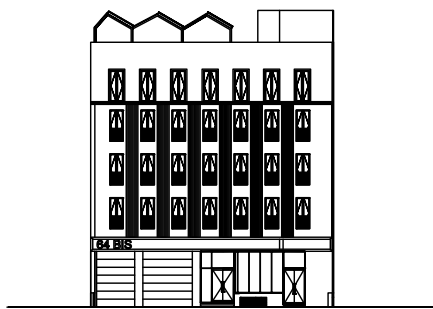


REPUBLIQUE TUNISIENNE



Clé du plan :



PROJET :

**PROJET DE CONSTRUCTION D'UN
IMMEUBLE R+5 "IMMEUBLE SAME"
sis à rue IBN Khouldoun**

MAITRE D'OUVRAGE :

SOCIETE SAME

ARCHITECTE:

BAAK STUDIO

BUREAU D'ETUDES DE L'ENTREPRISE :



01 RUE MOHAMED MOAALA MUTUELLEVILLE 1082 TUNIS / TUNISIE
Tél: + 216 71 782 588 / +216 71 782 589 - Fax: + 216 71 782 662 / +216 71 890 110
Email: Contact@amagroup.tn - WEB: www.amagroup.tn

BUREAU DE CONTROLE :



DESSINE

Auteur

TITRE :

PREMIERE
DIFFUSION

06/09/23

VERIFIE

Vérificateur

NOTE DE CALCUL TOITURE METALLIQUE

ECHELLE

APPROUVE

Approbateur

FORMAT

A4

SAM

AMAC

EXE

STR

-

PL

TZ

-

001

0

PROJET

SOCIETE

PHASE

DISCIPLINES

SS-DISP

DOCUMENT

ZONE

NIVEAU

N° D'ORDRE

INDICE

www.4geniecivil.com

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

Sommaire

A. OBJET	2
B. TOITURE	2
I. LOCALISATION DE LA STRUCTURE	2
II. SCHEMA DE LA STRUCTURE	3
III. CHARGES ET ACTIONS APPLIQUEES.....	3
1. Les charges permanente	3
2. Les charges d'exploitation.....	3
3. Les charges dû au vent.....	3
IV. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX	3
1. Acier pour structures métalliques.....	3
2. Boulons.....	4
V. RESULTAT DE L'ANALYSE.....	4
1. Caractéristiques des barres de la structure.....	4
2. Cas de charges.....	4
3. Effort	4
4. Réactions Pondérées	5
5. Dimensionnement et vérification des éléments de la structure	6
a) Tableau récapitulatif des vérifications	6
VERIFICATION DES FAMILLES A L'ELU	6
VERIFICATION DES FAMILLES A L'ELS	6
b) Résultat de calcul des éléments	6
FAMILLE 1: POTEAU	6
FAMILLE 2: SOLIVES	7
c) Calcul des ancrages	9
ANCRAGE PIED POTEAU	9
GENERAL	9
GEOMETRIE	9
Poteau.....	9
Platine de prescellement.....	10
Ancrage	10
Coefficients de matériau	10
Semelle isolée	10
Soudures	11
EFFORTS	11
RESULTATS	11
Zone tendue.....	11
Contrôle de la résistance de l'assemblage.....	13
Cisaillement.....	13
Soudures entre le poteau et la plaque d'assise.....	15
Composant le plus faible:.....	15
REMARQUES.....	15

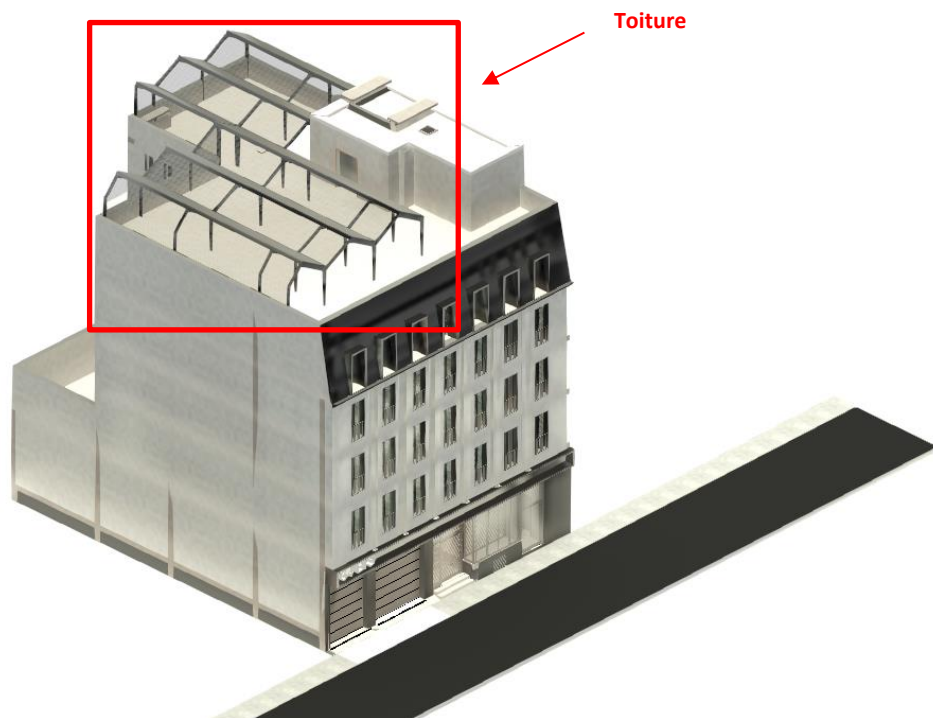
	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

A. OBJET

Cette note a pour but de dimensionner la structure de la toiture supportant les photovoltaïques de l'immeuble SAM IBN KHALDOUN Sis à Tunis.

B. TOITURE

I. Localisation de la Structure



	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

II. Schéma de la structure

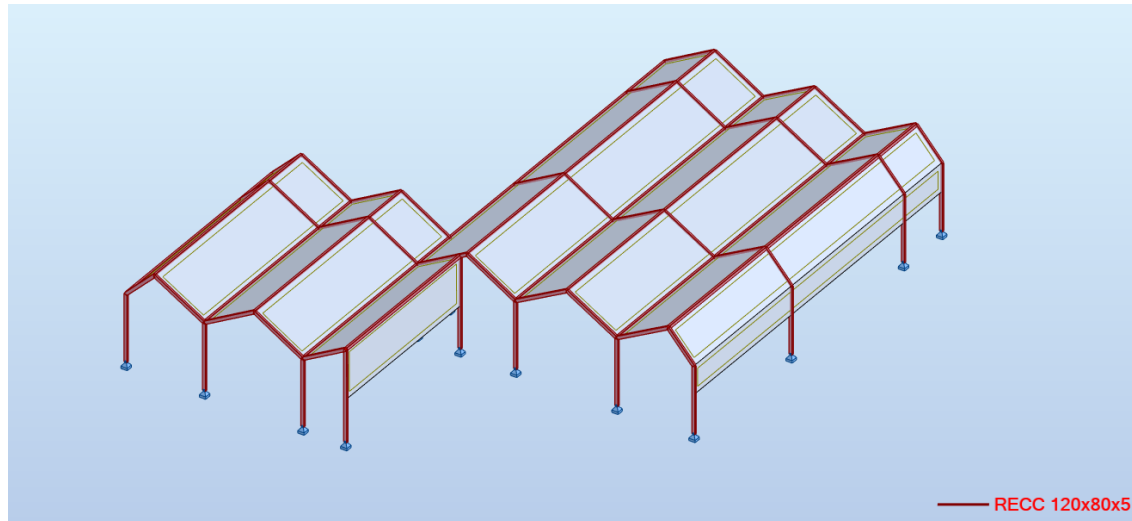


Figure 1 : Vue 3D de la structure

III. Charges et actions appliquées

1. Les charges permanente

- Poids volumique de l'acier
(Poids propre généré automatiquement du logiciel)
- Poids Propre des panneaux photovoltaïques
- Poids Poussière

$$\rho_{\text{acier}} = 7850 \text{ daN} / \text{m}^3 ;$$

$$G = 25 \text{ daN/m}^2$$

$$G = 10 \text{ daN/m}^2$$

2. Les charges d'exploitation

- Entretien

$$Q_E = 25 \text{ daN/m}^2$$

3. Les charges dû au vent

- Région 2
- Site Normal

$$V = 24 \text{ m/s}$$

IV. Caractéristiques des matériaux

1. Acier pour structures métalliques

Acier S235 équivalente à E24

Tous les éléments des structures métalliques auront une nuance S235, Les aciers seront conformes à la norme NF EN 10025-2 et NF A 35.501. (Nuance S235 ou équivalent)

$E_s = 210\,000 \text{ MPa}$

	SAM IBN KHALDOUN			
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date	Rev.
		NC N°0 001	06-09-2023	A

t (mm)	t≤40	40<t≤80
$\sigma_e=f_y$ (MPa)	235	215
$\sigma_r=f_u$ (MPa)	360	360

2. Boulons

Pour les assemblages boulonnés, les boulons seront soit en acier doux ou HR (traité Génie mécanique et aux normes NF E 27-314, E 27-315, E 27-410, NF E 27-411).

Utilisation et calcul (norme NF P 22-430).

V. Résultat de l'analyse

1. Caractéristiques des barres de la structure

Tableaux 1 : caractéristiques des barres

Nom de la section	Liste des barres	AX [cm ²]	AY [cm ²]	AZ [cm ²]	IX [cm ⁴]	IY [cm ⁴]	IZ [cm ⁴]
RECC 120x80x5	6A21 42A88 90A113 130A133	18,70	8,00	12,00	401,00	365,00	193,00

2. Cas de charges

Tableaux 2 : cas de charges

Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
1	PERM1	Poids Propre	permanente	Statique linéaire
2	PERM2	Poids Photovoltaïque	permanente	Statique linéaire
3	PERM21	Poids Poussière	permanente	Statique linéaire
4	EXPL	ENTRETIEN	d'exploitation	Statique linéaire
5	V0(+)	Vent 0 deg sur.(+)	vent	Statique linéaire
6	V0(-)	Vent 0 deg dép.(-)	vent	Statique linéaire
7	V180(+)	Vent 180 deg sur.(+)	vent	Statique linéaire
8	V180(-)	Vent 180 deg dép.(-)	vent	Statique linéaire

3. Effort

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
MAX	1981,27	274,62	734,26	226,55	558,57	365,39
Barre	70	133	63	13	65	133
Noeud	92	116	84	18	86	114
Cas	EFF/1	EFF/25	EFF/14	EFF/14	EFF/22	EFF/21
MIN	-1090,28	-308,79	-510,52	-42,29	-651,57	-272,06
Barre	65	133	64	13	66	132
Noeud	86	114	86	19	86	116
Cas	EFF/25	EFF/21	EFF/16	EFF/25	EFF/14	EFF/25

	SAM IBN KHALDOUN			
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date	Rev.
		NC N°0 001	06-09-2023	A

4. Réactions Pondérées

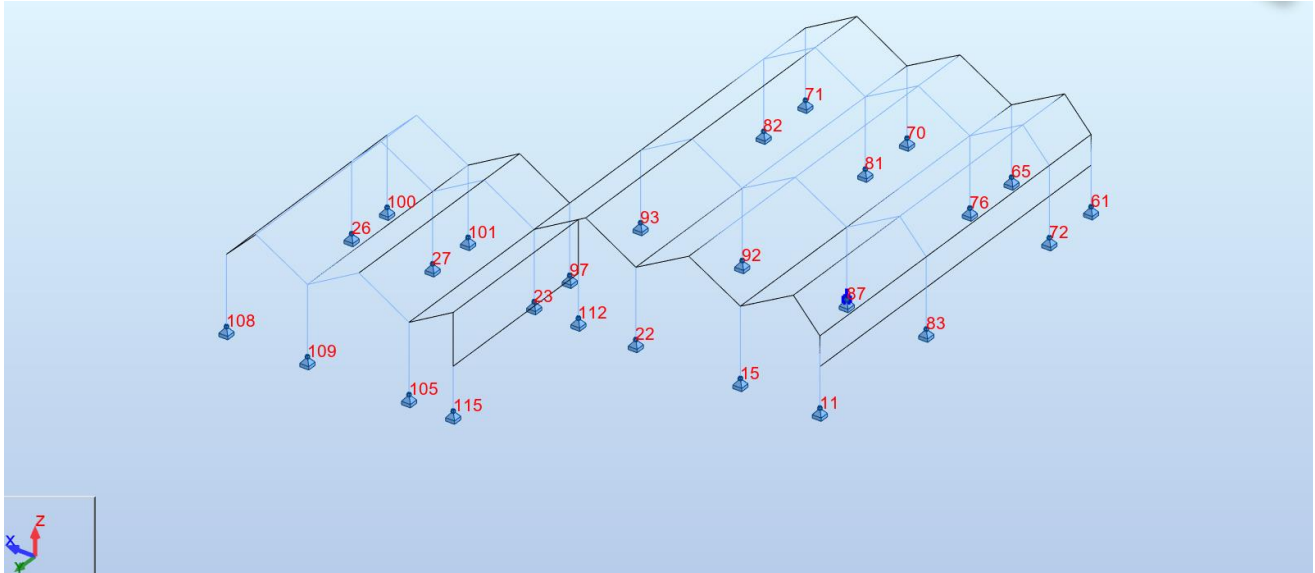


Figure 3 : Numéro des appuis

Tableaux 3 : Tableau des réactions extrêmes globaux

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
MAX	420,83	44,31	1981,27	0,00	0,00	0,00
Noeud	83	23	92	100	87	101
Cas	EFF/22	EFF/1	EFF/1	EFF/23	EFF/27	EFF/25
MIN	-112,88	-66,23	-1056,44	-0,00	-0,00	-0,00
Noeud	93	109	87	26	92	23
Cas	EFF/1	EFF/1	EFF/25	EFF/21	EFF/26	EFF/22

	SAM IBN KHALDOUN			
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date	Rev.
		NC N°0 001	06-09-2023	A

5. Dimensionnement et vérification des éléments de la structure

a) Tableau récapitulatif des vérifications

Vérification des familles à l'ELU

Tableaux 4: Tableau des vérifications à L'ELU

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio▲	Cas
Famille : 2 Fermes						
68 SOLIVES_68	RECC 120x80	ACIER E24	44.64	61.39	0.41	9 EFF /14/
Famille : 1 Poteaux						
62 PoteauX_62	RECC 120x80	ACIER E24	26.60	36.57	0.40	9 EFF /22/

Vérification des familles à l'ELS

Tableaux 5 : Tableau des vérifications à L'ELS

Pièce	Profil	Matériau	Ratio(uy)	Cas (uy)	Ratio(uz)	Cas (uz)	Ratio(vx)	Cas (vx)	Ratio(vy)	Cas (vy)
Famille : 1 Poteaux										
62 PoteauX_62	RECC 120x80	ACIER E24	-	-	-	-	0.88	12 DEP /8/	0.09	12 DEP /8/
Famille : 2 Fermes										
133 SOLIVES_133	RECC 120x80	ACIER E24	0.50	12 DEP /7/	0.26	12 DEP /8/	-	-	-	-

b) Résultat de calcul des éléments

FAMILLE 1: Poteau

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: [NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 62 PoteauX_62

POINT: 2

COORDONNEE: x = 0.10 L = 0.23 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 9 EFF /22/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 6*1.75

MATERIAU:

ACIER E24 $f_y = 235.00$ MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: RECC 120x80x5

h=12.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=8.0 cm	Ay=7.48 cm ²	Az=11.22 cm ²	Ax=18.70 cm ²
tw=0.5 cm	Iy=365.00 cm ⁴	Iz=193.00 cm ⁴	Ix=393.11 cm ⁴
tf=0.5 cm	Wply=74.60 cm ³	Wplz=56.10 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 692.80 daN	My,Ed = -94.69 daN*m	Mz,Ed = -0.05 daN*m	Vy,Ed = 0.22 daN
Nc,Rd = 43945.00 daN	My,Ed,max = -682.64 daN*m		Mz,Ed,max = -0.51 daN*m
	Vy,c,Rd = 10148.66 daN		
Nb,Rd = 41991.22 daN	My,c,Rd = 1753.10 daN*m	Mz,c,Rd = 1318.35 daN*m	Vz,Ed = -420.83 daN
	MN,y,Rd = 1753.10 daN*m		MN,z,Rd = 1318.35 daN*m
	Vz,c,Rd = 15222.99 daN		

	SAM IBN KHALDOUN		
	Document Code	Date	Rev.
	Note de Calcul Toiture métallique	NC N°0 001	06-09-2023 A

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 2.35 \text{ m}$

$L_{cr,y} = 1.18 \text{ m}$

$L_{my} = 26.60$

$L_{m,y} = 0.28$

$X_y = 0.98$

$k_{yy} = 1.00$



en z:

$L_z = 2.35 \text{ m}$

$L_{cr,z} = 1.18 \text{ m}$

$L_{mz} = 36.57$

$L_{m,z} = 0.39$

$X_z = 0.96$

$k_{yz} = 0.46$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\lambda_{y,Ed} = 26.60 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 36.57 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$

$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.40 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.26 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPERE LOCAL): Non analysé



Déplacements (REPERE GLOBAL):

$v_x = 1.4 \text{ cm} < v_{x,max} = L/150.00 = 1.6 \text{ cm} \quad \text{Vérifié}$

Cas de charge décisif: 12 DEP /8/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 6*1.00

$v_y = 0.1 \text{ cm} < v_{y,max} = L/150.00 = 1.6 \text{ cm} \quad \text{Vérifié}$

Cas de charge décisif: 12 DEP /8/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 6*1.00

Profil correct !!!

FAMILLE 2: Solives

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 68 SOLIVES_68

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 9 EFF /14/ 1*1.33 + 2*1.33 + 3*1.33 + 4*1.42 + 6*1.42

MATERIAU:

ACIER E24 $f_y = 235.00 \text{ MPa}$

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

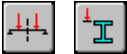


PARAMETRES DE LA SECTION: RECC 120x80x5

h=12.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=8.0 cm	Ay=7.48 cm ²	Az=11.22 cm ²	Ax=18.70 cm ²
tw=0.5 cm	Iy=365.00 cm ⁴	Iz=193.00 cm ⁴	Ix=393.11 cm ⁴
tf=0.5 cm	Wply=74.60 cm ³	Wplz=56.10 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 325.94 daN	My,Ed = -632.82 daN*m	Mz,Ed = -28.53 daN*m	Vy,Ed = -39.87 daN
Nc,Rd = 43945.00 daN	My,Ed,max = -632.82 daN*m		Mz,Ed,max = 50.11 daN*m
	Vy,T,Rd = 10088.80 daN		
Nb,Rd = 43945.00 daN	My,c,Rd = 1753.10 daN*m	Mz,c,Rd = 1318.35 daN*m	Vz,Ed = 548.56 daN
	MN,y,Rd = 1753.10 daN*m		MN,z,Rd = 1318.35 daN*m
	Vz,T,Rd = 15133.20 daN		
	Mb,Rd = 1753.10 daN*m		Tt,Ed = -6.90 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00	Mcr = 143965.31 daN*m	Courbe,LT -	XLT = 1.00
Lcr,low=1.97 m	Lam_LT = 0.11	fi,LT = 0.47	XLT,mod = 1.00

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$$k_{yy} = 1.00$$



en z:

$$k_{zz} = 1.00$$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.4.(1))
$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.36 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.19 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6-7)
$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)
$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.36 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.41 < 1.00$ (6.3.3.(4))
$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.41 < 1.00$ (6.3.3.(4))

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPÈRE LOCAL):

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/300.00 = 0.7 \text{ cm}$	Vérifié
Cas de charge décisif: 12 DEP /8/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 6*1.00	
$u_z = 0.1 \text{ cm} < u_{z,max} = L/300.00 = 0.7 \text{ cm}$	Vérifié
Cas de charge décisif: 12 DEP /8/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 6*1.00	



Déplacements (REPÈRE GLOBAL): Non analysé

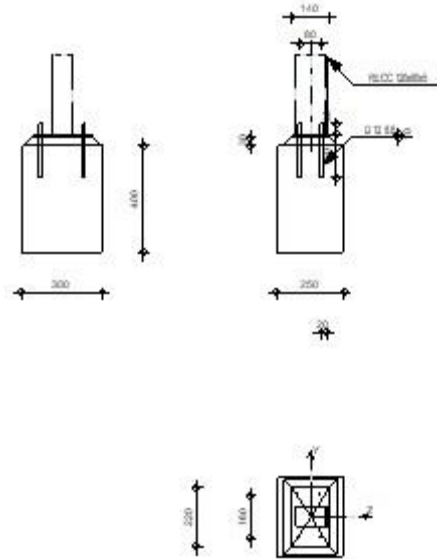
Profil correct !!!

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

c) Calcul des ancrages

Ancrage pied poteau

	Robot Structural Analysis Professional 2023	
	Calcul du Pied de Poteau articulé	
	Eurocode 3: NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of fastenings in concrete	
		Ratio 0,65



Général

Assemblage N°:	16
Nom de l'assemblage:	Pied de poteau articulé
Noeud de la structure:	87
Barres de la structure:	65

Géométrie

POTEAU

Profilé:	RECC 120x80x5		
Barre N°:	65		
$L_c =$	2,35	[m]	Longueur du poteau
$\alpha =$	0,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_c =$	120	[mm]	Hauteur de la section du poteau
$b_{fc} =$	80	[mm]	Largeur de la section du poteau
$t_{wc} =$	5	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section du poteau
$t_{fc} =$	5	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	5	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	18,70	[cm ²]	Aire de la section du poteau
$I_{yc} =$	365,00	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la section du poteau

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

$L_c = 2,35$ [m] Longueur du poteau
 Matériau: ACIER E24
 $f_{yc} = 235,00$ [MPa] Résistance
 $f_{uc} = 365,00$ [MPa] Résistance ultime du matériau

PLATINE DE PRESCELLEMENT

$l_{pd} = 140$ [mm] Longueur
 $b_{pd} = 220$ [mm] Largeur
 $t_{pd} = 10$ [mm] Epaisseur
 Matériau: ACIER
 $f_{ypd} = 235,00$ [MPa] Résistance
 $f_{upd} = 365,00$ [MPa] Résistance ultime du matériau

ANCRAGE

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 8.8 Classe de tiges d'ancrage
 $f_{yb} = 550,00$ [MPa] Limite de plasticité du matériau du boulon
 $f_{ub} = 800,00$ [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction
 $d = 12$ [mm] Diamètre du boulon
 $A_s = 0,84$ [cm²] Aire de la section efficace du boulon
 $A_v = 1,13$ [cm²] Aire de la section du boulon
 $n_v = 2$ Nombre de colonnes des boulons
 $n_H = 2$ Nombre de rangées des boulons
 $e_H = 80$ [mm] Ecartement
 $e_v = 160$ [mm] Entraxe

Dimensions des tiges d'ancrage

$L_1 = 40$ [mm]
 $L_2 = 160$ [mm]

Platine

$l_{wd} = 0$ [mm] Longueur
 $b_{wd} = 0$ [mm] Largeur
 $t_{wd} = 0$ [mm] Epaisseur

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} = 1,00$ Coefficient de sécurité partiel
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Coefficient de sécurité partiel
 $\gamma_C = 1,50$ Coefficient de sécurité partiel

SEMELLE ISOLEE

$L = 250$ [mm] Longueur de la semelle
 $B = 300$ [mm] Largeur de la semelle
 $H = 400$ [mm] Hauteur de la semelle

Béton

Classe BETON20
 $f_{ck} = 20,00$ [MPa] Résistance caractéristique à la compression

Mortier de calage

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

$t_g = 30$ [mm] Epaisseur du mortier de calage
 $f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Résistance caractéristique à la compression
 $C_{f,d} = 0,30$ Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton

SOUDURES

$a_p = 4$ [mm] Plaque principale du pied de poteau

Efforts

Cas: 9: EFF /25/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5*1.75

$N_{j,Ed} = 1056,44$ [daN] Effort axial
 $V_{j,Ed,y} = -8,26$ [daN] Effort tranchant
 $V_{j,Ed,z} = 135,13$ [daN] Effort tranchant

Résultats

ZONE TENDUE

RUPTURE DU BOULON D'ANCRAGE

$A_b = 0,84$ [cm²] Aire de section efficace du boulon [Tableau 3.4]
 $f_{ub} = 800,00$ [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction [Tableau 3.4]
 $\beta = 0,85$ Coefficient de réduction de la résistance du boulon [3.6.1.(3)]
 $F_{t,Rd,s1} = \beta \cdot 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$
 $F_{t,Rd,s1} = 4112,64$ [daN] Résistance du boulon à la rupture [Tableau 3.4]
 $\gamma_{Ms} = 1,20$ Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.2]
 $f_{yb} = 550,00$ [MPa] Limite de plasticité du matériau du boulon CEB [9.2.2]
 $F_{t,Rd,s2} = f_{yb} \cdot A_b / \gamma_{Ms}$
 $F_{t,Rd,s2} = 3850,00$ [daN] Résistance du boulon à la rupture CEB [9.2.2]
 $F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$
 $F_{t,Rd,s} = 3850,00$ [daN] Résistance du boulon à la rupture

ARRACHEMENT DU BOULON D'ANCRAGE DU BETON

$f_{ck} = 20,00$ [MPa] Résistance caractéristique du béton à la compression EN 1992-1:[3.1.2]
 $f_{ctd} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$
 $f_{ctd} = 1,03$ [MPa] Résistance de calcul à la traction EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
 $\eta_1 = 1,00$ Coef. dépendant des conditions du bétonnage et de l'adhérence EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
 $\eta_2 = 1,00$ Coef. dépendant du diamètre du boulon d'ancrage EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
 $f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$
 $f_{bd} = 2,32$ [MPa] Adhérence de calcul admissible EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
 $h_{ef} = 130$ [mm] Longueur effective du boulon d'ancrage EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
 $F_{t,Rd,p} = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot f_{bd}$
 $F_{t,Rd,p} = 1137,47$ [daN] Résistance de calc. pour le soulèvement EN 1992-1:[8.4.2.(2)]

ARRACHEMENT DU CONE DE BETON

$h_{ef} = 57$ [mm] Longueur effective du boulon d'ancrage CEB [9.2.4]
 $N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot h_{ef}^{1.5}$
 $N_{Rk,c}^0 = 1430,76$ [daN] Résistance caractéristique du boulon d'ancrage CEB [9.2.4]
 $s_{cr,N} = 170$ [mm] Largeur critique du cône de béton CEB [9.2.4]

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

$N_{Rk,c}^0 = 1430,76$ [daN] Résistance caractéristique du boulon d'ancrage CEB [9.2.4]
 $C_{cr,N} = 85$ [mm] Distance critique du bord de la fondation CEB [9.2.4]
 $A_{c,N0} = 289,00$ [cm²] Aire de surface maximale du cône CEB [9.2.4]
 $A_{c,N} = 187,50$ [cm²] Aire de surface réelle du cône CEB [9.2.4]

$$\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$$

$\psi_{A,N} = 0,65$ Coef. dépendant de l'entraxe et de la pince des boulons d'ancrage CEB [9.2.4]

$c = 70$ [mm] Pince minimale boulon d'ancrage-extrémité CEB [9.2.4]

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c / C_{cr,N} \leq 1.0$$

$\psi_{s,N} = 0,95$ Coef. dépendant du pince boulon d'ancrage-extrémité de la fondation CEB [9.2.4]

$\psi_{ec,N} = 1,00$ Coef. dépendant de la répartition des efforts de traction dans les boulons d'ancrage CEB [9.2.4]

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$\psi_{re,N} = 1,00$ Coef. dépendant de la densité du ferrailage dans la fondation CEB [9.2.4]

$\psi_{ucr,N} = 1,00$ Coef. dépendant du degré de fissuration du béton CEB [9.2.4]

$\gamma_{Mc} = 2,16$ Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.1]

$$F_{t,Rd,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} / \gamma_{Mc}$$

$F_{t,Rd,c} = 407,00$ [daN] Résistance de calcul du boulon d'ancrage à l'arrachement du cône de béton EN 1992-1:[8.4.2.(2)]

FENDAGE DU BETON

$h_{ef} = 130$ [mm] Longueur effective du boulon d'ancrage CEB [9.2.5]

$$N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

$N_{Rk,c}^0 = 4971,54$ [daN] Résistance de calc. pour le soulèvement CEB [9.2.5]

$S_{cr,N} = 260$ [mm] Largeur critique du cône de béton CEB [9.2.5]

$C_{cr,N} = 130$ [mm] Distance critique du bord de la fondation CEB [9.2.5]

$A_{c,N0} = 676,00$ [cm²] Aire de surface maximale du cône CEB [9.2.5]

$A_{c,N} = 187,50$ [cm²] Aire de surface réelle du cône CEB [9.2.5]

$$\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$$

$\psi_{A,N} = 0,28$ Coef. dépendant de l'entraxe et de la pince des boulons d'ancrage CEB [9.2.5]

$c = 70$ [mm] Pince minimale boulon d'ancrage-extrémité CEB [9.2.5]

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c / C_{cr,N} \leq 1.0$$

$\psi_{s,N} = 0,86$ Coef. dépendant du pince boulon d'ancrage-extrémité de la fondation CEB [9.2.5]

$\psi_{ec,N} = 1,00$ Coef. dépendant de la répartition des efforts de traction dans les boulons d'ancrage CEB [9.2.5]

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$\psi_{re,N} = 1,00$ Coef. dépendant de la densité du ferrailage dans la fondation CEB [9.2.5]

$\psi_{ucr,N} = 1,00$ Coef. dépendant du degré de fissuration du béton CEB [9.2.5]

$$\psi_{h,N} = (h/(2 \cdot h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$$

$\psi_{h,N} = 1,20$ Coef. dépendant de la hauteur de la fondation CEB [9.2.5]

$\gamma_{M,sp} = 2,16$ Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.1]

$$F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot \psi_{h,N} / \gamma_{M,sp}$$

$F_{t,Rd,sp} = 660,01$ [daN] Résistance de calcul du boulon d'ancrage au fendage du béton CEB [9.2.5]

RESISTANCE DU BOULON D'ANCRAGE A LA TRACTION

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$$

$F_{t,Rd} = 407,00$ [daN] Résistance du boulon d'ancrage à traction

FLEXION DE LA PLAQUE DE BASE

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

$l_{eff,1} =$	110	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1	[6.2.6.5]
$l_{eff,2} =$	110	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	35	[mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$M_{pl,1,Rd} =$	64, 62	[daN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$M_{pl,2,Rd} =$	64, 62	[daN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,1,Rd} =$	7286, 92	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$F_{T,2,Rd} =$	2347, 02	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,3,Rd} =$	814, 00	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 3	[6.2.4]
$F_{t,pl,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$				
$F_{t,pl,Rd} =$	814, 00	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode à la traction	[6.2.4]

RESISTANCE DE L'AME DU POTEAU A LA TRACTION

$t_{wc} =$	5	[mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.3.(8)]
$b_{eff,t,wc} =$	70	[mm]	Largeur efficace de l'âme à la traction	[6.2.6.3.(2)]
$A_{vc} =$	7, 48	[cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	0, 68		Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.3.(4)]
$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$				
$F_{t,wc,Rd} =$	11248, 91	[daN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.3.(1)]

RESISTANCES DE SEMELLE DANS LA ZONE TENDUE

$N_{j,Rd} =$	1628, 00	[daN]	Résistance de la semelle à la traction axiale	[6.2.8.3]
--------------	----------	-------	---	-----------

CONTROLE DE LA RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)	0, 65 < 1, 00	vérifié	(0, 65)
---------------------------------------	---------------	---------	---------

CISAILLEMENT

PRESSIION DU BOULON D'ANCRAGE SUR LA PLAQUE D'ASSISE

Cisaillement par l'effort $V_{j,Ed,y}$

$\alpha_{d,y} =$	0, 71		Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$\alpha_{b,y} =$	0, 71		Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$	[Tableau 3.4]
$k_{1,y} =$	2, 50		Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \alpha_{b,y} f_{up} d^* t_p / \gamma_{M2}$				
$F_{1,vb,Rd,y} =$	6257, 14	[daN]	Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise	[6.2.2.(7)]

Cisaillement par l'effort $V_{j,Ed,z}$

$\alpha_{d,z} =$	0, 71		Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$\alpha_{b,z} =$	0, 71		Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$	[Tableau 3.4]
$k_{1,z} =$	2, 50		Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \alpha_{b,z} f_{up} d^* t_p / \gamma_{M2}$				
$F_{1,vb,Rd,z} =$	6257, 14	[daN]	Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise	[6.2.2.(7)]

CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE

$\alpha_b =$	0, 28		Coef. pour les calculs de la résistance $F_{2,vb,Rd}$	[6.2.2.(7)]
$A_{vb} =$	1, 13	[cm ²]	Aire de la section du boulon	[6.2.2.(7)]
$f_{ub} =$	800, 00	[MPa]	Résistance du matériau du boulon à la traction	[6.2.2.(7)]
$\gamma_{M2} =$	1, 25		Coefficient de sécurité partiel	[6.2.2.(7)]
$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b f_{ub} A_{vb} / \gamma_{M2}$				
$F_{2,vb,Rd} =$	1990, 51	[daN]	Résistance du boulon au cisaillement - sans bras de levier	[6.2.2.(7)]

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

$\alpha_M = 2,00$ Coef. dépendant de l'ancrage du boulon dans la fondation CEB [9.3.2.2]
 $M_{Rk,s} = 13,04$ [daN*m] Résistance caractéristique de l'ancrage à la flexion CEB [9.3.2.2]
 $l_{sm} = 41$ [mm] Longueur du bras de levier CEB [9.3.2.2]
 $\gamma_{Ms} = 1,20$ Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.2]

$$F_{v,Rd,sm} = \alpha_M * M_{Rk,s} / (l_{sm} * \gamma_{Ms})$$

$F_{v,Rd,sm} = 529,91$ [daN] Résistance du boulon au cisaillement - avec bras de levier CEB [9.3.1]

RUPTURE DU BETON PAR EFFET DE LEVIER

$N_{Rk,c} = 879,12$ [daN] Résistance de calc. pour le soulèvement CEB [9.2.4]
 $k_3 = 2,00$ Coef. dépendant de la longueur de l'ancrage CEB [9.3.3]
 $\gamma_{Mc} = 2,16$ Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 * N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

$F_{v,Rd,cp} = 814,00$ [daN] Résistance du béton à l'effet de levier CEB [9.3.1]

ECRASEMENT DU BORD DU BETON

Cisaillement par l'effort $V_{j,Ed,y}$

$V_{Rk,c,y}^0 = 792,31$ [daN] Résistance caractéristique du boulon d'ancrage CEB [9.3.4.(a)]
 $\psi_{A,V,y} = 0,81$ Coef. dépendant de l'entraxe et de la pince des boulons d'ancrage CEB [9.3.4]
 $\psi_{h,V,y} = 1,00$ Coef. dépendant de l'épaisseur de la fondation CEB [9.3.4.(c)]
 $\psi_{s,V,y} = 0,94$ Coef. d'influence des bords parallèles à l'effort de cisaillement CEB [9.3.4.(d)]
 $\psi_{ec,V,y} = 1,00$ Coef. d'irrégularité de la répartition de l'effort tranchant sur le boulon d'ancrage CEB [9.3.4.(e)]
 $\psi_{\alpha,V,y} = 1,00$ Coef. dépendant de l'angle d'action de l'effort tranchant CEB [9.3.4.(f)]
 $\psi_{ucr,V,y} = 1,00$ Coef. dépendant du mode de ferrailage du bord de la fondation CEB [9.3.4.(g)]
 $\gamma_{Mc} = 2,16$ Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 * \psi_{A,V,y} * \psi_{h,V,y} * \psi_{s,V,y} * \psi_{ec,V,y} * \psi_{\alpha,V,y} * \psi_{ucr,V,y} / \gamma_{Mc}$$

$F_{v,Rd,c,y} = 279,97$ [daN] Résistance du béton pour l'écrasement du bord CEB [9.3.1]

Cisaillement par l'effort $V_{j,Ed,z}$

$V_{Rk,c,z}^0 = 1060,17$ [daN] Résistance caractéristique du boulon d'ancrage CEB [9.3.4.(a)]
 $\psi_{A,V,z} = 0,55$ Coef. dépendant de l'entraxe et de la pince des boulons d'ancrage CEB [9.3.4]
 $\psi_{h,V,z} = 1,00$ Coef. dépendant de l'épaisseur de la fondation CEB [9.3.4.(c)]
 $\psi_{s,V,z} = 0,86$ Coef. d'influence des bords parallèles à l'effort de cisaillement CEB [9.3.4.(d)]
 $\psi_{ec,V,z} = 1,00$ Coef. d'irrégularité de la répartition de l'effort tranchant sur le boulon d'ancrage CEB [9.3.4.(e)]
 $\psi_{\alpha,V,z} = 1,00$ Coef. dépendant de l'angle d'action de l'effort tranchant CEB [9.3.4.(f)]
 $\psi_{ucr,V,z} = 1,00$ Coef. dépendant du mode de ferrailage du bord de la fondation CEB [9.3.4.(g)]
 $\gamma_{Mc} = 2,16$ Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z}^0 * \psi_{A,V,z} * \psi_{h,V,z} * \psi_{s,V,z} * \psi_{ec,V,z} * \psi_{\alpha,V,z} * \psi_{ucr,V,z} / \gamma_{Mc}$$

$F_{v,Rd,c,z} = 233,01$ [daN] Résistance du béton pour l'écrasement du bord CEB [9.3.1]

GLISSEMENT DE LA SEMELLE

$C_{f,d} = 0,30$ Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton [6.2.2.(6)]
 $N_{c,Ed} = 0,00$ [daN] Effort de compression [6.2.2.(6)]
 $F_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,Ed}$
 $F_{f,Rd} = 0,00$ [daN] Résistance au glissement [6.2.2.(6)]

CONTROLE DU CISAILLEMENT

$$V_{j,Rd,y} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$$

	SAM IBN KHALDOUN		
	Note de Calcul Toiture métallique	Document Code	Date
		NC N°0 001	06-09-2023
			Rev. A

$V_{j,Rd,y} = 1119,89$ [daN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement	CEB [9.3.1]
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$	$0,01 < 1,00$ vérifié	(0,01)
$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$		
$V_{j,Rd,z} = 932,05$ [daN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement	CEB [9.3.1]
$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$0,14 < 1,00$ vérifié	(0,14)
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$0,15 < 1,00$ vérifié	(0,15)

SOUDURES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE

$\sigma_{\perp} = 4,67$ [MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} = 4,67$ [MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{yII} = -0,13$ [MPa]	Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,y}$	[4.5.3.(7)]
$\tau_{zII} = 1,41$ [MPa]	Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,z}$	[4.5.3.(7)]
$\beta_w = 0,85$	Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1)	$0,02 < 1,00$ vérifié	(0,02)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0,03 < 1,00$ vérifié	(0,03)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{yII}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0,03 < 1,00$ vérifié	(0,03)

COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

FONDATION A L'ARRACHEMENT DU CONE DE BETON

Remarques

Distance du boulon d'ancrage du fût du poteau trop faible.

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme

Ratio 0,65