$$

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERS- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

d- Ferrailage Des Fondations :

La contrainte admissible du sol est de 1.6 bars à une profondeur de 2.0 m de la cote du terrain naturel, les semelles choisies sont superficielles de type radier nervuré.

Pré dimensionnement du radier :

Nous supposons une répartition linéaire des réactions du sol, le radier sera supposé rigide.

Calcul de la surface du radier (minimum) :

$$\bar{\sigma} = N / S_{\text{radier}} \leq \bar{\sigma}_{\text{adm}}$$

$$\bar{\sigma}_{\text{adm}} \geq N / S_{\text{radier}} \implies S_{\text{radier}} \geq N / \bar{\sigma}_{\text{adm}}$$

La surface totale de l'immeuble est de 29 m².

$$N = GT + QT$$

$$GT = 4574 + 254 + 720 = 5548 \text{ kN}$$

$$\square \text{ Radier : } 29 * 25 * 0.35 = 254 \text{ kN}$$

$$\square \text{ Terres : } 18 * 20 * 2 = 720 \text{ kN}$$

$$QT = 931 \text{ kN}$$

$$N = 5548 + 931 = 6479 \text{ kN}$$

$$S_{\text{nécessaire}} \geq N / \bar{\sigma}_{\text{adm}} \geq 6479 / 0.16 \geq 40 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{nécessaire}} \geq 29 = \text{surface immeuble (m}^2\text{)}$$

La surface nécessaire du radier est de 40 m²

$$\implies \text{Débord} = 0.50 \text{ m}$$

L'épaisseur du radier :

a- Condition forfaitaire :

$$\square \frac{L_{\text{max}}}{8} \leq hr \leq \frac{L_{\text{max}}}{5}$$

Avec :

Lmax : la distance maximale entre deux files successives ; Lmax=2.7 m.

D'où : 38cm ≤ hr ≤ 54 cm.

$$\square \text{ Epaisseur de la dalle : } hr \geq L_{\text{max}} / 20$$

$$\text{Donc : } hr \geq 13.5 \text{ cm}$$

$$\square \text{ Epaisseur des nervures : } hr \geq L_{\text{max}} / 10$$

$$\text{Donc : } hr \geq 27 \text{ cm}$$

b - Condition de longueur élastique :

$$L_e = [4EI / Kb]^{1/4} \geq 2.L_{\text{max}} / \pi.$$

Avec : Le : la longueur élastique.

Lmax : la distance maximale entre deux files successives ; Lmax=2.7 m.

E : 32164,195 MN/m².

B: largeur du radier (bond de 1m).

I : inertie de la section du radier.

K : coefficient de raideur du sol, reporté à l'unité de surface pour un sol moyen.

NOTE DE CALCUL

Projet : DOUANES BANANIERES- EL MOHAMMADIA (BLOCS E1-E2-E3) ESCALIERS

$$K = 40 \text{ MN/m}^3 \quad \text{d'ou: } h_r \geq [3K(2L_{\max} / \pi)^4 / E]^{1/3}.$$

$$h_r \geq 55 \text{ cm.}$$

On prend :

$$\text{Epaisseur de la dalle} \quad h_r = 40 \text{ cm.}$$

$$\text{Hauteur des nervures} \quad h_t = 60 \text{ cm.}$$

Vérification a l'effort de sous pression :

Elle est jugée nécessaire pour justifier le non soulèvement du bâtiment sont l'effort de sous pression hydrostatique on doit vérifier :

$$W \geq \alpha \cdot \gamma \cdot h \cdot S \text{ (radier).}$$

Avec :

- W : poids total du bâtiment à la base du radier. $W = 6479 \text{ kN}$.
- α : coefficient de sécurité vis à vis du soulèvement ($\alpha = 1,5$).
- γ : poids volumique de l'eau ($\gamma = 10 \text{ kN / m}^3$).
- h : profondeur de l'infrastructure ($h = 2.6 \text{ m}$).
- S (radier) : surface du radier, ($S = 41 \text{ m}^2$).

$$\alpha \cdot \gamma \cdot h \cdot S = 1,5 \times 10 \times 2.6 \times 41 = 1599 \text{ kN} \leq 6479 \text{ kN.}$$

D'ou :la condition est vérifiée.....

Vérification au poinçonnement:

Sous l'action des forces localisées. Il y a lieu de vérifier la résistance du radier au poinçonnement par l'effort tranchant.

Cette vérification s'effectue comme suite :

$$N_u \leq 0,045 \times \mu_C \times h \times f_{c28} / \gamma_b \dots\dots\dots \text{ (art A.5.2.4) CBA93.}$$

- Le voile le plus sollicité V2: $N_u = 2900 \text{ kN}$
- μ_C : périmètre de la surface d'impact projetée sur le plan moyen.
- N_u : la charge de calcul vis à vis de l'état limite.
- $\mu_C = 2 * (L+b+2x_{\text{hradier}}) = 2 * (8.30 + 0.45 + 2 \times 0.35) = 18.9$
- $N_u = 2900 \text{ kN}$

$$0,045 \times \mu_C \times h \times f_{c28} / \gamma_b = 0,045 \times 18.9 \times 0.35 \times 25 / 1.15 = 6.47 \geq 2.9 \text{ MN}.$$

..... Condition vérifiée.....