

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA
BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY



جامعة بادجي مختار - عنابة

Faculté : Sciences de l'ingénierat

Département : Génie Civil

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Civil

Spécialité : Constructions Métalliques et Mixtes

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**ETUDE D'UN HANGAR A DEUX VERSANTS EN CHARPENTE
METALLIQUE DESTINE A UNE SALLE DE SPORT**

Présenté par : MERAH ABENNOUR

Encadrant: *Mm N. OTHMANI* .A.A. Université Badji Mokhtar - ANNABA

Jury de Soutenance :

Nom et prénom	Grade	Université	Président
M. FELLAH	M.C.B.	Badji Mokhtar Annaba	Président
M. OTMANI	M.C.A.	Badji Mokhtar Annaba	Encadrant
M. KOUIDER	M.C.B.	Badji Mokhtar Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Tout d'abord, Je remercie ALLAH, le tout puissant de m'avoir donné la force, le courage et la volonté de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement et sincèrement notre encadreur Mme. OTMANI qui a contribué et assuré la direction de ce travail, pour tout le soutien, les orientations et la patience qu'elle a manifesté durant son encadrement tout le long de la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite exprimer ma gratitude aux membres du jury : le Président M.

FELLEH et l'examinatrice Mme KOUIDER ; Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.

aidé et appris l'âme de la science durant ces années d'études.

Enfin, mes remerciements vont à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragements.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE 1:GENERALITE.....	1
1.1 Présentation du projet.....	1
1.1.1 Données géométrique du projet.....	1
1.1.2 Localisation et données concernant le site.....	1
1.2 Règlements techniques.....	2
1.3 Matériaux utilisés.....	2
1.3.1 Acier.....	2
1.3.2 Béton.....	3
1.3.2.1 Résistance du béton.....	3
1.4 Les assemblages.....	3
1.4.1 Le boulonnage.....	3
1.4.2 Le soudage.....	3
1.5 Conception structurale.....	4
1.5.1 Structure horizontale(les toitures).....	4
CHAPITRE 2 : EVALUATIONDESCHARGES.....	5
2.1 Introduction.....	5
2.2 Chargespermanentes.....	5
2.3 Surchargesd’exploitation.....	5
2.4 Surcharges climatiques.....	6
2.4.1 Charges de neige.....	6
2.4.2 Effet du vent.....	8
2.5 Calcul de la forcede frottement.....	19

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DESELEMENTS SECONDAIRES.....	21
3.1 Introduction.....	21
3.2 Les Pannes.....	21
3.3CALCUL DES PANNES DECOUVERTURE.....	21
3.4CALCUL DES LIERNES.....	30
3.4.1 Introduction.....	30
3.4.2 Les efforts dans les liernes.....	31
3.4.3 Dimensionnement des liernes.....	32
3.5 CALCUL DE L' ECHANTIGNOLLE.....	33
3.5.1Dimensionnement de l' échantignole.....	34
3.6 CALCUL DES POTELETS.....	35
3.6.1 Introduction.....	35
3.6.2 Le pré dimensionnement du potelet.....	35
3.3 Conclusion.....	35
CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DESELEMENTS STRUCTURAUX.....	43
4.1 Introduction.....	43
4.2 Dimensionnement des poteaux.....	43
a. Classe de la section transversale:.....	43
4.3 Vérification de flambement :.....	45
4.4 Effor t axial de traction	47
4.5 Calcul des traverses	48
4.5.1 Caractéristiques de la traverse:.....	48
4.5.2 Classe de la section transversale:.....	
A. .Condition de résistance:.....	48
B . Résistance de la traverse au déversement	49

CHAPITRE 5 : Etude d'assemblage.....	50
5.1 Introduction.....	50
5.2 Fonctionnement des assemblages.....	51
5.3.Coefficient de frottement.....	51
5.4 Liaison poteau-traverse.....	51
5.5 Figure Assemblage poteau-traverse.....	51
A . Soudure de la platinet.....	51
B. Calcul des boulons sollicités en traction.....	51
C. Disposition constructives.....	52
D. Pince transversale e2.....	52
5.6Vérification la Résistance d'un boulon.....	52
5.7 Effort de cisaillement sollicitant par boulon.....	55
5.8 Assemblage traverse–traverse.....	55
5.8.1 . Figure Assemblage traverse–traverse.....	55
5.8.2B . Résistance d'un boulon à l'interaction cisaillement-traction.....	55
5.8.3 Vérification au poinçonnement.....	56
5.8.4 Vérification des tiges d'ancrage.....	57
CHAPITRE 6 :FONDATION.....	60
6.1 Introduction.....	60
6.2 Choix des fondations.....	60
6.3 Caractéristique desmatériaux.....	60
6.3.1 Béton.....	60
6.3.2 Acier.....	60
6.4 Dimensionnementdes fondations.....	61
6.4.1 Calcul de la hauteur delasemelle.....	62

6.5 Vérification de la stabilité.....	62
6.6 Ferrailage de la semelle isolée.....	62
6.7 Calcul de l'espacement des cadres.....	63
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	

LISTE DES NOTATIONS

Sollicitation-Contrainte-Déformation

qp : Pression dynamique de pointe

qréf : pression dynamique moyen de référence

W : pression aérodynamique

Fw : force aérodynamique résultante

S : charge caractéristique de la neige

Sk : charge de la neige sur le sol

G : action permanente

Q : action d'exploitation

g : Charge permanente uniformément répartie

q : Charge d'exploitation uniformément répartie

E : Module d'élasticité longitudinale de l'acier ($E = 210\,000$ MPa)

G : Module d'élasticité transversale de l'acier

Fp : Effort de précontrainte dans un boulon

M : Moment sollicitant, en général

Mcr : Moment critique élastique

Mel : Moment élastique

MN : Moment résistant plastique réduit du fait de l'effort axial

Mpl : Moment plastique

MR : Moment résistant

NR : Effort normal résistant

NPL : Effort normal de plastification

NU : Effort normal ultime

V : Effort tranchant sollicitant

VPL : Effort tranchant de plastification

NK : Effort normal critique d'Euler

Npl : Effort normal de plastification

Nu : Effort normal ultime

Vu : Effort tranchant ultime

f (ou δ) : Flèche d'une poutre

fub : Contrainte de rupture d'un boulon

fu : Contrainte de rupture d'une pièce

fY : Limite d'élasticité d'un acier

ε (epsilon) : Déformation linéaire unitaire

ε_Y : Déformation correspondant à la limite d'élasticité

σ : (sigma) Contrainte normale

σ_K : Contrainte critique d'Euler

τ : (tau) Contrainte tangentielle ou de cisaillement

Caractéristique Géométriques

A : Section brute d'une pièce (cm²).

Anet : Section nette d'une pièce (cm²).

AV : Aire de cisaillement (cm²).

AW : Section de l'âme d'une pièce (cm²).

AS : Section résistante de la tige d'un boulon en fond de filet (cm²).

IT : Moment d'inertie de torsion (cm⁴).

IW : Facteur de gauchissement d'une section (cm⁴).

IY : Moment d'inertie de flexion maximal (cm^4).

IZ : Moment d'inertie de flexion minimal (cm^4).

WEL : Module de résistance élastique(cm^4).

WPL : Module de résistance plastique(cm^3).

a : Epaisseur utile (ou gorge) d'un cordon de soudure (mm).

b : Largeur d'une semelle de poutre (cm).

d0 : Diamètre nominal des tiges des boulons (cm).

h : Hauteur d'une pièce en général (mm, cm).

i : Rayon de giration d'une section (mm, cm).

l : Longueur en général ou portée d'une poutre (mm, cm, m).

lf : Longueur de flambement (mm, cm, m).

ld : Longueur de déversement d'une poutre (mm, cm, m).

lK : Longueur de flambement d'une poutre (mm, cm, m).

R : Rigidité d'une barre (cm^3).

t : Epaisseur d'une pièce ou d'une tôle (mm, cm).

tf : Epaisseur d'une semelle de poutre (mm, cm).

tw : Epaisseur d'une âme de poutre (mm, cm).

\emptyset : Diamètre d'une section transversale (cm^2 , mm^2).

Coefficients et Grandeurs sans Dimensions

Cpe : coefficient de pression extérieur

Cpi : coefficient de pression intérieur

K : Coefficient d'encastrement ou de rigidité poteau/poutre

ks : Coefficient de dimension des trous perçage pour boulons

ky et kz : Coefficients de flambement flexion

$k\tau$: Coefficient de voilement par cisaillement

$n=N / N_{pl}$: ou nombre de boulons

β_M : Facteur de moment uniforme équivalent (flambement)

β_w : Facteur de corrélation (soudures)

ε : (epsilon) Coefficient de réduction élastique de l'acier

η : (eta) Facteur de distribution de rigidités (flambement)

λ : (lambda) Élancement

λ_{cr} : Élancement critique d'Euler

λ_k : Élancement eulérien

λ : Elancement réduit

λ_{LT} : Élancement de déversement

λ_w : Élancement de l'âme d'un poutre

μ : (mu) Coefficient de frottement

ρ : (rho) Rendement d'une section

χ : (chi) Coefficient de réduction de flambement

χ_{LT} : Coefficient de réduction de déversement

ψ : Coefficient de distribution de contraintes (psi)

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre de notre formation de master en Génie Civil « Structure Métallique » à l'Université Badji Mokhtar ANNABA, nous avons été guidés en fin de cursus vers le projet de fin d'études (PFE) dont le but est de faire face à un professionnel situation à caractère scientifique et technique.

Ceci est un hangar de fabrication en charpente métallique

La charpente métallique présente certains avantages, tels que :

Légère, rapide à monter et facile à transformer, c'est pourquoi la salle est conçue avec une ossature métallique.

Cependant, ce matériau présente également quelques défauts, principalement la corrosion et une faible résistance au feu, de sorte que la protection de l'ensemble de la structure est indispensable.

Dans ce projet de fin d'études, nous appliquerons et compléterons les connaissances et les informations obtenues dans notre formation, en utilisant les règles de construction en vigueur en Algérie, ainsi que le moyen de calcul

CHAPITRE 1 : GENERALITE

CHAPITRE 1 : GENERALITE

1.1 Présentation du projet:

Notre projet de recherche final est d'étudier et de déterminer la taille du hangar du gym.[salle de sport]

La structure est située dans les communes de ELBOUNI wilaya de ANNABA ,

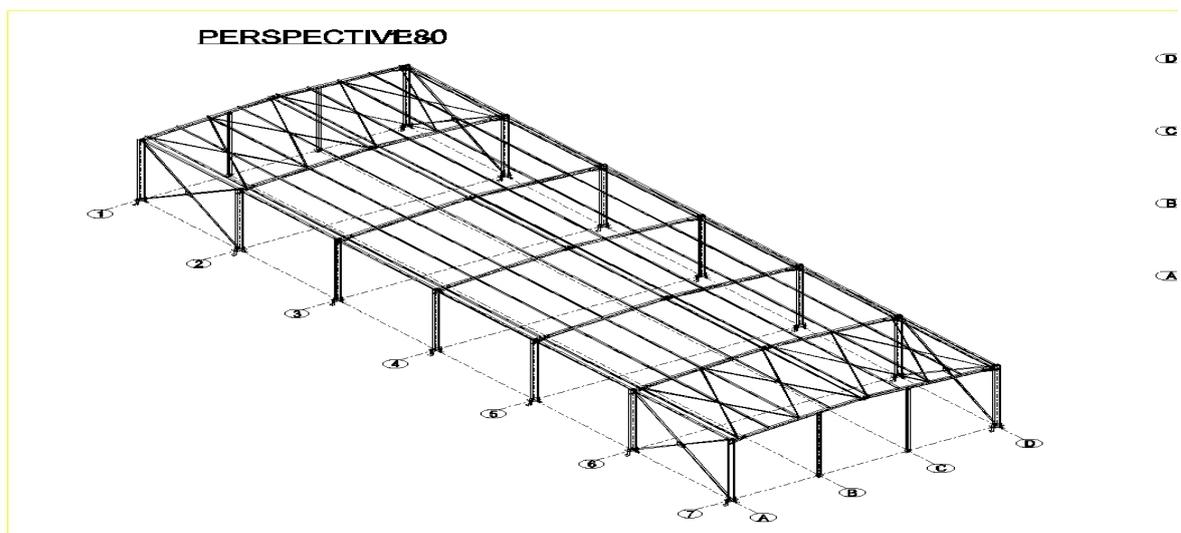
La structure a une superficie de $432,00 m^2$, une largeur de 12,00 m, une hauteur de 36,00 m et un

intervalle de 6,00 m entre les ponts Un total de huit (06) ponts sont produits.

1.1.1 Données géométrique du projet

L'ouvrage a une forme en plan rectangulaire caractérisé par les dimensions comme suit :

- La longueur de la structure..... 36.00m
- La largeur de la structure..... 12.00m
- La hauteur totale..... 07.14m
- La hauteur des poteaux6.00m
- La pente de versant..... $\alpha =10.75^\circ$



1.1.2 Localisation et données concernant le site

Le projet est un Hangar implanté dans un terrain plat à la

ELBOUNI , ANNABA, Wilaya de « ANNABA »

La contrainte admissible du sol est de=2 bars (rapport géotechnique du sol).

- ❖ Altitude: 284 m
- ❖ Zone de neige: ZoneB
- ❖ Zone du vent: Zonelll
- ❖ Zone sismique: Zonella

1.2 Règlements techniques

Pour l'étude de ce projet les règlements techniques utilisés sont les suivants :

- **Eurocode03** : Règle de calcul des constructions en acier
- **RPA 99 version 2003** : Règlement parasismique Algérienne version2003.
- **RNV99 version 2013** : Règle définissant les efforts de la neige et du vent.
- **DTR B.C.2.2** : Document technique règlement des charges permanentes et surcharges d'exploitations.

1.3 Matériaux utilisés ;

1.3.1 Acier

Les caractéristiques mécaniques des différentes nuances d'acier sont les suivantes :

- Nuance d'acier : FE =360
- La limite élastique : $f_y = 235\text{MPa}$
- La résistance à la traction : $f_u = 360\text{MPa}$
- Module d'élasticité longitudinale : $E = 210000\text{MPa}$
- Module d'élasticité transversale $G = E/2(1+\nu)$
- Le coefficient de poisson : $\nu = 0,3$.

1.3.2 Béton

- ✧ Le béton utilisé est dosé à 350kg/m^3
- ✧ Le béton de propreté est dosé à 150kg/m^3

1.3.2.1 Résistance du béton

Ces caractéristiques sont :

- La résistance caractéristique à la compression : $f_{c28} = 25\text{MPa}$.
- La résistance caractéristique à la traction: $f_{t28} = 0,06f_{c28} + 0,6 = 2,1\text{MPa}$.
- Poids volumique $= 2500\text{Kg/m}^3$

1.4 Les assemblages:

Les principaux modes d'assemblages sont:

1.4.1 Le boulonnage

Le boulonnage est le moyen d'assemblage le plus utilisé en construction métallique du fait de sa facilité de mise en œuvre et des possibilités de réglage qu'il ménage sur site.

1.4.2 Le soudage

Le soudage est une opération qui consiste à joindre deux parties d'un même matériau avec un cordon de la soudure constituée d'un métal d'apport, ce dernier sert de liant entre les deux pièces à assembler

1.5 Conception structurale

La conception de ce bâtiment industriel a été faite de façon à satisfaire les critères suivants:

- ✓ L'économie.
- ✓ La faisabilité.
- ✓ Assurer la stabilité d'ensemble de la structure.
- ✓ Assurer une résistance vis-à-vis des phénomènes d'instabilité.

1.5.1 Structure horizontale (les toitures)

La toiture est la partie supérieure de la structure. ce qui assure la répartition des charges .

CHAPITRE 2 : EVALUATION DES CHARGES

CHAPITRE 2 : EVALUATION DES CHARGES

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous définirons les différentes charges agissant sur la structure, qui sont résumées en charges permanentes et charges d'exploitation et effets climatiques.

Ceux-ci ont une grande influence sur la stabilité de la structure,

2.2 Charges permanentes

Ce terme désigne le poids propre de tous les éléments permanents constituant

l'ouvrage fini. Il s'agit donc non seulement du poids de l'ossature mais aussi de tous les

éléments du bâtiment (planchers, plafonds, cloisons, revêtements de sol, installations

fixes)

2.3 Surcharges d'exploitation

Dans les bâtiments, les charges d'exploitation ou les surcharges sont des charges mécaniques statiques permanentes ou dynamiques non permanentes.

Ils couvrent la pression du vent, le poids de la neige, le poids des personnes et des meubles, on peut aussi parler de surcharge d'entretien, qui se définit comme une charge occasionnelle de 100 daN

Les coûts d'exploitation sont déterminés en fonction de la facturation et de la surcharge des documents techniques réglementaires (DTR B.C.2.2).

2.4 Surcharges climatiques

2.4.1 Charges de neige

Le calcul de la surcharge climatique de la neige est en fonction de la localisation géographique et de l'altitude du lieu. par la formule suivante:

«Règlement Neige et Vent» *RNV99–version 2013.*

$$S = \mu * S_k \quad \text{daN/m}^2$$

S : Charge caractéristique de la neige par unité de surface.

μ : Coefficient d'ajustement des charges, en fonction de la forme de la toiture.

S_k : Charge de neige sur le sol.

a) La charge de la neige sur le sol S_k :

Le projet est à EL MATROUHA wilaya de E TAREF qui classée en zone B selon la classification de *RNVA 2013.*

L'altitude du projet est environ 284 m

$$S_k = \frac{0.04 * H + 10}{100}$$

$$S_k = \frac{0.04 * 284 + 10}{100}$$

$$S_k = 0.213 \text{ KN/m}^2$$

b) Coefficient de forme de la toiture:

La toiture est à deux versants, le coefficient de forme est donné par le tableau 2 du RNVA 2013 pour une pente comprise entre 0° et 30° :

Dans Notre cas : $\alpha = 10.75^\circ$ alors $u_1 = 0,8$

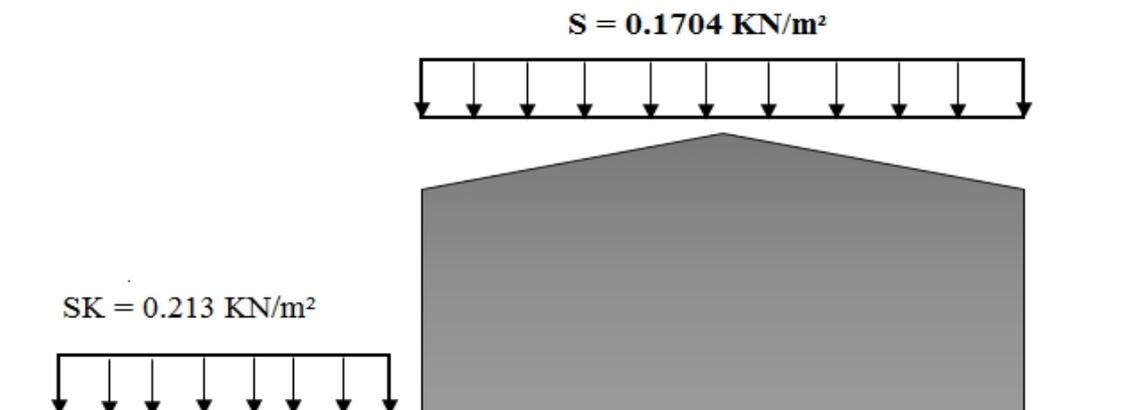
(α) angle du versant par rapport à l'horizontale (en °)	$0 \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
coefficient μ	0.8	$0.8 \left(\frac{60 - \alpha}{30} \right)$	0.0

Tableau 1: Coefficients de forme - toitures à un versant

c) La charge de la neige sur la toiture:

$$S = u_1 \times S_k \quad [\text{KN/m}^2]$$

$$S = 0.1704 \text{ KN/m}^2$$



Charges de la neige sur la toiture

2.4.2 Effet du vent

Scientifiquement parlant, le vent est un phénomène naturel de mouvement de l'air De la zone haute pression à la zone basse pression. Pour cette raison, des recherches approfondies doivent être menées pour déterminer le vent et ses différents effets dans toutes les directions possibles.

«Règlement neige et le vent» RNV99 version 2013.

L'effet du vent par unité de surface est donné par la formule suivante :

$$q_j = w_j = q_{dyn} * C_d * [C_{pe}-C_{pi}][dan/m^2]$$

q_{dyn} : Pression dynamique du vent

C_d : Coefficient dynamique.

C_{pe} : Coefficient de pression extérieur.

C_{pi} : Coefficient de pression intérieur.

a) Données relatives au site

Le site du projet se trouve à ELBouni la willaya ANNABA (*Annexe A.2*)

- Zone III **q_{réf} = 500 N/m**
- Le facteur de terrain **K_t = 0,215**
- Le paramètre de rugosité **Z₀ = 0,3**
- La hauteur minimal **z_{min} = 5m**
- Nature du site:Plat **CT=1** (*Tableau 2-2 Tableau 2-4, chapitre 2RNVA2013*)

b) Coefficient dynamique:

Le coefficient dynamique C_d dépend de la hauteur et la largeur de la structure, ainsi que du matériau de la structure.

La structure du bâtiment étant une structure métallique, dont la hauteur inférieure à 15m (7.14 m), on prend: $C_d = 1$

$C_d < 1,2$ donc la construction est peu sensible aux excitations dynamiques

c) Pression dynamique q_{dyn} :

$$q_{dyn}(z_j) = q_{réf} \times C_e(z_j) \quad [daN/m^2]$$

$q_{réf}$: La pression dynamique de référence pour les constructions permanentes, donnée en fonction de la zone du vent. $q_{réf} = 50 daN/m^2$

C_e : Coefficient d'exposition au vent, en fonction du coefficient de rugosité (C_r), et du Coefficient de topographie (C_t). $C_e(z) = C_t^2(z) \times C_r^2(z) \times [1 + 7I_v(z)]$

z_j : hauteur de référence: $z_j = 7.14m$

d) Coefficient de rugosité(C_r):

Le coefficient de rugosité traduit l'influence de la rugosité et de la hauteur sur vitesse moyenne du vent.

$$\begin{aligned} C_r(z) &= K_t * \ln(z/z_0) \quad \text{pour } z_{\min} \leq Z \leq 200m \quad (2.3 \text{ chapitre 2 RNVA2013}) \\ C_r(z) &= K_t * \ln(z_{\min}/Z_0) \quad \text{pour } Z < z_{\min} \end{aligned}$$

On a: $Z=7.14\text{m}$; $z_{\min} = 5\text{m}$

pour

$$z_{\min} \leq Z \leq 200\text{m} \quad Cr(z) = 0.215 z_{\min} \quad z_{\min} \leq Z \leq 200\text{m}$$

$$Cr(z) = 0.215 * \ln(7.14/0.3)$$

$$Cr(z) = 0.68$$

e) L'intensité de turbulence I_v :

L'intensité de turbulence définie comme étant l'écart type de la turbulence divisé par la vitesse moyenne du vent est donnée par la formule : (2.5 chapitre 2 RNVA 2013)

$$I_v(z) = \frac{1}{ct(z) * \ln(z/z_0)}$$

$$I_v(7.14) = \frac{1}{1 * \ln(7.14/0.3)}$$

$$I_v(z) = 0.315$$

$$I_v(5) = \frac{1}{1 * \ln(5/0.3)}$$

$$I_v(z_{\min}) = 0.355$$

f) Coefficient d'exposition(C_e)

Le coefficient d'exposition au vent $C_e(z)$ tient compte des effets de

la rugosité du terrain, de la topographie du site et de la hauteur au-dessus du sol.

En outre, il tient compte de la nature turbulente du vent. $C_e(z)$ est donnée par :

$$C_e(Z_j) = C_t(z)^{2*} C_r(z)^{2*} [1 + 7I_v(z)]$$

Toiture:

$$C_e(z) = (1)^{2*} (0.68)^{2*} [1 + 7*(0.315)]$$

$$C_e(7.14) = 1.481$$

Paroi verticale:

$$C_e(z_{\min}) = (1)^{2*} (0.68)^{2*} [1 + 7*(0.355)]$$

$$C_e(5) = 1.611$$

g) La pression dynamique:

$$q_{dyn} = q_{ref} * C_e$$

Toiture:

$$q_{dyn} = 50 * 1.481 \quad q_{dyn} = 74.05 \text{ daN/m}^2$$

Paroi verticale:

$$q_{dyn} = 50 * 1.611 \quad q_{dyn} = 80.55 \text{ daN/m}^2$$

	$q_{ref}(\text{N/m}^2)$	$C_e(Z_e)$	$q_p(Z_e) (\text{N/m}^2)$
Toiture	500	1.481	740.5
Paroi verticale	500	1.611	805.5

h) Coefficient de pression extérieur C_{pe} :

Le coefficient de pression extérieur C_{pe} dépend de la forme géométrique de la base de la structure, et de la dimension de la surface chargée

✓ **b** : la dimension perpendiculaire à la direction du vent

✓ **d** : la dimension parallèle à la direction du vent

i) Coefficient de pression extérieur C_{pe} :

Les C_{pe} s'obtiennent à partir des formules suivantes :

$$C_{pe} = C_{pe,1} \quad \text{si } S \leq 1\text{m}^2$$

$$C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \times \log_{10}(S) \quad \text{si } 1 \text{ m}^2 < S < 10 \text{ m}^2$$

$$C_{pe} = C_{pe,10} \quad \text{si } S \geq 10\text{m}^2$$

Où S (en m²) désigne la surface chargée de la paroi considérée

➤ Vent sur le pignon V1 et V3:

❖ Parois verticales

On se réfère au *paragraphe 1.1.1.2 du chapitre (5-1) du RNVA 2013* pour déterminer les différentes zones de pression ; Et au *tableau (5-1)* pour déterminer les valeurs des coefficients C_{pe} , pour chaque direction du vent considérée.

d= 36.00m b= 12.00m h=7.14 m

e = Min (b ; 2h) ; e = Min (12 ; 2*7.14= 14.28) donc e = 12 ; e/5 = 2.4

S(A) = h* (e/5) = 7.14*2.4 = 17.13 m²>10m²

Si la petite surface est supérieure à 10m² donc les S(B) et S(C) sont supérieurs à 10m²

zones	A	B	C	D	E
C_{pe}	-1.0	-0.8	-0.5	+0.8	-0.3

Tableau 1 Les coefficients C_{pe} correspondant à chaque zone de parois verticales

Toiture

Et au *tableau (5-4)* pour déterminer les valeurs des coefficients Cpe,

e = Min (b ; 2h) ; e = Min (12 ; 2*7.14=14.28) donc e = 12 ; e/4 =3

Zone	F	G	H	I
S (m ²)	3.60	7.2	57.6	360
Cpe	-1.22	-1.07	-0.3	-0.2

Tableau 2 : Les coefficients C_{pe} correspondant à chaque zone de toiture

➤ **Vent sur le long-pan V2 et V4:**

❖ **Parois verticales**

$$d= 12.00\text{m } b=36.00\text{m } h= 7.14 \text{ m}$$

$$e = \text{Min} (b ; 2h) ; e = \text{Min} (36 ; 2*7.14=14.28) \quad \text{donc} \quad e =14.28$$

$$; e/5 = 2.85 \quad S(A) = h* (e/5)$$

$$= 7.14*2.85 =20.34\text{m}^2 > 10\text{m}^2$$

Si la petite surface est supérieure à 10m^2 donc les $S(B)$ et $S(C)$ sont supérieurs à 10m^2

Donc on adopte avec le $C_{pe,10}$

Zone	A	B	C	D	E
C _{pe}	-1.0	-0.8	-0.5	+0.8	-0.3

Tableau 3 : Les valeurs de C_{pe} correspondant à chaque zone de parois verticales (V2 et V4)

❖ **Toiture**

$$e = \text{Min} (b ; 2h) ; e = \text{Min}(36 ; 2*7.14= 14.28)\text{donc } e=14.28 \quad ; e/4 =3.57$$

$$\Theta = 0^\circ \text{ (Deux versants)}$$

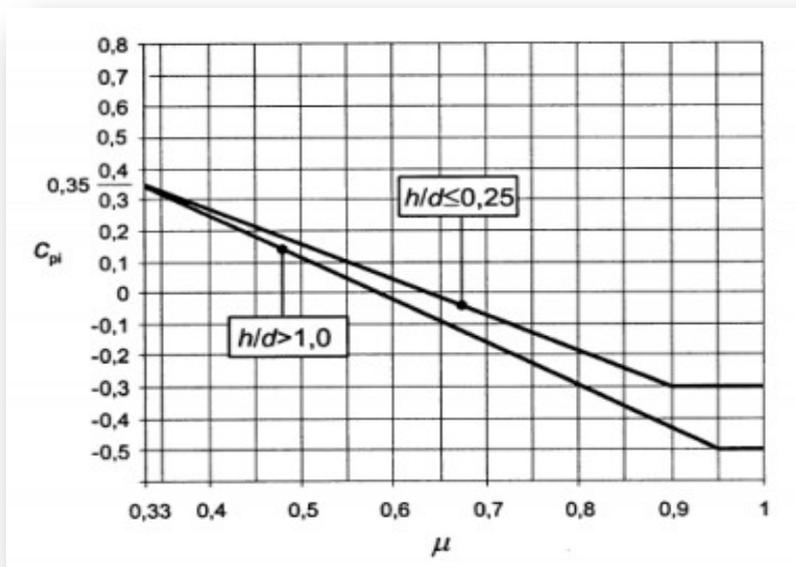
Zone	F	G	H	I	J
S (m ²)	5.09	41.21	164.59	164.59	51.40
C _{pe}	-1.22	-0.8	-0.3	-0.4	-1.00

Tableau 4 : Les surfaces et les coefficients C_{pe} correspondant à chaque zone de toiture (V2 et V4)

Coefficient de pression intérieure C_{pi} :

Le Coefficient de pression intérieure C_{pi} est fonction du pourcentage des ouvertures dans la structure considérée, et en fonction de l'indice de perméabilité qui est définie comme suit :

$$\mu = \frac{\sum \text{aire des ouvertures ou } C_{pe} \leq 0}{\sum \text{aire de tout les ouvertures}} \quad \mu = 0.5 \text{ les ouvertures de pignon parallèle}$$



pour tirer les valeurs des coefficients C_{pi} du diagramme :

$h/d = 0.19 < 0.25$ On choisit le trait discontinue

Pour V1 et V3 On adopte $C_{pi} = 0.13$

$h/d = 0.59 > 0.25$

$0.25 \rightarrow 0.13$

$0.59 \rightarrow x \quad (0.59 - 0.25 = 0.34)$

$$1 \rightarrow 0.09 \quad (1-0.59=0.41) \rightarrow (0.34+0.41=0.75)$$

$$x = 0.13 * \frac{0.41}{0.75} + 0.09 * \frac{0.34}{0.75} = \frac{0.0839}{0.75} = 0.11$$

Pour V2 et V4 On adopte $C_{pi} = 0.11$

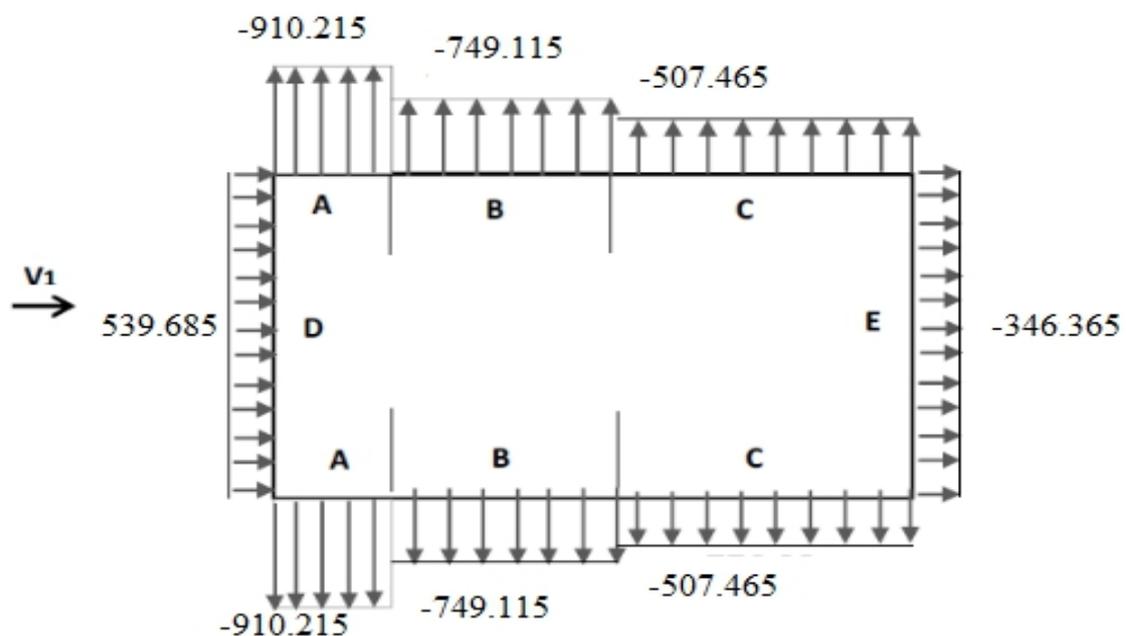
Calcul de la pression due au vent q_j :

La pression due au vent q_j ou la pression aérodynamique $W(z_j)$ agissant sur une paroi est obtenue à l'aide de la formule suivant:

$$W(z_j) = q_p * [C_{pe} - C_{pi}] \quad [N/m^2] \quad (2.6) \text{ chapitre 2 de RNVA2013}$$

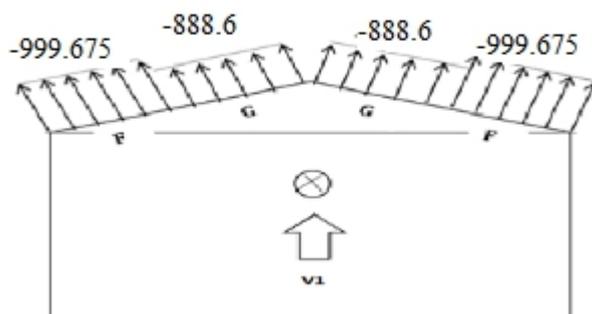
Zone	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	$q(N/m^2)$	$W_j (N/m^2)$
A	-1.0	0.13	-1.13	805.5	-910.215
B	-0.8	0.13	-0.93	805.5	-749.115
C	-0.5	0.13	-0.63	805.5	-507.465
D	+0.8	0.13	0.67	805.5	539.685
E	-0.3	0.13	-0.43	805.5	-346.365

Tableau 5 : Pressions sur les parois verticales - Direction V1 et V3 du vent (Pignon)



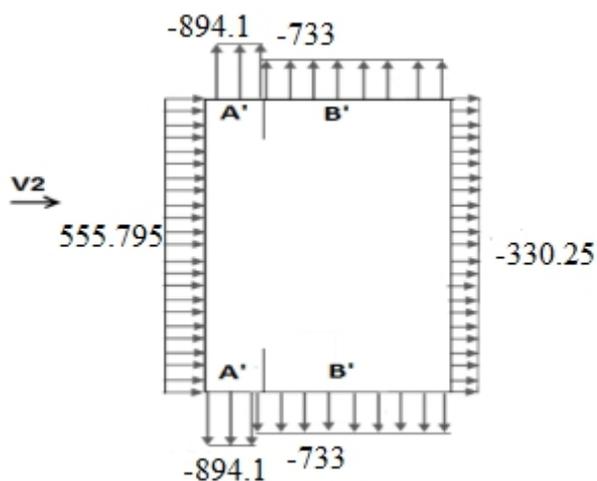
Zone	C _{Pe}	C _{pi}	C _{Pe} -C _{pi}	q(N/m ²)	W _j (N/m ²)
F	-1.22	0.13	-1.35	740.5	-999.675
G	-1.07	0.13	-1.20	740.5	-888.6
H	-0.3	0.13	-0.43	740.5	-318.415
I	-0.2	0.13	-0.33	740.5	-244.365

Tableau 6 : Pressions sur la toiture - Direction V1 et V3 du vent (Pignon)



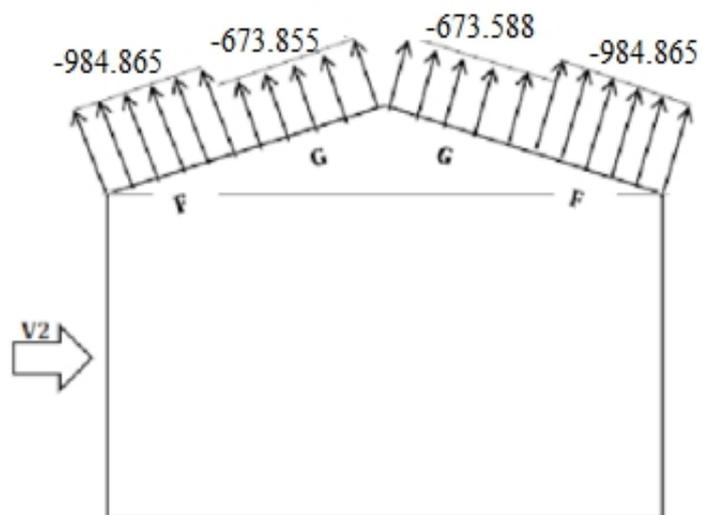
Zone	C _{Pe}	C _{pi}	C _{Pe} -C _{pi}	q(N/m ²)	W _j (N/m ²)
A	-1.0	0.11	-1.11	805.5	-894.105
B	-0.8	0.11	-0.91	805.5	-733.005
C	-0.5	0.11	-0.61	805.5	-491.355
D	+0.8	0.11	0.69	805.5	555.795
E	-0.3	0.11	-0.41	805.5	-330.255

Tableau 7 : Pressions sur les parois verticales-Direction V2 et V4 du vent (long pan)



Zone	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe}-C_{pi}$	q(N/m ²)	Wj (N/m ²)
F	-1.22	0.11	-1.33	740.5	-984.865
G	-0.8	0.11	-0.91	740.5	-673.855
H	-0.3	0.11	-0.41	740.5	-303.605
I	-0.4	0.11	-0.51	740.5	-377.655
j	-1.00	0.11	-1.11	740.5	-821.955

Tableau 8 : Pressions sur la toiture - Direction V2 et V4 du vent (long pan).



2.5 Calcul de la force de frottement

Les constructions pour lesquelles les forces de frottement doivent être calculées sont celles pour lesquelles soit $d/b \geq 3$ et $d/h \geq 3$

- ✓ **b**: la dimension de la construction perpendiculaire au vent.
- ✓ **h**: la hauteur de la construction.
- ✓ **d**: la dimension de la construction parallèle au vent.

La force de frottement F : $F_{fr} = \sum [q_{dyn}(z_j) * C_{fr} * S_{fr,j}]$ [N] (formule 2.8).

➤ **Direction du vent (Vent \perp pignon)**

$$\frac{d}{h} = \frac{36}{7.14} = 5.04 \geq 3 \text{ vérifiée}$$

$$\frac{d}{b} = \frac{36}{12} = 3 \geq 3 \text{ vérifiée}$$

a) Paroi verticale

$$S_{fr} = (36 \times 6) * 2 = 432 \text{ m}^2.$$

$$F_{fr} = 74.05 \times 0,04 \times 432 = 1279.584 \text{ daN.}$$

b) Versant de toiture

$$S_{fr} = \frac{12}{\cos 10.75} * 2 * 36 = 879.433 \text{ m}^2.$$

$$F_{fr} = 74.05 \times 0,04 \times 879.433 = 2604.880 \text{ daN.}$$

➤ **Direction du vent (Vent \perp long pan)**

$$d/h = 12/7.14 = 1.68$$

$$d/b = 12/36 = 0.333$$

a) Paroi verticale

$$S_{fr} = (12 \times 6) * 2 = 144 \text{ m}^2.$$

$$F_{fr} = 74.05 \times 0,04 \times 144 = 426.528 \text{ daN.}$$

b) Versant de toiture

$$S_{fr} = 12 * 1.14 * 2 = 27.36 \text{ m}^2.$$

$$F_{fr} = 74.05 \times 0,04 \times 27.36 = 81.04 \text{ daN.}$$

➤ **La force de frottement totale**

$$F_{fr} = \sum F_{fr} (\text{toiture}) + F_{fr} (\text{p. Verticale})$$

$$F_{fr} = (2604.880 + 81.04) + (1279.584 + 426.528) = 4392.032 \text{ daN}$$

$$\mathbf{F_{fr} = 43.920 \text{ KN}}$$

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS SECONDAIRES

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS SECONDAIRES

3. 1 Introduction ;

Dans ce chapitre, nous traiterons du calcul des éléments résistants (pannes, poteaux) qui constituent le hangar et sont soumis à des sollicitations diverses. Ce calcul nous fournira un profil qui peut assurer la résistance et la stabilité de la structure. Afin de réaliser nos calculs, la formule de vérification utilisée est tirée de l'Eurocode 03

3. 2 Les Pannes

Les pannes de couverture sont des poutrelles laminées généralement en IPE, elles sont soumises à la flexion bi axiale sous l'effet du poids propre de la couverture , des actions climatiques et de la surcharge d'entretien . Cette dernière n'étant cumulable avec le vent et la neige .Elles sont disposées perpendiculairement aux traverses des portiques.

3. 3 CALCUL DES PANNES DECOUVERTURE

1) Espacement entre panne ;

Dans notre cas la charge du vent maximale sur la toiture $w = -0.984865 \text{ KN/m}^2$ (dépression) ;

à l'aide de la fiche technique des panneaux sandwichs de couvertures.
e: espacement entre les pannes (e= 1,5m)

2) Évaluation des charges et surcharges

Les charges permanentes (G) :

Poids propre de la couverture (panneaux sandwichs)..... 11 Kg/m²
Poids propre d'accessoire d'attache.....1 Kg/m²

e: espacement entre les pannes (e= 1,5m)

$$G = (P \text{ couverture} + P \text{ accessoire}) * e$$

$$G = 12 * 1,5 = 18 \text{ K g/m}$$

$$G = 0.18 \text{ KN/m}$$

Surcharges d'entretien (P) :

Dans le cas des toitures inaccessible, on considéré uniquement dans les calculs une charge d'entretien qui est égale au poids d'un ouvrier et de son assistant et qui est équivalente deux charges concentrées de 100Kg chacune située à 1/3 et 2/3 de la portée de la panne (D'après le DTR BC 2.2).

$$M_{\max} = \frac{p l}{3} = \frac{p l^2}{8}$$

$$P = \frac{8 * p'}{3 * l} = \frac{8 * 100}{3 * 6} = 44.444 \text{ K g/ml}$$

$$p_{eq} = 0,444 \text{ KN/ml}$$

Surcharges climatiques :

$$\text{Surcharge du vent (W) : } W = (-0.9848 \times 1.5) = -1.4772 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Surcharge de le neige (S) : } S = (0.1704 \times 1.5) = 0.2556 \text{ KN/ml}$$

Charges à prendre en considération :

$$\begin{aligned}G &= 0.18 \text{ KN/ml.} \\W &= -1.477 \text{ KN/ml.} \\S &= 0.255 \text{ KN/ml.} \\Q &= 0.444 \text{ KN/ml}\end{aligned}$$

des charges

:Suivant l'axe Z-Z :

$$\begin{aligned}G_z &= G \cos \alpha = 0,176 \text{ KN/m.} \\Q_z &= Q \cos \alpha = 0,436 \text{ KN/m.} \\W_z &= W = -1.477 \text{ KN/m.} \\S_z &= S \cos \alpha = 0,250 \text{ KN/m.}\end{aligned}$$

Suivant l'axe Y-Y :

$$\begin{aligned}G_y &= G \sin \alpha = 0,033 \text{ KN/m.} \\Q_y &= Q \sin \alpha = 0,082 \text{ KN/m.} \\W_y &= 0 \text{ KN/m.} \\S_y &= S \sin \alpha = 0,047 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

Les combinaisons d'actions

❖ **ELU :**

Suivant l'axe z-z :

$$\begin{aligned}\text{Comb 1} &= 1.35G_z + 1.5Q_z = 0.891 \text{ KN/ml} \\ \text{Comb 2} &= 1.35G_z + 1.5S_z = 0.612 \text{ KN/ml} \\ \text{Comb 3} &= G_z + 1.5W = -2.039 \text{ KN/ml} \\ \text{Comb 4} &= G_z + 1.35W + S_z = -1.567 \text{ KN/ml}\end{aligned}$$

Suivant l'axe y-y :

$$\text{Comb 1} = 1.35G_y + 1.5S_y = 0.115\text{KN/ml}$$

$$\text{Comb 2} = 1.35G_y + 1.5Q_y = 0.167\text{KN/ml}$$

$$\text{Comb 3} = 1.35G_y = 0.044\text{KN/ml}$$

Selon les deux axes y et z, les charges maximales à l' ELU /ml revenant à la panne la plus sollicitée est:

$$q_{uz} = G_z + 1.5W = -2.039 \text{ KN/ml}$$

$$q_{uy} = 1.35G_y + 1.5Q_y = 0.167\text{KN/ml}$$

❖ **ELS:**

Suivant l'axe z-z :

- $G_z + Q_z = 0.612\text{KN/ml}$
- $G_z + S_z = 0.426\text{KN/ml}$
- $G_z + W = -1.301\text{KN/ml}$

Suivant l'axe y-y:

- $G_y + Q_y = 0.115\text{KN/ml}$
- $G_y + S_y = 0.080\text{KN/ml}$
- $G_y + W = 0.033\text{KN/ml}$

Selon les deux axes Y et Z ; les charges maximales à l'ELS /ml revenant à la panne la plus sollicitée

$$q_{sz} = G_z + W = -1.301\text{KN/ml}$$

$$q_{sy} = G_y + Q_y = 0.115\text{KN/ml}$$

3.1.1 Pré dimensionnement des pannes

Condition de flèche (l' ELS) et Condition de résistance (l' ELU).

Vérification à l' ELS :

La flèche à l'état limite de service se fait avec les charges et surcharges de service (non pondérée): $F \leq F_{adm}$

Pour une poutre sur deux appuis uniformément chargée (axe Z-Z) :

$$F_Z = \frac{5 \times Q_{sz} \times l^4}{384 \times E \times I_y} \leq L/200$$

$$\Rightarrow I_y = \frac{200 \times 5 \times Q_{sz} \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_y = \frac{200 \times 5 \times 1.301 \times 10^{-2} \times 600^3}{384 \times 21000} = 348.482 \text{ cm}^4$$

Ce que nous donne $I_y \geq 348.482 \text{ cm}^4$ donc on opte pour un **IPE 140**

Avec : $I_y = 541.2 \text{ cm}^4$ et $I_z = 44.92 \text{ cm}^4$

Poids propre réel :

$$G = (P_{\text{couverture}} + \text{Accessoire}) \times e + P$$

$$\text{panne } G = (11+1) \times 1.5 + 12.9 = 30.9$$

Kg/ml

$$G = 0.309 \text{ KN/ml}$$

- $G_Z = 0,309 \times \cos \alpha = 0,303 \text{ KN/ml}$ $\alpha = 10.75^\circ$
- $G_Y = 0,309 \times \sin \alpha = 0.057 \text{ KN/ml}$

Les combinaisons les plus défavorables :

❖ L' ELU:

- ✓ $q_z = -2.039 \text{ KN/ml}$

✓ $q_y = 0.167 \text{KN/ml}$

❖ **L' ELS:**

✓ $q_z = -1.301 \text{KN/ml}$

✓ $q_y = 0.115 \text{KN/ml}$

3.1.2 Dimensionnement et vérification des pannes

Vérification à l'Els(flèche)

Suivant l'axe Z-Z :

$$F_z = \frac{5 \times Q_{sz} \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq L/200$$

$$F_z = \frac{200 \times 5 \times 1.301 \times 10 \times 600^3}{384 \times 210000 \times 100 \times 869.3} = 1.20 \text{ cm} \leq \frac{600}{200} = 3 \text{ cm}$$

$F_z = 1.20 \text{ cm} \leq f_{adm} = 3 \text{ cm}$

vérifiée

Suivant l'axe Y-Y :

$$F_y = \frac{5 \times Q_{sy} \times l^4}{384 \times E \times I_z} \leq L/200$$

$$F_y = \frac{5 \times 0.115 \times 10 \times 600^3}{384 \times 210000 \times 100 \times 68.31} = 1.352 \text{ cm} \leq \frac{600}{200} = 3 \text{ cm}$$

$f_z = 1.35 \text{ cm} \leq f_{adm} = 3 \text{ cm}$

vérifiée

3.1.3 Condition de la résistance(Elu)

Vérification à la flexion déviée

$$\left[\frac{M_{y, sd}}{M_{pl, yrd}} \right]^2 + \left[\frac{M_{z, sd}}{M_{pl, zrd}} \right]^2 \leq 1$$

$\alpha = 2$ pour les profile en I ; $\beta = 5n \geq 1$; $n = N /$

$$N_{pl} = 0 \beta = 1$$

$$M_{sd} = q \cdot l^2 / 8 \quad \text{tel que:}$$

Axe Z-Z:

$$M_{ysd} = Qz \cdot l^2 / 8 = 2.089 \cdot 6^2 / 8 = 9.17 \text{ KN.m}$$

Axe Y-Y:

$$M_{zsd} = Qy \cdot l^2 / 8 = 0.115 \cdot 3^2 / 8 = 0.129 \text{ KN.m}$$

$$M_{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

Pour le γ_{m0} on doit déterminer la classe du profile.

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/235)} = 1 \Rightarrow \varepsilon = 1$$

$$\text{Ame: } d / t_w = 126.2 / 4.7 = 26.85 \leq 72\varepsilon \text{ Ame de classe 1}$$

$$\text{Semelle: } c / t_f = b/2 / t_f = 36.5 / 6.9 = 5.28 \leq 10\varepsilon \quad \text{semelle de classe 1}$$

Donc la section de classe 1 et $\gamma_{m0} = 1$

$$M_{ply,rd} = \frac{W_{y,pl} \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{88.34 \times 235 \times 10^{-3}}{1} = 20.75 \text{ KN.m}$$

$$M_{plz,rd} = \frac{W_{z,pl} \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{19.25 \times 235 \times 10^{-3}}{1} = 4.523 \text{ KN.m}$$

$$\left[\frac{M_{y,sd}}{M_{ply,rd}} \right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,sd}}{M_{plz,rd}} \right]^{\beta} \leq 1$$

$$\left[\frac{9.174}{20.75} \right]^2 + \left[\frac{0.129}{4.523} \right]^1 = 0.223 \leq 1 \quad \text{vérifiée}$$

Vérification au cisaillement ;

Pour la vérification au cisaillement on utilise la condition suivante :

$$V_{zsd} \leq V_{prdl}$$

$$V_{ysd} \leq V_{plrdl}$$

$$V_{zsd} = \frac{Qz * l}{2} = \frac{2.039 * 6}{2} = 6.117$$

$$\text{Avec : } A_{vy} = A - A_{vz} = 8.79 \text{ cm}^2$$

$$V_{plrdl} = A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = 119.26 \text{ KN}$$

Donc :

$$V_{zsd} \leq V_{prdl} \quad V_{ysd} < V_{plrdl}$$

Vérification au déversement

$$M_{brd} = \frac{\chi_{lt} \times \beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$\chi_{LT} = 1 / \phi_{LT} + [\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2]^{0.5}$$

- ✓ $\beta_w = 1$ Pour les sections de classe (1) et (2)
- ✓ $M_{b,rd}$: Moment résistant au déversement.
- ✓ $M_{b,rd}$: Moment sollicitant
- ✓ χ_{LT} : Coefficient de réduction pour le déversement

$$M_{sdy} = \frac{Q_z * l^2}{8} = \frac{2.039 * 6^2}{8} = 9.175 \text{ kn}$$

λ_{LT} barre : c'est l'élanement de divergence $\lambda_{LT} = \sqrt{\beta_w} * \frac{\lambda_{LT}}{\lambda}$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y} = 93,9 \epsilon$$

$$\epsilon = \sqrt{E/f_y} = 1 \rightarrow \lambda_1 = 1$$

Pour une poutre constante et doublement symétrique on peut utiliser la formule approximative ci-après qui place en sécurité.

I : longueur de maintien latéral

$$\lambda_{LT} = \frac{I/I_z}{\sqrt{C1} [1 + \frac{1}{20} (\frac{I/I_z}{h/t_f})^2]^{0.25}}$$

$$\lambda_{LT} = \frac{300/1.65}{\sqrt{C_1} \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{181.81}{23.18} \right)^2 \right]^{0.25}} = 120.27$$

$$\lambda_{LT} = \frac{120.27}{93.9} = 1.28$$

$$\lambda_{LT} = 1.28 > 0.4$$

il y a risque de déversement

$$X_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + [\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2]^{1/2}} \leq 1$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \times [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

$\alpha_{LT} = 0.21$ pour les profils laminés

$$D'où : \Phi_{LT} = 0.5 \times [1 + 0.21(1.28 - 0.2) + 1.28^2] = 1.432$$

$$X_{LT} = \frac{1}{1.432 + [1.432^2 - 1.28^2]^{0.5}} = 1.087$$

$$M_{brd} = \frac{1.087 \times 1 \times 20.75 \times 235}{1.1} = 22.55 \text{ KN.m}$$

$$M_{sdy} = 9.175 \text{ KN.m} < M_{brd} = 22.55 \text{ KN.m}$$

Donc la condition est vérifiée on adopte un **IPE 140**.

3.4 CALCUL DES LIERNES

3.4.1 Introduction

Les liernes sont des tirants qui fonctionnent en traction. Elles sont généralement formées de barres rondes .

3.4.2 Les efforts dans les liernes

Le poids propre de la panne d' IPE 14 : $G = 12.9 \text{ Kg/ml}$

La combinaison de charge est la suivante :

$$q_{uy} = 1,35G_y + 1,5 S_y$$

$$G = [(11+ 1) \times 1,5] + 12.9 = 30.9 \text{ Kg/ml}$$

$$G = 0.309 \text{ KN/ml}$$

$$\checkmark G_z = 0.309 \cdot \cos \alpha = 0,303 \text{ KN/ml} \quad \alpha = 10.75^\circ$$

$$\checkmark G_y = 0.309 \cdot \sin \alpha = 0,057 \text{ KN/ml}$$

$$\checkmark q_{uy} = 1,35 \times 0,057 + 1,5 \times 0,047 = 0.147 \text{ KN/ml}$$

La réaction R au niveau du lierne :

$$R = q_{uy} \times l_y$$

$$l_y = 6/2 = 3 \text{ m}$$

$$q_{uy} = 0.147 \text{ KN/ml}$$

$$R = 0.147 \times 3 = 0.441 \text{ KN}$$

Efforts de traction dans le tronçon de lierne L1 :

$$T1 = R/2 = 0.441/2 = 0.220 \text{ KN}$$

Effort dans le tronçon L2 :

$$T2 = T1 + R = 0.22 + 0.441 = 0.661 \text{ KN}$$

Effort dans le tronçon L3 :

$$T3 = T2 + R = 1.102 \text{ KN}$$

Effort dans les diagonales L4 :

$$T4 = T3 + R = 1.543 \text{ KN}$$

Effort dans les diagonales L5 :

$$\Theta = 47.07^\circ$$

$$T5 = T4/2 \sin 47.07 = 1.053 \text{ KN}$$

3.4.3 Dimensionnement des liernes

Condition de vérification à la résistance plastique de la section brute :

$$N_{tsd} \leq N_{pl}$$

$$N_{pl} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$A \geq \frac{\gamma_{m0} \cdot N_{tsd}}{f_y}$$

$$A \geq \frac{1 \cdot 1.543}{23.5}$$

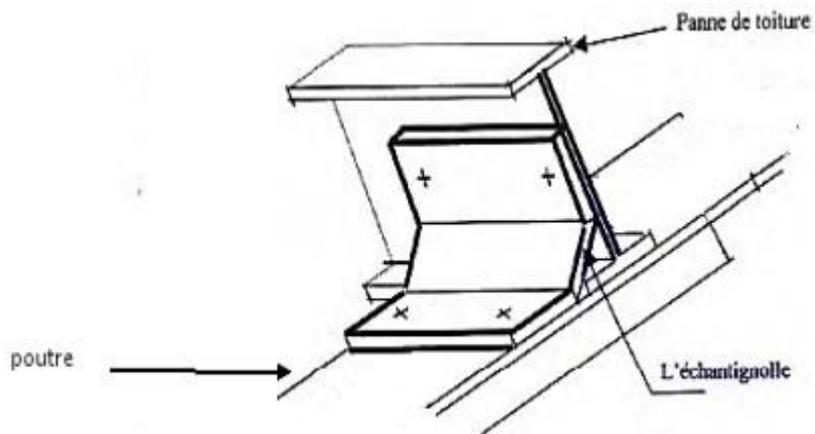
$$A \geq 0.065 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi * \varnothing^2}{4} \geq 0.065$$

$$\varnothing \geq \sqrt{\frac{4*0.065}{3.14}} \geq 0.287 \text{ cm}$$

on adopte pour une barre ronde de diamètre $\varphi = 29 \text{ mm}$

3.5 CALCUL DE L' ECHANTIGNOLLE



3.5.1 Dimensionnement de l' échantignole

A. L' excentrement « t »:

« t » est limité par la condition suivante :

$$2 (b/2) \leq t \leq 3 (b/2)$$

Les pannes sont des IPE 140 avec :

$$b = 7.3 \text{ cm} ; h = 14 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad t = 10 \text{ cm}$$

B. Calcul du moment de renversement Mr:

Sous la combinaison de charge :

$Gz + 1.5W$ (c'est la plus défavorable)

$$G = 0.309 \text{ KN/ml}$$

$$Gz = G \cdot \cos \sigma = 0.303 \text{ KN}$$

$$Gz + 1.5 Wz = 0.303 + 1.5 * (-1.477) = -1.912 \text{ KN/m}^2$$

$$quz = 1.25 \times (-1.912) = -2.39 \text{ KN/ml}$$

$$R = quz \times L$$

$$= 2.39 \times 6$$

$$R = 14.35 \text{ KN}$$

$$MR \leq M$$

$$\text{pliage } MR =$$

$$R \cdot t$$

IPE 140 :

$$MR = R \cdot t = 14.35 \times 0,1 = 1.435 \text{ KN.m}$$

$$M_{\text{pliage}} = \frac{w_{ely} * f_y}{\gamma_{m0}} > MR$$

$$W_{ely} \geq \frac{1 * 1.435 * 10^2}{23.5} = 6.1 \text{ cm}^2$$

Pour une section rectangulaire :

$$W_{ely} = \frac{b * e^2}{6}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

C. Calcul de l'épaisseur de l'échantignole « e » :

$$e = \sqrt{\frac{6.1 * 6}{40}} = 0.95 \text{ cm}$$

Donc on adopte une échantignole de **10 mm** d'épaisseur.

3.6 CALCUL DES POTELETS

3.6.1 Introduction

Ce sont des éléments secondaires souvent des profilés en I ou H prévus sur le pignon pour réduire

la portée entre les poteaux et diminuer la portée des lisses supportant le bardage isolants.

3.6.2 Le pré dimensionnement du potelet

- Le pignon possède 2 potelets la longueur max $L = 6.763\text{m}$
- La porte maximale entre deux potelets $d = 4\text{m}$.
- Les potelets sont en acier S235
- La surpression du vent $W = 0.709\text{KN/m}^2$

Le pré dimensionnement se fait par la condition de la flèche:

$$qws = W * d$$

$$qws = 0.709 * 4 = 2.836 \text{KN/m}$$

$$qws = 2.836 \text{ KN/ml}$$

$$fz \leq fadm$$

$$fz = \frac{5 \times qws \times h^4}{348 \times E \times Iy}$$

$$fadm = \frac{L}{200} = \frac{676.3}{200} = 3.38 \text{ cm}$$

$$Iy \geq \frac{5 \times 2.836 \times 10^{-2} \times 676.3^4}{348 \times 21000 \times 3.38} = 1200.9 \text{ cm}^4$$

$$Iy \geq 1200.9 \text{ cm}^4$$

Le profilé qui convient comme potelets est **l' IPE 180**

CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS STRUCTURAUX

CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS STRUCTURAUX

4.1 Introduction

Pour la vérification du portique, nous considérerons l'effet de la raideur et de la raideur. Différentes charges qui appliquent une pression de différentes manières sur chaque rack, utilisez donc ces Motifs et autres, nous étudierons le portique qui contient les piliers et le plus Réclamer

4.2 Dimensionnement des poteaux

Les poteaux sont des éléments verticaux qui supportent des charges et des surcharges, et Transférez-les dans la base, ce sont généralement des fichiers de configuration HEA ou Herbe

Les efforts sollicitant les plus défavorables calculés par le logiciel (Robot) sont :

- $N_{sd} = 29.73 \text{ kN}$
- $M_{sdy} = 60.28 \text{ kN.m}$
- $M_{sdz} = 0.2 \text{ KN.m}$

	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	5,35	4,35	29,73	0,00	60,28	0,20

$$\left(\frac{M_{sd}}{M_{Pl,Rd}}\right)^1 + \left(\frac{N_{sd}}{N_{Pl,Rd}}\right)^2 \leq 1,00$$

$$M_{plRd} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{568.5 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^3}{1.1} = 121.45 \text{ KN.m}$$

$$N_{plRd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{64.34 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^3}{1.1} = 1374.53 \text{ KN}$$

$$\left[\frac{60.28}{121.45}\right]^1 + \left[\frac{29.73}{1374.53}\right]^2 = 0.49 \leq 1 \quad \text{condition vérifiée}$$

Donc le profilé HEA 220 est vérifié.

Caractéristiques de poteaux:

Profil	Poids	Section	Dimensions						Caractéristiques					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	t _f mm	t _w mm	d mm	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	W _{ply} cm ³	W _{plz} cm ³	i _y cm	i _z cm	
HEA 220	50.5	64.3	210	220	11	7	152	5410	283.6	568.5		9.17	5.51	

Tableau V.2:Caractéristiques du profilé HEA220.

Classe de la section transversale:

- Classe de l'âme fléchie:

$$\frac{d}{tw} \leq 72 \varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$d = 152 \text{ mm}$$

$$tw = 7 \text{ mm} \quad \frac{d}{tw} = \frac{152}{7} = 21.7$$

$$72\varepsilon = 72$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/235}$$

l'âme est de classe I.

- Classe de la semelle:

Donc la section globale est de classe I.

$$\frac{c}{t_f} = \frac{b/2}{t_f} \leq 10 \varepsilon$$

$$\text{Avec } c = \frac{b}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$t_f = 11 \text{ mm}$$

$$\bullet \quad \frac{c}{t_f} = \frac{110}{11} = 10$$
$$10 \varepsilon = 10 \sqrt{\frac{235}{235}} = 10 \quad \frac{c}{t_f} = 10 \varepsilon$$

Donc la semelle est de classe I

4.3 Vérification de flambement :

Soit charge en simple compression d'une tige élancée, d'abord rectiligne, en position verticale et à double charnière aux extrémités, avec une force N progressivement croissante. On observe que lorsque N atteint une certaine valeur, la tige va se détacher latéralement, et apparaissent alors grandes. Déformation, ce genre de déformation a les caractéristiques de toutes les formes d'instabilité. Dans le cas des barres de compression, cette instabilité est appelée flambage.

On doit vérifier que: $N_{sd} \leq N_{b,Rd}$

Avec :

- N_{sd} : Effort de compression.
- $N_{b,Rd}$: La résistance de calcul d'un élément comprimé au flambement, elle être prise égale à:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * \beta_A * A * f_y}{\gamma_{M_1}}$$

Avec :

- $N_{b,Rd}$: Résistance au flambement
- β_A : 1 (Pour les sections de classe 1)
- γ_{M_1} : 1.1

- χ : Coefficient de réduction
- $\bar{\lambda}$: Elancement réduit

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{\beta} A = \frac{\lambda}{93.3 \varepsilon}$$

- λ : Calculé a la base des caractéristiques de la section brute

$$\text{Avec; } \frac{h}{b} = \frac{210}{220} = 0.95 < 1.2$$

$$t_f = 11 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

Donc, les courbes de flambement considérées par chaque axe sont:

$$\text{Axe (y - y): courbe a} \quad \alpha = 0,21$$

$$\text{Axe (z - z): courbe b} \quad \alpha = 0,34$$

Plan (y-y) :

$$\lambda_y = \frac{L_f}{i_y} = \frac{0.5L}{9.97} = \frac{4}{9.17} = 43.62 \quad L_f = 0.5 * 8 = 4\text{m}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{93.3 \varepsilon} = 0.46$$

Plan (z-z) :

$$\lambda_y = \frac{Lf}{iz} = \frac{0.5L}{2.69} = \frac{4}{5.51} = 72.59$$

$$\lambda_z = \frac{\lambda_y}{93.3\epsilon} = 0.77$$

$$\bar{\lambda} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z) = 0.77$$

$$X_{lt} = \frac{1}{(\phi_{lt} + \sqrt{\phi_{lt}^2 - \lambda_z^{-2} l^2})} \leq 1$$

Avec ;

$$\phi_{lt} = 0.5[1 + \alpha_{lt}(\lambda_z^{-2} l^2 - 0.2) + \lambda_z^{-2} l^2]$$

$$\phi_{lt} = 0.5[1 + 0.49(0.77 - 0.2) + 0.77^2] = 0.93$$

$$X = \frac{1}{(0.93 + \sqrt{0.93^2 - 0.77^2})}$$

$$X = 0.91 \leq 1$$

$$N_{b,rd} = \frac{0.91 * 1 * 64.3 * 23.5}{1.1} = 1250.05 \text{ KN}$$

Donc : $N_{sd} = 24.52 \text{ KN} < N_{b,rd} = 1250.05 \text{ KN}$

La condition est vérifiée

4.4. Effort axial de traction

Introduction ;

Les contreventements sont des pièces qui ont pour objet d'assurer la stabilité de l'ossature

en s'opposant à l'action de forces horizontales : vent, séisme, chocs

Ils sont généralement conçus pour assurer un chemin pour les charges horizontales pour atteindre la fondation.

Ils sont disposés sur le toit..

$$N_{sd} \leq N_{t.rd}$$

$$N_{sd} : 39.2 \text{ KN}$$

$$N_{sd} \leq N_{t.rd} \quad N_{sd} \leq \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$A \geq \frac{N_{sd} \cdot \gamma_{m0}}{f_y} \quad A \geq 1.83$$

Choisir 2L 65X65X7 $A = 7,53 \text{ cm}^2$

Résistance plastique de calcul de section brute

$$N_{pl,rd} = \frac{2 \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$A = 7,53 \text{ cm}^2 \quad \gamma_{m0} = 1.1 \quad f_y = 235 \text{ MPA}$$

$$N_{pl,rd} = \frac{2 \cdot 7.53 \cdot 23.5}{1.1} = 321.73 \text{ KN}$$

Résistances ultime de section nette au droit des trous de fixations

$$N_{net,rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$A_{net} = A - \Sigma A_{vide} = 613 \text{ mm}^2$$

$$N_{net,rd} = \frac{613 \cdot 0.235}{1.1} = 130.95 \text{ KN}$$

$$N_{u,rd} = 0.9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{m2} = 1.1$$

$$N_{u,rd} = \frac{0.9 \cdot 613 \cdot 0.36}{1.1} = 198.61 \text{ KN}$$

Vérification ;

$$\text{Min} (N_{pl,rd} , N_{net,rd} , N_{u,rd}) \geq N_{sd}$$

$$\text{Min} (321.73 , 130.95 , 198.61) \geq 39.2 \text{ KN} \quad \text{Vérifiée}$$

4.5.Calcul des traverses

Justification des traverses (IPE 200)

Charges réparties sur la traverse

- Poids du panneau isolant
 - Poids de la tôle ondulée
 - Poids des pannes
 - Poids propre de la traverse
 - Charge d'entretien

Les moments maximaux sollicitant la traverse sont obtenus par le logiciel robot.

$$N_{sd} = 5.74 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 16.77 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = 30.63 \text{ KN}$$

4.5.1. Caractéristiques de la traverse:

Choix de profil:

Profil	Poids	Section	Dimensions						Caractéristiques					
	P Kg/m	A cm ²	H Mm	B mm	t _f mm	t _w mm	d mm	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	W _{ply} cm ³	W _{plz} cm ³	i _y cm	i _z cm	
IPE200	22.4	28.5	200	100	8.5	5.6	159	1943	142	221	44.6	8.26	2.24	

Tableau :Caractéristiques du profilé IPE 200.

4.5.2 Classe de la section transversale:

Classe de l'âme fléchie:

$$\frac{d}{t_w} \leq 72\varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$d = 261 \text{ mm}$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{159}{5.6} = 28.39$$

$$72\varepsilon = 72\sqrt{\frac{235}{235}} = 72 \quad \frac{d}{t_w} \leq 72\varepsilon \quad \text{Donc l'âme est de classe I}$$

b. Classe de la semelle

$$\frac{c}{t_f} = \frac{b/2}{t_f} \leq 11\varepsilon \qquad c = b/2 = 50 \text{ mm}$$
$$t_f = 8.5 \text{ m}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5.88$$

$$11\varepsilon = 11 \sqrt{\frac{235}{235}} = 11$$

Donc la semelle est de classe I

Donc la section globale est de classe I.

A. .Condition de résistance:

$$V_{sd} \leq 0.5 V_{pl.Rd}$$

$$V_{pl.Rd} = \frac{A_v * \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{m0}}$$

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f$$

$$A_v = 28.48 - 2(100) \cdot 8.5 + (5.6 + 2 * 12)8.5 = 14.19 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl.Rd} = \frac{14.19 * (235/\sqrt{3})}{1.1} = 1750.23 \text{ KN}$$

$$M_{plRd} = \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{220.6 * 10^{-6} * 235 * 10^3}{1.1} = 47.12 \text{ KN.m}$$

$$n_{pl}R_d = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{28.48 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^3}{1.1} = 608.43 \text{ KN.m}$$

$$\left[\frac{30.63}{47.12}\right]^1 + \left[\frac{5.74}{608.43}\right]^2 = 0.65 \leq 1 \quad (\text{condition vérifiée})$$

B . Résistance de la traverse au déversement :

Le moment résistant de déversement est donnée par :

$$M_{brd} = \frac{\chi_{lt} \cdot B_w \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

- Avec :
- $B_w = 1$ section de classe I
- χ_{lt} : est le facteur de reduction pour le deversement

$$\lambda_{lt} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{B_w}$$

$$\lambda_{lt} = \frac{L \cdot \left[\frac{W_{ply}^2}{I_z I_w}\right]^{0,25}}{C_1^{0,5} \left[\frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_w}\right]^{0,25}}$$

$G_1 = 1,132$ (Charge uniformément répartie)

$$G = \frac{E}{2(1-\varepsilon)} \quad E = 21.10^6 \text{ N/cm}^2 \quad \varepsilon = 0.3$$

$$G = 8,08 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2$$

It : Moment d'inertie de torsion ($I_t = 6,98 \text{ cm}^4$)

Iw : Moment d'inertie de gauchissement ($I_w = 12,99 \cdot 10^3 \text{ cm}^6$)

Iz: Moment d'inertie de flexion suivant l'axe faible inertie ($I_z = 142,4 \text{ cm}^4$)

$$\lambda_{lt} = 17778.97$$

$$\lambda_1 = 93.3\epsilon \quad \lambda_{lt}^- = 1.89$$

$$\phi_{lt} = 0.5[1 + \alpha_{lt}(\lambda_{lt}^- - 0.2) + \lambda_{lt}^{-2}] = 2.28$$

$$\chi_{lt} = \frac{1}{\phi_{lt} + [\phi_{lt}^2 - \lambda_{lt}^{-2}]^{1/2}} = 0.28 \leq 1$$

$\alpha_{lt} = 0.21$ pour les profile laminés

$$M_{brd} = 1321.98 \text{ KN. M}$$

$$M_{brd} > M_{ysd} = 30.63 \text{ KN.m} \quad \textbf{Condition. Vérifiée}$$

Chapitre 5 ; Etude d'assemblage

5.1 Introduction

Un assemblage est un appareil qui peut connecter plusieurs composants entre eux., Ils assurent la transmission et la répartition des différentes contraintes entre les pièces.

5.2 Fonctionnement des assemblages

Les principaux modes d'assemblages sont :

Le boulonnage

La connexion par boulon est la méthode d'assemblage la plus couramment

utilisée dans la construction

Métal car il est facile à utiliser et peut être ajusté Sur le site Internet

classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}(N/mm^2)$	240	320	300	400	360	480	640	900
$f_{ub}(N/mm^2)$	400	400	500	500	600	600	800	1000

Tableau VI.1 : Les classes des boulons

Le soudage

Dans un cadre soudé, les composants sont plus rigides, ce qui a les effets suivants

Incorporer partiellement des éléments constructifs. Soudage à la flamme

L' oxyacétylène et le soudage à l'arc sont des méthodes de chauffage

5.3 Coefficient de frottement

- Le coefficient de frottement μ doit correspondre à sa valeur de calcul. Cela nécessite une préparation des surfaces , par broyage ou grenailage , pour éliminer toute trace de rouille ou de calamine ; de graissage ,etc.

$\mu = 0,50$ pour les surfaces de la classe A

$\mu = 0,40$ pour les surfaces de la classe B

$\mu = 0.30$ pour les surfaces de la classe C

$\mu = 0,20$ pour les surfaces de la classe D.

5.4 Liaison poteau-traverse

L'assemblage est réalisé par une platine boulonnée sur la semelle de poteau est soudée a l'âme de traverse.

Les efforts maximaux pour calculer l'assemblage.

L'assemblage Poteau – Traverse appelé aussi angle de portique est effectué par l'intermédiaire d'une platine soudée sur la traverse et assemblés par des boulons HR. Ces assemblages sont renforcés par un jarret et des raidisseurs.

5.5 Figure Assemblage poteau-traverse

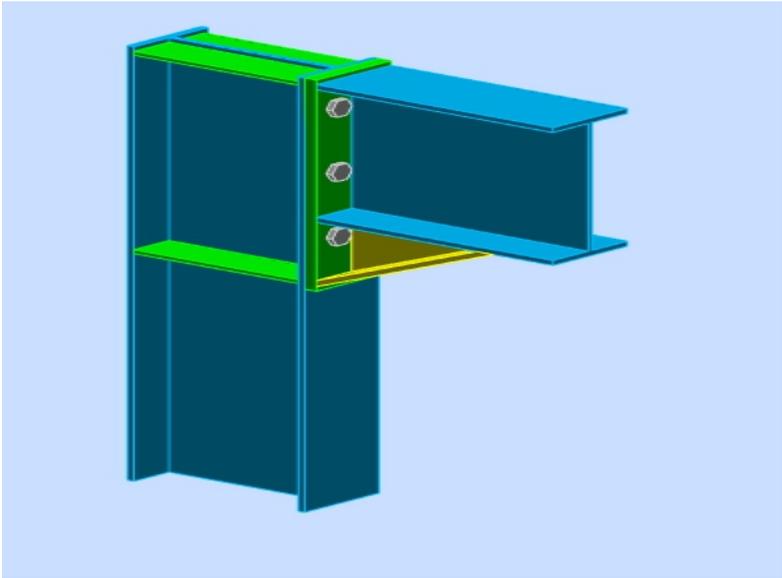
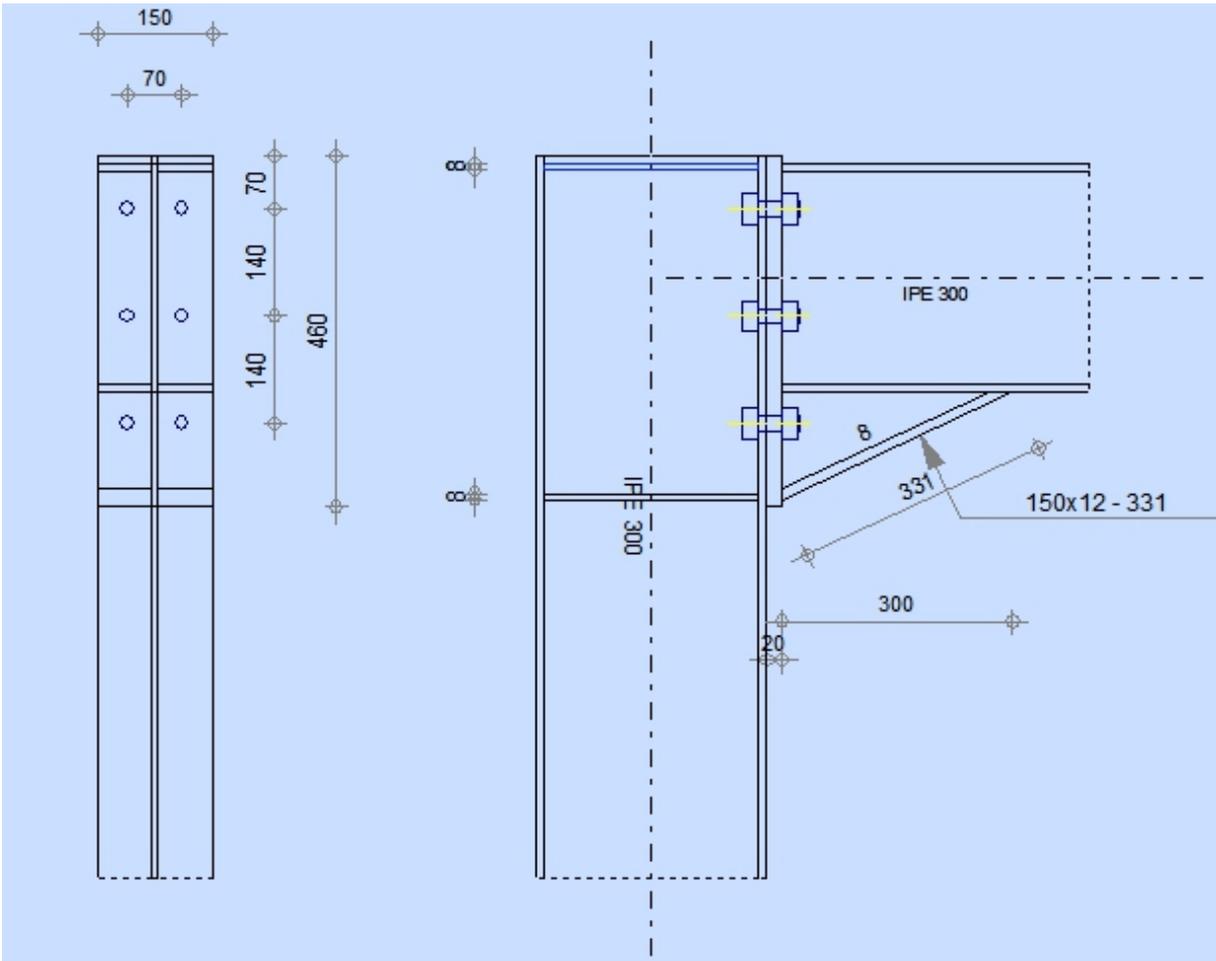


Figure Assemblage poteau-traverse



Nombre de boulons = 6

Nombre de files : $n = 2$

Poteau HEA220

Traverse: IPE200

$$N_{sd} = 197,12 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 27,20 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = 128,02 \text{ KN.m}$$

A. Soudure de la platine

Soudure de la semelle tendue

Epaisseur de la platine : $e_p = 20\text{mm}$

Cordon de soudure : $a = 14\text{mm}$

La traverse est assemblée à la platine par un cordon de soudure d'épaisseur de 14 mm

B. Calcul des boulons sollicités en traction

$$T_R = 0,8 F_{ub} A_s = 0,8 \times 1000 \times 245 = 196 \text{ KN}$$

$$M_R = 2 T_R (0,065 + 0,175 + 0,285) = 205,8 \text{ KN.m}$$

$$M_R = 205,8 \text{ KN.m} > M_{sd} = 128 \text{ KN.m}$$

Condition. Vérifiée

C . Disposition constructives ;

Assemblage forme de deux files de 3 boulons HR 10.9 $\varnothing=20\text{mm}$

Pince longitudinal e1

$$1.2 \varnothing \leq e1 \leq 12t$$

$$d0 = \varnothing + 2 \text{ cm}$$

$$d0 = 20+2 = 22 \text{ cm}$$

$$26.4 \leq e1 \leq 240$$

$$e1 = 65 \text{ cm}$$

D . Pince transversale e2 ;

$$1.5 \varnothing \leq e2 \leq 12t$$

$$33 \leq e2 \leq 240$$

$$e2 = 50 \text{ cm}$$

5.6 Vérification la Résistance d'un boulon ;

$$V_{sd} \leq V_R = \frac{K_s \times \mu \times n \times (F_p - 0.8 F_{t;sd})}{\gamma_{MS}}$$

μ = coefficient de frottement qui est pris égale à 0.3

$K_s = 1$ coefficient qui est en fonction de la dimension des trous de perçage pour les trous à tolérance normale.

$$\gamma_{MS} = 1,25$$

n = nombre d'interfaces de frottement =

$$F_p = 0.7 \times f_{ub} \times AS = 0.7 \times 1000 \times 10^{-3} \times 245 = 171.5 \text{ KN par boulon.}$$

$$F_{t;sd} = \frac{N}{2} = \frac{171.5}{2} = 85.75 \text{ KN.}$$

Effort de cisaillement sollicitant par boulon :

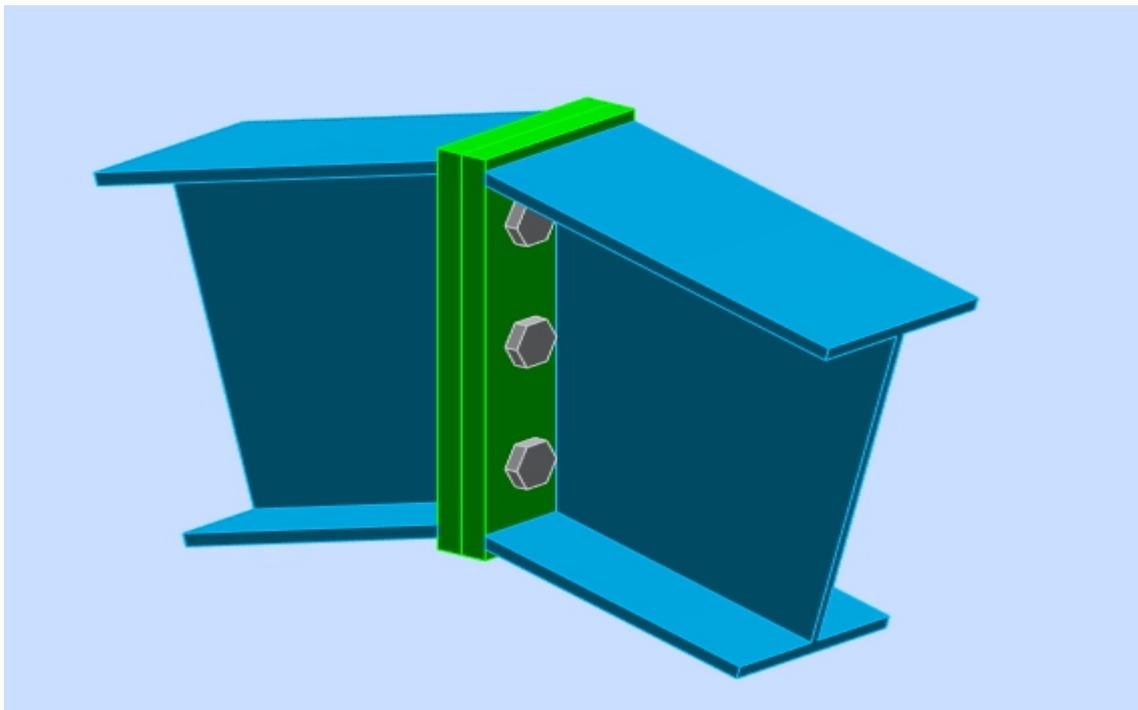
$$F_{V.sd} = \frac{Vsd}{n} = \frac{27.2}{6} = 4.53KN.$$

$$V_R = \frac{0.3 \times 1 \times (171.5 - (0.8 \times 85.75))}{1.25} = 24.6KN \quad 4.53 kN \leq 24 kN \quad (\text{vérifiée})$$

$$V_R = 24.6 kN$$

5.8 Assemblage traverse-traverse :

5.8.1. Figure Assemblage traverse-traverse;

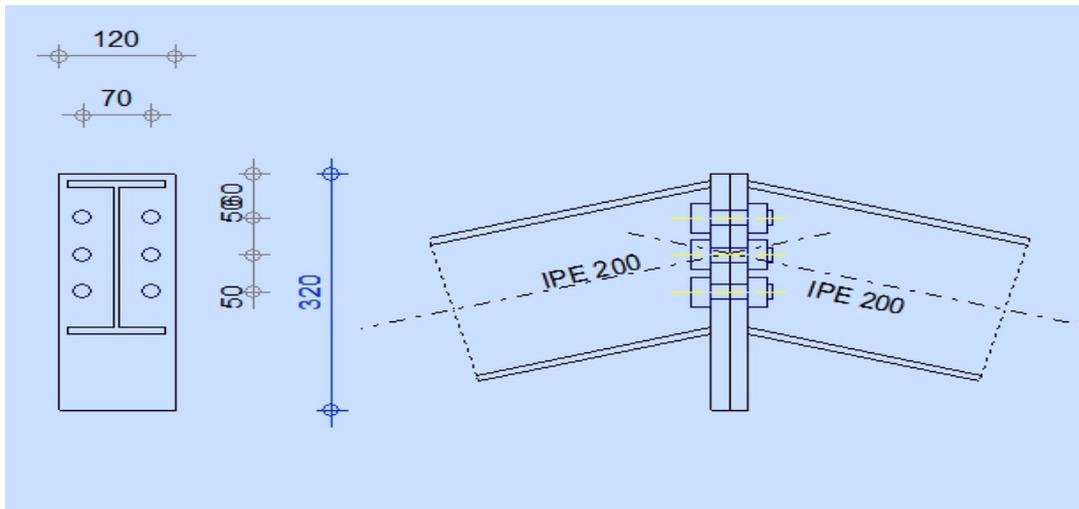


Assemblage traverse-traverse

TRAVERSE – TRAVERSE : IPE 200

L'assemblage traverse – traverse est réalisé par l'intermédiaire d'une platine boulonnée.

L'assemblage du faitage peut être réalisé en usine, hors chantier, permettant ainsi des économies.



On choisit des boulons de classe 10.9

Nombre de boulons = 6

Traverse : IPE 200,

$$M_{sd} = 29.62 \text{ KN.m}$$

$$N_{sd} = 64.23 \text{ KN.}$$

Assemblage forme de deux files de 3 boulons HR 10.9 $\varnothing=20\text{mm}$

$$F_p = 0.7 \times f_{ub} \times AS = 0.7 \times 1000 \times 10^{-3} \times 245 = 171.5 \text{ KN}$$

5.8.2 Résistance d'un boulon à l'interaction cisaillement-traction :

Il faut vérifier que : $F_{y;sd} \leq F_{VR} = \frac{K\mu n (F_p - 0.8F_{t;sd})}{\gamma_{Ms}}$

Avec : $\mu = 0,3$; $KS = 1$; $\gamma_{Ms} = 1,25$; $n = 2$.

$$F_p = 0.7 \times f_{ub} \times AS = 0.7 \times 1000 \times 10^{-3} \times 245 = 171.5 \text{ KN}$$

$$F_{y;sd} = \frac{N}{2} = \frac{171.5}{2} = \mathbf{85.75 \text{ KN}}$$

- Effort de cisaillement sollicitant par boulon

$$F_{t;sd} = \frac{V_{sd}}{2} = 00$$

$$V_{sd} = 10 \cdot 27.27 = 2.72 \text{ KN}$$

- Effort résistant de l'interaction cisaillement-traction sollicitons

$$F_{VR} = \frac{K \times 0.3 \times n (64.4 - 0.8 \times 0)}{1.25} \quad F_{y;sd} = 2.72 \text{ KN} < F_{VR} = 12.96 \text{ KN (vérifiée)}$$

5.8.3 Vérification au poinçonnement :

Il faut vérifier que :

$$\mathbf{B_{prd} > F_{t;sd}}$$

$$B_{prd} = 0.6\pi \times d_m \times t_p \times \frac{f_u}{\gamma_{Mb}}$$

$$d_m = 23.7 \text{ mm}$$

$$t_p = 16 \text{ mm} \quad ; f_u = 360 \text{ Mpa} ;$$

$$D'o\grave{u} : B_{prd} = 0.6 \times 3.14 \times 23.7 \times 16 \times \frac{360}{1.25}$$

$$\text{Donc : } B_{prd} = 205.750 \text{ KN} \geq Ft.sd = 23.6 \text{ KN} \quad (\text{v\u00e9rifi\u00e9e})$$

5.8.4 V\u00e9rification des tiges d'ancrage ;

L'effort admissible par tige est donn\u00e9 par la formule suivante :

$$N_a = 0.1 \left(1 + \frac{7g_c}{1000} \right) \frac{\Phi}{\left(1 + \frac{\Phi}{d_1} \right)} (l_1 + 6.4r + 3.5l_2) \leq \left(\frac{N}{8} \right) = \frac{7892}{8} = 986.5 \text{ daN}$$

N : l'effort de soul\u00e8vement d\u00f9 aux efforts sismiques sous la combinaison

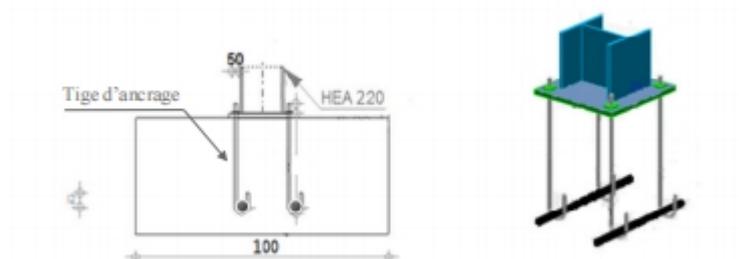
g_c : dosage en ciment du b\u00e9ton $g_c = 350 \text{ kg/m}$

$$I_1 = 20 \emptyset \quad I_2 = 2\emptyset \quad r = 3 \emptyset$$

$$15.94 \emptyset^2 - 8.22 \emptyset - 986.5 \geq 0$$

$$\sqrt{\Delta} = 250.93 \quad \emptyset_1 = 15.75 \text{ mm} \quad \emptyset_2 = -7.61$$

$$\text{Alors } \emptyset = 30 \text{ mm}$$



CHAPITRE 6 : FONDATION

CHAPITRE 6 : FONDATION

6.1 Introduction

Les fondations d'une construction sont constituées par les parties de l'ouvrage qui sont en contact avec le sol , ils transfèrent la charge de la superstructure au sol .

6.2 Choix des fondations ;

-Sélectionnez le type de base en fonction de trois paramètres :

- La nature et le poids de la superstructure.
- La qualité et la quantité des charges appliquées sur la construction
- La qualité du sol de fondation.

-Caractéristiques du sol=0.2MPa)

6.3 Caractéristique des matériaux

6.3.1 Béton

Résistance caractéristique de calcul $F_{c28} = 25$ MPA

✓ **Sous action normales**

$$\delta b = 0.85 * f_{c28} / \gamma_b = 0.85 * 25 / 1.5 = 14.16 \text{ MPA}$$

$$f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 0.6 + 0.06 * 25 = 2.1 \text{ MPA}$$

✓ **État limite de service**

$$\delta b = 0.6 * 25 = 15 \text{ MPA}$$

✓ **Sollicitations sous actions accidentelles**

$$\delta b = 0.85 * \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 0.85 * \frac{25}{1.15} = 18.47 \text{ MPA}$$

6.3.2 Acier

✓ Sollicitation sous actions normales

$$\delta_s = \frac{F_e}{\gamma_s} = \frac{360}{1.15} = 313.04 \text{ MPA}$$

✓ État limite de service

$$\delta_s = \frac{2}{3F_e} = \frac{2}{3} * 360 = 240 \text{ MPA}$$

✓ Sollicitation sous actions accidentelles

$$\delta_s = 360 \text{ MPA}$$

6.4 Dimensionnement des fondations ;

• Sollicitation maximales:

	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	5,35	4,35	29,73	0,00	60,28	0,20

$$N_{sd} = 24.52 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = 0.2 \text{ KN}$$

$$\delta_s = 2 \text{ bar} = 0.2 \text{ MPA}$$

$$A/B = a/b$$

$$\delta_{sol} = \frac{N_{sd}}{A*B}$$

$$A*B \geq \frac{N_{sd}}{\delta_{sol}} = \frac{2452}{2000} = 1.22 \text{ m}$$

$$A*B \geq 1.22 \quad A \geq 1.2 \text{ m}$$

On prend semelle carrée $A = B = 1.5 \text{ m}$

6.4.1 Calcul de la hauteur de la semelle

La hauteur de la semelle est : $ht = d+5$

$$d > \frac{B-b}{4} \quad b=0.22 \text{ (HEA220)}$$

$$d > \frac{1.5-0.22}{4} = 0.32 \text{ m}$$

$$ht = 32+5 = 37 \text{ cm}$$

6.5 Vérification de la stabilité

$$A \geq 6 e$$

e: excentricité

$$e = M_{sd}/N_{sd} = 0.2/24.52 = 0.0081$$

$$6 e = 6*0.0081 = 0.04 \text{ m}$$

$$A \geq 6 e$$

6.6 Ferrailage de la semelle isolée

$$e = 0.04 \text{ m} < B/6 = 0.25$$

$$a = 21 \text{ cm} \quad b = 22 \text{ cm}$$

$$A_a = \frac{N_{sd}*(A - a)}{8*d * \sigma_{St}}$$

$$A_a = \frac{24.52*(1.5 - 0.21)}{8*0.32 * 313 * 10^{-3}} = 3.9 \text{ cm}$$

$$B_b = \frac{N_{sd} * (B - b)}{8 * d * \sigma_{St}}$$

$$B_b = \frac{24.52 * (1.5 - 0.22)}{8 * 0.32 * 313} = 3.9$$

On prend un ferrailage de 6T12 = 6.8 cm²

6.7 Calcule l'espace des cadres ;

$$S_t \leq \text{Min} (20\text{cm}, 15\phi) \Rightarrow S_t \leq \text{min} (20\text{cm}, 15 \times 1.2)$$

$$S_t \leq \text{Min} (20\text{cm} ; 18\text{cm})$$

On adopte : $S_t = 15\text{cm}$

CONCLUSION GENERALE

Ce travail comprend l'étude et la détermination d'un hangar de fabrication conçu de manière conventionnelle. Après avoir défini les charges agissant sur la structure, les poteaux, poutres de sable, supports, pannes, poteaux et rails de bardage en tant qu'éléments structurels sont dimensionnés.

Ce dimensionnement passe par l'assemblage de chaque élément, à savoir la structure. D'une part, des calculs et des vérifications précis et rigoureux sont requis, ainsi que des définitions précises de divers détails structurels.

La structure est modélisée par le logiciel ROBOT.

Au terme de ce projet, qui était pour nous la première expérience dans ce vaste domaine, il a acquis nos valeurs très importantes et a pu faire le premier pas pour ma future carrière.

Références bibliographique

- Règlement Neige et Vent « R.N.V 99 version 2013 » (D.T.R.C 2-4.7)

MINISTERE DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME, (Algérie)

- charges et surcharges (D.T.R.C 2.2) **MINISTERE DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME,(Algérie)**

- Règles de conception et de calcul des structures en acier « EUROCODE 3 » **MINISTERE DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME,(Algérie)**

- Règles parasismiques algériennes « RPA 99 version 2003 » **MINISTERE DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME, (Algérie)**

Cours de 1ère année master : structures métalliques **(Mr Fellah).**

Cours de 1ère année master : construction mixte acier-béton **(Mr Tine).**

Annexe

Annexe 1 :(Chapitre II étude climatique)

- *Charge climatique :*

A.1 Neige

L'annexe I donne la zone à considérer pour chaque commune du pays.

La valeur de S_k en kN/m^2 est déterminée par les lois de variation suivantes en fonction de l'altitude H (par rapport au niveau de la mer) en m du site considéré et représentées graphiquement sur la figure 3.

$$\text{Zone A} \quad S_k = \frac{0.07.H + 15}{100}$$

$$\text{Zone B} \quad S_k = \frac{0.04.H + 10}{100}$$

$$\text{Zone C} \quad S_k = \frac{0.0325.H}{100}$$

Zone D pas de charge de neige. Dans cette région, une charge représentant l'ensablement des terrasses, telle que définie au paragraphe 7, sera prise en compte.

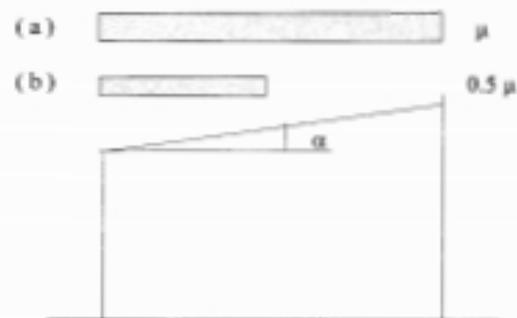


Figure 4 : Coefficient de forme - toitures à un versant

(α) angle du versant par rapport à l'horizontale (en $^{\circ}$)	$0 \leq \alpha \leq 30^{\circ}$	$30^{\circ} < \alpha < 60^{\circ}$	$\alpha \geq 60^{\circ}$
coefficient μ	0.8	$0.8 \left(\frac{60 - \alpha}{30} \right)$	0.0

Tableau 1: Coefficients de forme - toitures à un versant

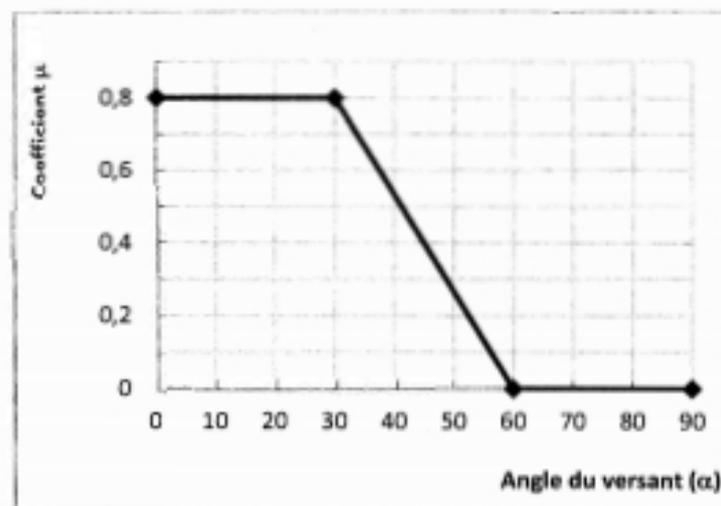


Figure 5 : coefficient de forme des toitures à 1 versant

A.2- Vent :

Zone	$q_{réf}$			
	K_T	z_0 (m)	z_{min} (m)	ϵ
0 Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer	0,156	0,003	1	0,38
I Lacs ou zone plate et horizontale à végétation négligeable et libre de tous obstacles.	0,170	0,01	1	0,44
II Zone à végétation basse telle que l'herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur.	0,190	0,05	2	0,52
III Zone à couverture végétale régulière ou des bâtiments, ou avec des obstacles isolés séparés d'au plus 20 fois leur hauteur (par exemple des villages, des zones suburbaines, des forêts permanentes).	0,215	0,3	5	0,61
IV Zones dont au moins 15% de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieure à 15 m.	0,234	1	10	0,67

Tableau 2.4 : Définition des catégories de terrain

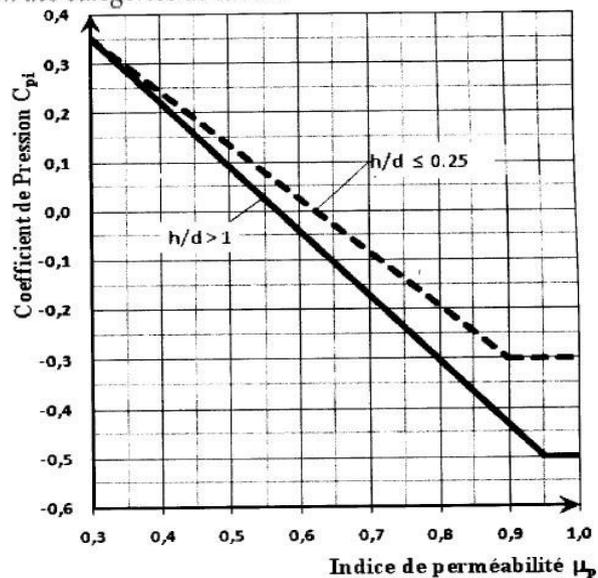


Figure 5.14 : Coefficients de pression intérieure C_{pi} des bâtiments sans face dominante

Annexe 2

Chapitre III : Vérification des éléments secondaire

- *Déversement en flexion simple (cour licence)*

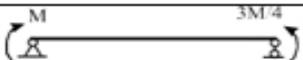
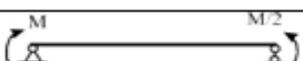
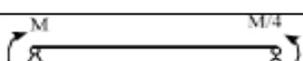
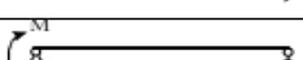
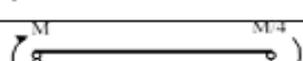
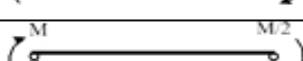
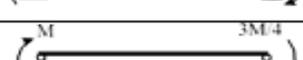
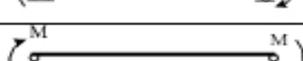
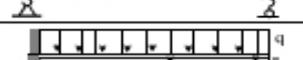
Chargement et condition d'appuis	K = 1			K = 0,5			K = 2,0		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
	1,000		1,000	1,000	--	1,144			
	1.141	--	0.998	1.305	--	2.283			
	1.323	--	0.992	1.514	--	2.271			
	1.563	--	0.977	1.788	--	2.235			
	1.879	--	0.939	2.150	--	2.150			
	2.281	--	0.855	2.609	--	1.957			
	2.704	--	0.676	3.093	--	1.546			
	2.927	--	0.366	3.348	--	0.837			
	2.752	--	0.000	3.149	--	0.000			
	1.132	0.459	0.525	0.972	0.304	0.980			
	1.285	1.562	0.753	0.712	0.652	1.070			
	1.365	0.553	1.730	1.070	0.432	3.050			
	1.565	1.267	2.640	0.938	0.715	4.800			

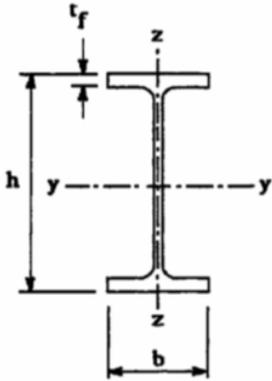
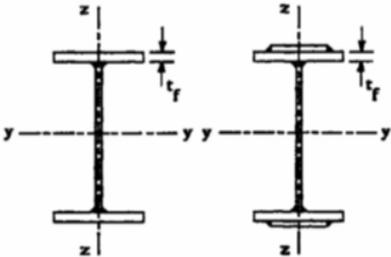
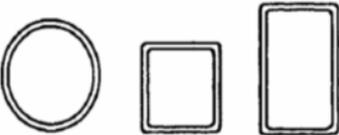
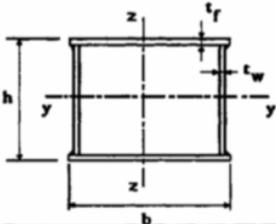
Tableau 1 : Coefficients C₁, C₂ et C₃ pour différentes valeurs de k

- Flambement (cour licence)

Tableau 2 : Coefficients de réduction

$\bar{\lambda}$	Coefficient de réduction γ			
	Courbe a	Courbe b	Courbe c	Courbe d
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235
0,4	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504
0,5	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793
0,6	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100
0,7	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431
0,8	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797
0,9	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208
1,0	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671
1,1	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189
1,2	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762
1,3	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385
1,4	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055
1,5	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766
1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920
2,0	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
2,1	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630
2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302
2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
2,9	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937
3,0	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

Tableau 5.5.3 Choix de la courbe de flambement correspondant à une section

Type de Section	limites	axe de flambement	courbe de flambement
Sections en I laminées 	$h / b > 1,2 :$ $t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	a b
	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
	$h / b \leq 1,2 :$ $t_f \leq 100 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
	$t_f > 100 \text{ mm}$	y - y z - z	d d
Sections en I soudées 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y - y z - z	c d
Sections creuses 	laminées à chaud	quel qu'il soit	a
	formées à froid - en utilisant f_{yb}^*	quel qu'il soit	b
	formées à froid - en utilisant f_{ya}^*	quel qu'il soit	c
Caissons soudés 	d'une manière générale (sauf ci-dessous)	quel qu'il soit	b
	Soudures épaisses et $b / t_f < 30$ $h / t_w < 30$	y - y z - z	c c
Sections en U, L, T et sections pleines 		quel qu'il soit	c

*) Voir 5.5.1.4 (4) et figure 5.5.2

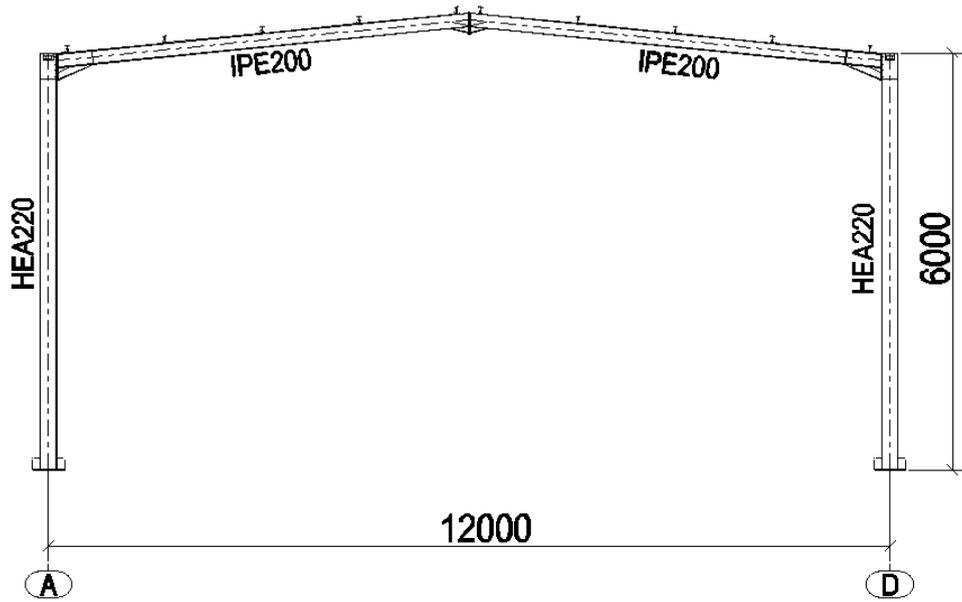
Annexe 4

Chapitre VI : étude de fondation

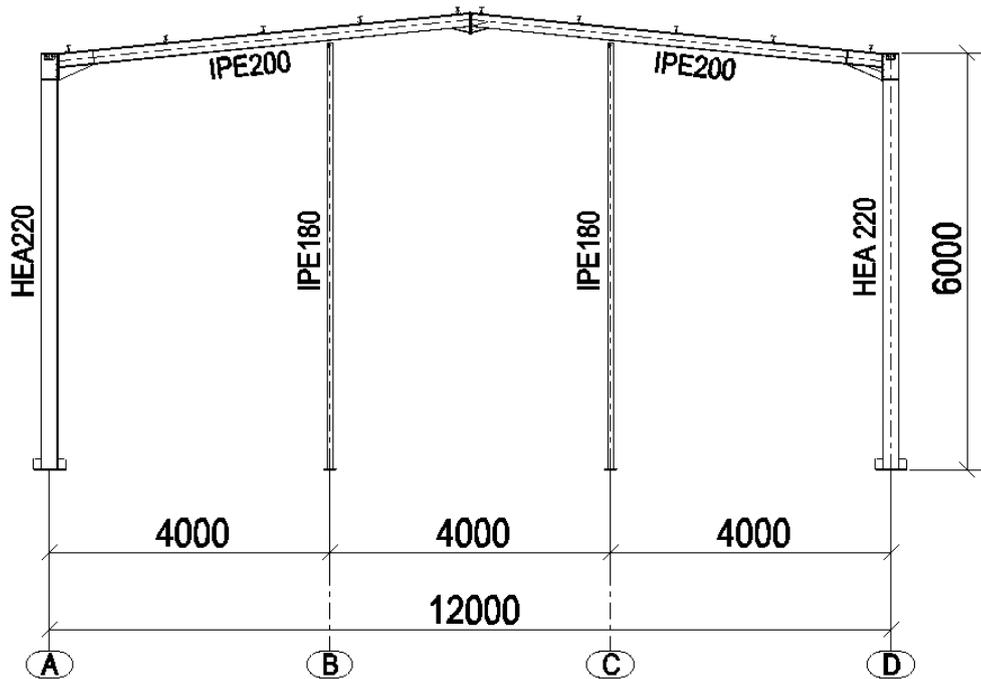
Φ (mm)	5	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
1	0,20	0,28	0,50	0,79	1,13	1,54	2,01	3,14	4,91	8,04	12,57
2	0,39	0,57	1,01	1,57	2,26	3,08	4,02	6,28	9,82	16,08	25,13
3	0,59	0,85	1,51	2,36	3,39	4,62	6,03	9,42	14,73	24,13	37,7
4	0,79	1,13	2,01	3,14	4,52	6,16	8,04	12,57	19,64	32,17	50,27
5	0,98	1,41	2,51	3,93	5,65	7,72	10,05	15,71	24,54	40,21	62,83
6	1,18	1,70	3,02	4,71	6,79	9,24	12,06	18,85	29,45	48,25	75,40
7	1,37	1,98	3,52	5,50	7,92	10,78	14,07	21,99	34,36	56,30	87,96
8	1,57	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	25,13	39,27	64,34	100,53
9	1,77	2,54	4,52	7,07	10,18	13,85	18,10	28,27	44,18	72,38	113,10
10	1,96	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	31,42	49,09	80,42	125,66
11	2,16	3,11	5,53	8,64	12,44	16,93	22,12	34,56	54,00	88,47	138,23
12	2,36	3,39	6,03	9,42	13,57	18,47	24,13	37,70	58,91	96,51	150,80
13	2,55	3,68	6,53	10,21	14,70	20,01	26,14	40,84	63,81	104,55	163,36
14	2,75	3,96	7,04	11,00	15,38	21,55	28,15	43,98	68,72	112,59	175,93
15	2,95	4,24	7,54	11,78	16,96	23,09	30,16	47,12	73,63	120,64	188,50
16	3,14	4,52	8,04	12,57	18,10	24,63	32,17	50,27	78,54	128,68	201,06
17	3,34	4,81	8,55	13,35	19,23	26,17	34,18	53,41	83,45	136,72	213,63
18	3,53	5,09	9,05	14,14	20,36	27,71	36,19	56,55	88,36	144,76	226,20
19	3,73	5,37	9,55	14,92	21,49	29,25	38,20	59,69	93,27	152,81	238,76
20	3,93	5,65	10,05	15,71	22,62	30,79	40,21	62,83	98,17	160,85	251,33

Section en cm² de N armatures de diamètre Φ (mm)

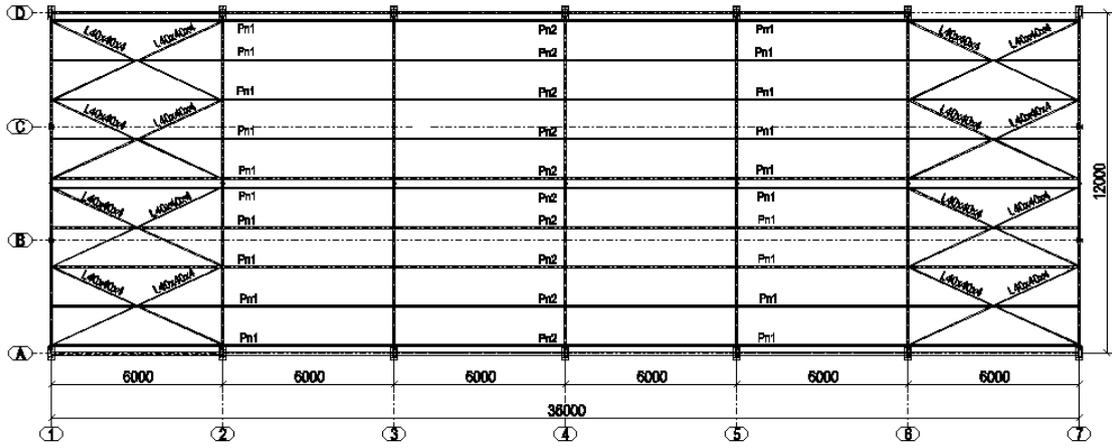
PORTIQUE AXES 2 A180



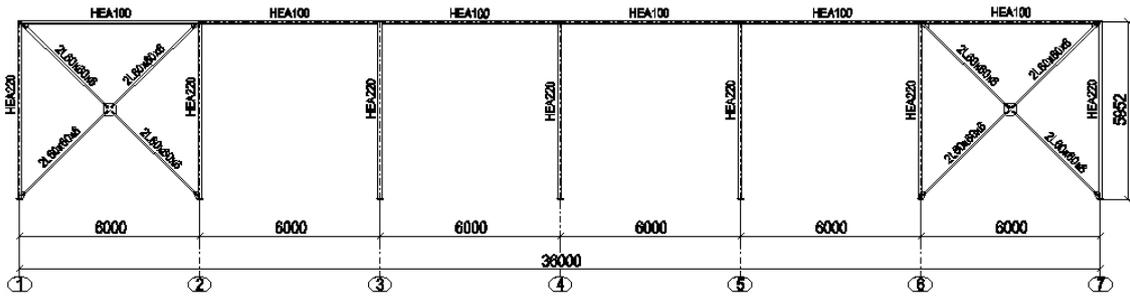
ELEVATION PIGNON B0



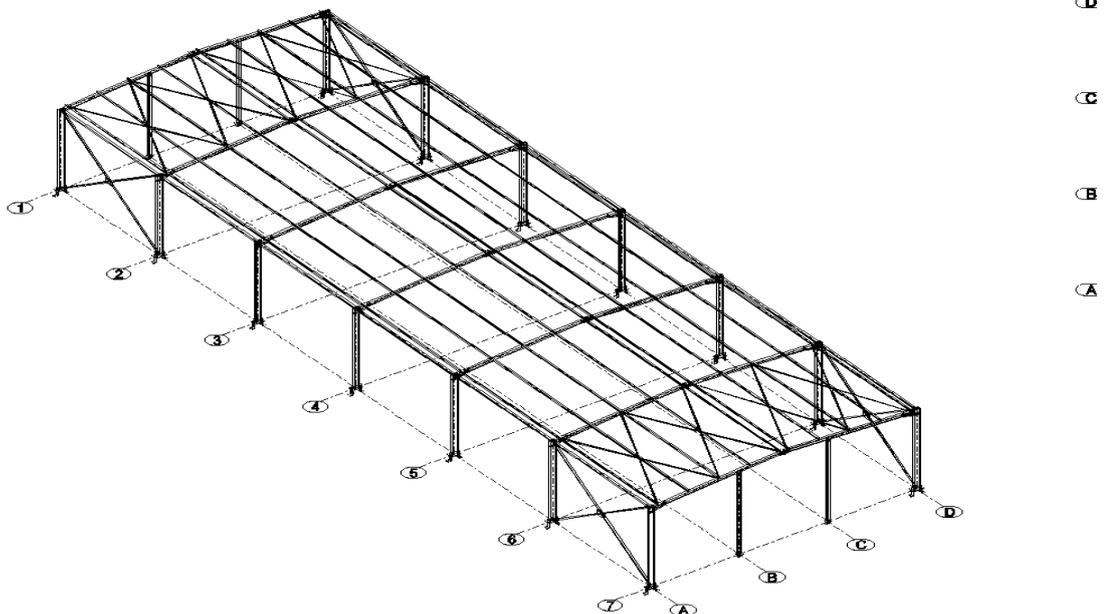
PLAN DE TOITURE80



PLAN DE STABILITE40



PERSPECTIVE80



CONTREVENTEMENT DE TOITURE -

