

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE EPOPULAIRE
MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR



LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITÉ KASDI MERBAH



Faculté des sciences appliquées

Département de : Génie Civil et Hydraulique

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière : Génie Civil.

Spécialité : Structure.

Présenté Par :

❖ BOUKELBA Souha

❖ HAMMI Amina

Thème :

Etude d'un bâtiment R+1 en charpente métallique à usage de bureaux

Soutenu publiquement le :

Devant le jury composé de :

CHAHED Ali Haider

MCB (UKM Ouargla)

Président

AKCHICHE Hamida

MAA (UKM Ouargla)

Examinatrice

ABDELJOUAD Lokmane

MCB (UKM Ouargla)

Encadreur

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Tout d'abord je remercie Dieu le Tout Puissant qui m'a accordé la force pour réaliser ce projet et le courage de vous le présenter.

Mes sincères remerciement et reconnaissance pour Mr ABDELJOUAD **mon encadreur** qui m'a guidé durant la préparation de mon mémoire et qui m'a accordé tout le temps et les instructions nécessaires pour accomplir ce travail, à qui je serai toujours reconnaissante.

Aux membres du jury : qui j'espère seront satisfaits de mon travail.

A tous mes professeurs chacun en son nom, je vous remercie du fond du cœur pour votre dévouement et pour vos conseils, sans vous je ne serai jamais arrivés la où on est aujourd'hui devant vous présentant le projet qui va nous transporter vers une nouvelle partie de notre vie et qui constituera tout notre avenir

A toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

DEDICACE

Je dédie ce travail sûrement au premier lieu à mes chers parents,
Au plus beau et merveilleux papa au monde, mon très cher papa qui m'a toujours poussé pour aller de l'avant avec ses conseils tantôt avec patience et tantôt sévèrement mais qui ont toujours servi et qui m'ont mené là où je ne croyais jamais pouvoir arriver.

♥merci papa et je t'aime très fort♥

A ma maman chérie qui m'a comblée d'amour et de tendresse et qui a rendu les choses les plus difficiles sembler bien plus simple que je ne le croyais.

♥Je t'aime ma maman♥

A la personne qui je n'oublierai jamais le soutien qu'elle m'a procurée et qui a toujours été la pour m'aider révé de ma vie SALLAH ADDIN qui je ne remercierai jamais assez. Merci pour tout.

A mes frère et sœurs ABRAR, AFNANE , IBTIHAL , et MAMMAR , et qui je leurs souhaitent pleins de succès et de réussites dans la vie

A mes grands parents qui m'ont aidé avec leurs prières et que DIEU les gardes pour nous.

A mes camarades de la promo **Construction Métallique** chacun en son nom.

je dédie ainsi cet humble travail à mes professeurs du département de Génie Civil en souhaitant qu'on ait été à la hauteur de ce qu'ils attendaient de nous.

DEDICACE

A la source de tendresse qui ne s'épuise pas à celle qui m'a porté alors qu'ils étaient faibles, et à celle qui est restée éveillée toute la nuit pour me faire bien dormir, à ma chère mère, que dieu prolonge sa vie et que dieu la préserve elle pour nous, je lui dédie le fruit de mes efforts.

A celui qui m'a appris et m'a donné une personnalité hors du commun et n'a pas lésiné sur moi de ses conseils, à celui qui a beaucoup fait pour nous rendre heureux, à mon cher père, que dieu le protège et prolonge sa vie.

A mes chers frères, que dieu les protège pour moi et leur accorde le succès, à ma famille sans exception.

A mon soutien et compagnon, ISHAK que dieu vous bénisse.

Cette note était le résultat de mes efforts il y a cinq ans, et maintenant j'annonce ma graduation, et remercie dieu toujours et pour toujours.

Liste des notations

Les principales notations utilisées sont les suivants :

Majuscules latines :

A : Section brute d'une pièce (m^2).

A_{net} : Section nette d'une pièce (m^2).

A_w : Section de l'âme (m^2).

A_v : Aire de cisaillement (m^2).

C_t : Coefficient de topographie.

C_r : Coefficient de rugosité.

C_{p,net} : Coefficient de pression nette.

C_e : Coefficient d'exposition.

C_d : Coefficient dynamique.

E : Module d'élasticité longitudinale de l'acier ($E=2,1*10^5$ MPa).

F : Force en générale (daN).

G : Module d'élasticité transversale de l'acier ($G=81000$ MPa).

G : Charge permanente (daN).

I : Moment d'inertie (cm^4).

k₀ : Coefficient de flambement.

K_t : Facteur de terrain.

L : Longueur (m).

M : Moment de flexion (daN.m).

M_{sd} : Moment fléchissant sollicitant(daN.m).

M_{Rd} : Moment résistant par unité de longueur dans la plaque d'assise (daN.m).

M_{pl} : Moment plastique (daN.m).

M_{b,Rd} : Moment de la résistance au déversement (daN.m).

N_{pl,Rd} : Effort normal de la résistance plastique de la section transversale brute (daN).

$N_{b,Rd}$: Effort normal d'un élément comprimé au flambement (daN).

N_{sd} : Effort normal sollicitant (daN)

$N_{t,sd}$: Effort normale de traction(daN) .

$N_{c,sd}$: Effort normal de compression (daN).

$N_{c,Rd}$: Valeur de calcul de la résistance de la section transversale à la compression (daN).

Q : Charge d'exploitation (daN).

P : poids de la structure (Kg).

R : Coefficient de comportement de la structure.

S: La charge de la neige (daN/m²).

S_k: La charge de neige sur sol (daN/m²).

V_{sd}: Valeur de calcul de l'effort tranchant (daN).

V_{réf} : Vitesse de référence du vent.

W_{pl} : Module de résistance plastique.

W : Pression aérodynamique.

W : Poids de la structure (daN).

Minuscules latines :

f : La flèche (cm).

f_y: Limite d'élasticité (MPa).

h : Hauteur d'une pièce (m).

L: Longueur d'une pièce (Poutre, Poteau) (m).

l_f: Longueur de flambement (m).

q_{réf} : Pression dynamique moyenne de référence (N/m²).

q_p : Pression dynamique de pointe (N/m²).

t : Épaisseur d'une pièce (mm).

t_f : Épaisseur d'une semelle de poutre (mm).

t_w : Épaisseur de l'âme de poutre (mm).

Z : Hauteur au-dessus du sol (m).

Z_0 : Paramètre de rugosité (m).

Z_{eq} : Hauteur équivalente (m).

Minuscules grecques :

$\chi\chi$: Coefficient de réduction pour le mode de flambement approprié.

β_w : Facteur de corrélation.

γ_M : Coefficient de sécurité.

λ : Élancement.

λ_{LT} : Élancement de déversement.

ϕ_{LT} : Rotation de déversement.

r : Contrainte limite de cisaillement en élasticité.

s : Coefficient de réduction élastique de l'acier.

σ_a : Contrainte de l'acier (MPa).

σ_b : Contrainte du béton (MPa).

ξ : Pourcentage d'amortissement critique.

η : Facteur de correction d'amortissement.

δ_{ek} : Déplacement dû aux forces sismiques (cm).

μ : coefficient de forme de la charge de neige.

Sommaire

<i>Sommaire</i>	
Dédicaces	
Remerciements	
Notations.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Résumé.....	
Introduction générale.....	01

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I.1 presentation du projet	03
I.2 donnees geometri ques du projet	03
I.2 materiaux utilises	04
I.3.1 Le béton armé	04
Le béton	04
B.Acier.....	05
I.1. reglements techniques	06

CHAPITRE II : EVALUATION DES CHARGES ET SURCHARGES

II.1. Charge permanente.....	08
II.2. Surcharge d'exploitation	08
II.3. Charge climatique	08
C. Charges climatiques	08
c.1. Neige	08
c.2. Le vent.....	08
II.4. Vérification aux frottements	13
II.5. Conclusion	13

Chapitre III: Dimensionnement des éléments secondaires

III.1. Introduction.....	15
--------------------------	----

III.2. Calcul des pannes de couverture	15
III.2.1. Principe de calcul	15
III.2.2. Les charges à prendre en considération	16
a. Charges permanentes (G)	16
b. Charges d'entretien (Q)	16
c. Action du sable (S)	16
d. Action du vent (W)	16
III.2.3. Décomposition les charges.....	16
III.2.3.1. Selon Z-Z.....	16
III.2.3.2. Selon Y-Y.....	17
III.2.4. Combinaison les charges	17
III.2.4.1. Combinaison ELU (Z-Z)	17
III.2.4.2. Combinaison ELU (Y-Y)	17
III.2.4.3. Combinaison ELS (Z-Z)	17
III.2.4.4. Combinaison ELS (Y-Y)	17
III.2.5. Vérification de la flèche à l'ELS.....	17
III.2.6. Vérification de la résistance à l'ELU	17
III.2.6.1. Vérification à la flexion déviée	17
III.2.6.2. Vérification au cisaillement	18
III.2.6.3. Vérification au déversement.....	18
III.3. Calcul des L'échantignole	19
III.4. Calcul des potelets	20
III.4.1. Les charges à prendre en considération	21
III.4.2. Pré-dimensionnement du potelet	21
III.4.3. Vérification de la section à la résistance.....	21
III.4.4. Vérification de la section à l'effort normale	21
III.4.5. Vérification de l'élément à la résistance	22
III.4.5.1 Vérification à la flexion composée avec risque de flambement.....	24
III.4.5.2 Vérification à la flexion composée avec risque de déversement.....	24
III.4.6. Vérification au flambement	24
III.4.7. Vérification au déversement.....	24
III.5. Calcul des contreventements.....	24
III.5.1. Les contreventements horizontaux.....	24
III.5.1.1. Les charges à prendre en considération.....	24
III.5.1.2. Calcul des réactions.....	24

III. 5.1.3. Vérification de la résistance à l'ELU.....	24
III. 5.1.3.1. Vérification à la flexion composée déviée.....	24
III. 5.1.3.2 Vérification de la section à la résistance.....	25
III. 5.1.3.3Vérification de la section à l'effort normale.....	25
III.6. Calcul des structures acier se robot.....	Annexe
III.6.1 type d'analyse	Annexe
III.6.1.1 famille	Annexe
III.6.1.2 piece.....	Annexe
III.6.2 chargements.....	Annexe
III.6.2.1 cas de charge décisif.....	Annexe
III.6.3 materiau.....	Annexe
III.6.4 parametres de la section.....	Annexe
III.6.5 efforts internes et resistances ultimes.....	Annexe
III.6.6 parametres de deversement.....	Annexe
III.6.7 Parametres de flambement.....	Annexe
III.6.8 Formules de verification	Annexe
III.6.8.1 Contrôle de la résistance de la section.....	Annexe
III.6.8.2 Contrôle de la stabilité globale de la barre.....	Annexe

CHAPITRE IV:Etude des éléments structuraux

IV.1. Calcul Les poteaux	27
IV.1.1 Les charges à prendre en considération	27
IV.1.2 Pré-dimensionnement du poteau	27
IV.1.3 Vérification de la section à la résistance	27
IV.1.4 Vérification de la section à l'effort normale	27
IV.1.5 Vérification de l'élément à la résistance	28
IV.5.1. Vérification à la flexion composée avec risque de flambement.....	28
IV.5.2 Vérification à la flexion composée avec risque de déversement.....	28
IV.5.3. Vérification au flambement	30
IV.5.4 Vérification au déversement	30
IV.2. Calcul Les poutres.....	30
IV.2.1 Vérification de la flèche à l'ELS.....	30
IV.2.2 Vérification de la résistance à l'ELU.....	30
IV.2.3 Vérification au cisaillement.....	31
IV.2.4 Vérification au déversement	31
IV.3. Calcul des structures acier se robot.....	Annexe

IV.3.1 Type d'analyse.....	Annexe
IV.3.1.1 Famille	Annexe
IV.3.1.2 Piece.....	Annexe
IV.3.2 Chargements.....	Annexe
IV.3.2.1 Cas de charge décisif	Annexe
IV.3.3Materiau.....	Annexe
IV.3.4 Parametres de la section.....	Annexe
IV.3.5 Efforts internes et resistances ultimes.....	Annexe
IV.3.6 Parametres de deversement.....	Annexe
IV.3.7 Parametres de flambement.....	Annexe
IV.3.8 Formules de verification.....	Annexe
IV.3.8.1 Contrôle de la résistance de la section.....	Annexe
IV.3.8.2 Contrôle de la stabilité globale de la barre.....	Annexe

Chapitre V : Étude des Assemblages

V.1 Introduction	34
Assemblage poteau.....	34
Assemblage poutre.....	47
Composant le plus faible.....	53

CHAPITRE VII: Calcule des fondations

1.1.1 Principes.....	56
1.1.2 Géométrie.....	56
1.1.3 Matériaux.....	57
1.2 Dimensionnement géotechnique.....	57
1.2.1 Principes.....	57
1.2.2 Sol.....	57
1.2.3 États limites.....	58
1.3 Dimensionnement Béton Armé.....	61
1.3.1 Principes.....	61
1.3.2 Analyse du poinçonnement et du cisaillement Poinçonnement.....	61
1.3.3 Ferrailage théorique.....	62
1.3.4 Ferrailage réel.....	62
2.3.1 Semelle isolée.....	62

2.3.2 Fût.....	63
2 Quantitatif	63
CONCLUSION.....	65
Références Bibliographiques	67
Mémoires	67
Annexe.....	

Liste des tableaux

Chapitre I: Généralités

Tableau II.01 : Valeurs nominales des F_y des aciers d'armatures.

Tableau II.02 : Caractéristiques mécaniques de l'acier.

Tableau II.03 : Caractéristiques de la tôle.

Tableau II.04 : Les différents règlements utilisés dans les calculs.

Chapitre II : Evaluation des charges

Tableau II.01 : Données du site.

Tableau II.02 : Pressions dues au vent sur parois verticales (sens V1 V3).

Tableau II.03 : Pressions dues au vent sur parois verticales (sens V2 V4 variante 1).

Tableau II.04 : Pressions dues au vent sur parois verticales (sens V2 V4 variante 2).

Chapitre III : Dimensionnement des éléments secondaires

Tableau III.01 : Caractéristiques du profilé IPE140 de la panne.

Tableau III.02: Caractéristiques du profilé l'IPE 200.

Chapitre IV : Etude des éléments structuraux

Tableau IV.01: Caractéristiques du profilé IPE300 de la poteaux.

Tableau IV.02: Caractéristiques du profilé IPE240 de la poteaux.

Chapitre V : Étude des Assemblages

Tableau V.01: longueurs efficaces et parametres - semelle du Poteau

Tableau V.02: longueurs efficaces et parametres - platine d'about

Tableau V.03: resistance de la rangee de boulons n° 1

Tableau V.04: resistance de la rangee de boulons n° 2

Tableau V.05: resistance de la rangee de boulons n° 3

Tableau V.06: resistance de la rangee de boulons n° 4

Tableau V.07: Resistance de la rangee de boulons n° 5

Tableau V.08 : tableau recapitulatif des efforts

Tableau V.09: *rigidites des rangees de boulons*

Tableau V.10: longueurs efficaces et parametres - platine d'about

Tableau V.11: resistance de la rangee de boulons n° 1

Tableau V.12: resistance de la rangee de boulons n° 2

Tableau V.13: resistance de la rangee de boulons n° 3

Tableau V.14: resistance de la rangee de boulons n° 4

Tableau V.15 :recapitulatif des efforts

Tableau V.16: rigidites des rangees de boulons

Liste des figures

Chapitre I: Généralités

Figure I.01 : Schéma représentant la structure.

Figure I.02 : Plan de masse.

Chapitre II : Evaluation des charges

Figure II.01 : sens V1 du vent sur Pignon .

Figure II.02 : sens V2 de vent sur long-pan.

Chapitre III: Dimensionnement des éléments secondaires

Figure III.01 : Cas de l'effet du vent

Figure III.02 : Cas de l'effet de neige

Figure III.03 : Espacement entre les pannes

Figure III.04 : schéma de l'échantignole.

Figure III.05 : La largeur de l'échantignole.

Chapitre V : Étude des Assemblages

Figure V.1: assemblage poteau-poutre

figure V.2 : schéma de jonction poteau-poutre

Figure V.1: assemblage poutre -poutre

Figure IV.5: schéma de jonction poutre – pouter

Figure VI.1: vue 3d de la jonction poteau-fondation

Figure VII.2 : schéma de jonction poteau-fondation.

Résumé :

Le projet porte sur l'étude et le dimensionnement d'un hangar en charpente métallique à usage bureaux dans la commune d'In Amenas, daïra d'In Amenas, wilaya de Illizi.

Après la présentation du projet, on a effectué la descente des charges qui est l'étape fondamentale pour le pré dimensionnement d'éléments porteurs qui sont vérifiés par la suite pour valider l'utilisation des profilés ou les remplacer pour assurer la sécurité structural. On a aussi calculé les planchers mixtes.

On a enfin fais les calculs des assemblages des différents éléments et le calcul des fondations. On a achevé ce mémoire par une conclusion générale.

Mots clés : Construction métallique, Etude du bâtiment, calcul neige et vent.

Summary:

The project concerns the study and sizing of a metal frame shed for office use in the town of In Amenas, daïra of In Amenas, wilaya of Illizi.

After the presentation of the project, the lowering of the loads was carried out, which is the fundamental step for the pre-sizing of the load-bearing elements which are subsequently checked to validate the use of the profiles or to replace them to ensure structural safety. Mixed floors were also calculated.

We finally made the calculations of the assemblies of the different elements and the calculation of the foundations. We end this dissertation with a general conclusion.

Keywords: Steel construction, Building study, snow and wind calculation.

ملخص

يهدف مشروعنا الى دراسة سقيفة دو هيكل معدني مكونة من طابق واحد بالاضافة الى الطابق الارضي الاستخدام المكتبي عين أمناس بولاية البزي.

قمنا بتقديم المشروع ثم تقدير الأحمال الثابتة و احمال للاستعمال الضرورية لتحديد احجام مختلف القطع المكونة للهيكل والتي يجب التأكد منها لضمان سلامة مستعملي المبنى يليها حساب الأرضية المركبة.

تمثل حساب مختلف اليات و حساب الاسس. انهي المشروع بخاتمة شاملة.

كلمات مفتاح مباني معدنية. حساب احمال الثلوج والرياح. حساب المباني المعدنية

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE:

Pour n'importe quel projet de construction, différents procédés de conception et de calculs sont utilisés, selon des normes et des codes qui doivent être respectés.

Le développement que le monde est entrain de vivre, nous pousse à innover et aller plus vite dans tous les secteurs et surtout dans le domaine du bâtiment « chercher à aller plus haut, plus rapidement et plus léger ».

L'Algérie de sa part essaye de s'accommoder avec ce développement en introduisant la charpente métallique dans ses constructions vue les bonnes caractéristiques et les multiples avantages qu'elle présente dont on peut citer :

- La grande résistance de l'acier à la traction qui permet de franchir de grandes portées.
- La bonne tenue au séisme grâce à sa bonne ductilité
- L'acier est un produit recyclable, et les structures en acier sont facilement démontables et les différents éléments peuvent être réutilisés.
- Possibilités architecturales plus étendues que le béton.

Par contre sa corrodabilité et sa fragilité vis à vis de l'eau présente un inconvénient considérable qui doit être traité de façon particulière pour éviter tout type de risque d'effondrement à cause de ces raisons.

Le projet est subdivisé en **plusieurs** chapitres présentant chacun une partie spécifique ; Dans le premier chapitre on a présenté brièvement notre projet et les différents matériaux utilisés ainsi que les différents règlements techniques, tandis que dans le deuxième on a évalué les différentes charges et surcharges du bâtiment qui serviront par la suite au pré dimensionnement des éléments secondaires dans le troisième chapitre et les éléments porteurs dans le quatrième.

Vient après l'étude des assemblages respectivement dans le cinquième chapitre, pour qu'enfin le calcul des fondations dans le sixième chapitre.

On a achevé le mémoire par une conclusion générale.

Chapitre I : *Généralités*

Chapitre I :GENERALITES

1. présentation du projet :

Le projet, objet de la présente étude consiste en «un hangar en charpente métallique composé d'un grand espace pour l'usage de bureaux».

L'ouvrage est en R+1 et la toiture est composée à un versant simple. Il ya deux accès par des portails sur la façade principale.

L'ouvrage est situé à la commune d'In Amenas, daïra d'In Amenas, wilaya de «Illizi».

La structure est d'une surface de 192.00 m², et fait 12.00 m de largeur, soit une baie de 16.00 m de longueur avec un espacement entre portiques de 4,00 m ce qui fait le total de cinq (05) portiques.

I.2. Les donnees geometriques du projet :

- ✓ La hauteur totale (au faitage) H1= 9,20 m.
- ✓ La hauteur des poteaux (à la poutre sablière) H2= 8,00 m.
- ✓ La hauteur du rez-de-chaussée H3= 4,00 m.
- ✓ La pente de versant 20%
- ✓ Epaisseur de la dalle 0,1 m
- ✓ La longueur de la structure L1= 16.00 m.
- ✓ La largeur de la structure L2= 12.00 m.

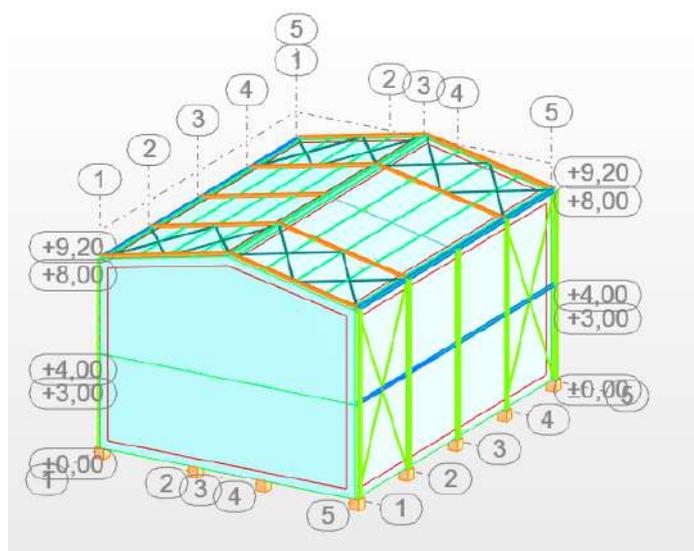


Figure I.1 : Schéma représentant la structure.

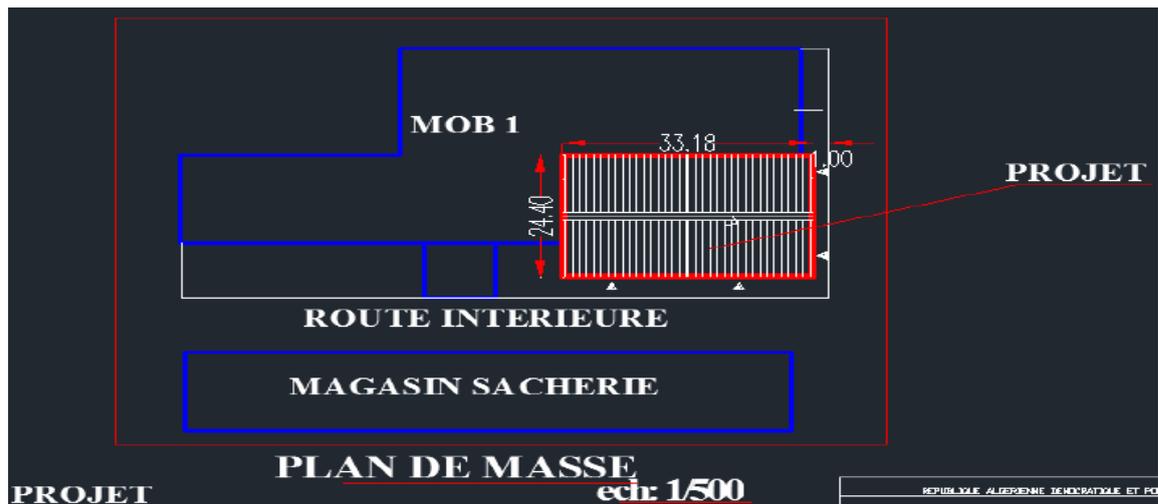


Figure I.02 : Plan de masse.

I.3. matériaux utilisés :

Dans notre structure on a utilisé deux matériaux, l'acier comme élément de structure porteuse et le béton pour les travaux d'infrastructures.

I.3.1 Le béton armé :

A. Le béton :

Pour la réalisation de l'infrastructure et les dalles, le type de ciment utilisé est le CPA caractérisé par le dosage de $350\text{Kg} / \text{m}^3$ dont les autres caractéristiques sont les suivants :

- Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}}=25\text{kg}/\text{m}^3$
- Résistance caractéristique à la compression : $f_{c28}= 25 \text{ MPa}$
- Résistance caractéristique à la traction : $f_{t28} = 2,1$

c. Aciers d'armatures :

L'acier présente une très bonne résistance à la traction, et une bonne résistance à la compression dans le cas d'élançements faibles. Si aucune précaution n'est prise il peut subir des effets de corrosion. C'est un matériau très ductile, qui peut atteindre des déformations très importantes avant rupture. Il est utilisé pour éviter la fissuration du béton sous les différentes charges.

Les caractéristiques mécaniques des différents aciers d'armatures sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Valeurs nominales des F_y des aciers d'armatures

Nuance		F_y (Mpa)
Ronds lisses	Fe220	215
	Fe240	235
Barres HA	Fe400	400
	Fe500	500

- **Acier :**
- Acier des éléments porteurs de la structure

Tableau I.2 : Caractéristiques mécaniques de l'acier

Nuance	S235
Fu	360 MPa
Fy	235 MPa
Module d'élasticité longitudinal E	210000 MPa
Module de cisaillement G	81000 MPa
Poids volumique : γ_{acier}	78,50 KN/m ³
Coefficient de poisson	0.3

- Acier de la tôle nervurée

Nuance de l'acier des tôles: $F_y = 235 \text{ MPa}$

Tableau I.3 : Caractéristiques de la tôle

Epaisseur de la tôle		Section		Position Fibre neutre		Moment D'inertie	Module de résistance	
Galvanisée	Nue	AP	MP	V_i	V_s	I_p	I_p / V_i	I_p / V_s
mm	mm	cm^2	daN/m^2	mm	mm	cm^4	cm^3	cm^3
1.00	0.96	14.35	20	34.8	25.2	70.44	22.23	30.35

I.4. Règlements techniques :

Les règlements techniques utilisés dans cette étude sont :

Tableau I.4 : Les différents règlements utilisés dans les calculs

Types de règlement	Définition
CCM 97	Calcul des structures en acier
RPA99/V2003	règles parasismiques algériennes version 2003
RNV99	règles définissant les effets de la neige et du vent
BAEL91	béton armé aux états limites
DTR BC 2.2	Charges et surcharges

*CHAPITRE II : évaluation des
charges et surcharges*

CHAPITRE II : EVALUATION DES CHARGES ET SURCHARGES

II.1. Charge permanente :

Poids propre : $PP=150 \text{ Kg/ml}$

Couverture : $G_1 = 0,2 \text{ kN/m}^2$

Faux plafond : $G_2 = 0,17 \text{ kN/m}^2$

Observations :

Pente = 20% > 10% (sans étanchéité)

Parce que la Pente < 10% (il faut ajouter l'étanchéité = 0,15 kPa)

Donc : $G_{\text{total}} = 0,37 \text{ kN/m}^2$

II.2. Surcharge d'exploitation :

Poussière : $Q_1 = 0,2 \text{ kN/m}^2$

Chéneaux : $Q_2 = 0,4 \text{ kN/m}$

Entretien : $Q_3 = 2 \text{ agents de } 0,1 \text{ kN}$

II.3. Charge climatique :

- Présentation du projet :
- Le projet est un hangar à usage de bureaux en charpente métallique se situant à daïra d'In Amenas dans la wilaya de «Illizi»..
 - Le hangar occupe une assiette de : **192 m²** avec une hauteur de **9.20m**.

- Caractéristiques géométriques de la structure :

Les caractéristiques géométriques de la structure sont les suivantes :

- ❖ Largeur $L_y=12.00 \text{ m}$.
- ❖ Longueur $L_x=16.00\text{m}$.
- ❖ Hauteur $H=9.20 \text{ m}$.
- ❖ Hauteur d'étage $H_e= 4.00\text{m}$.

- **Charges climatiques :**

c.1. Neige :

négligé dans la zone D

c.2. Le vent

- ❖ Le vent est par nature turbulent et ses effets **le sont aussi**, en termes de pressions ou de forces aérodynamiques et donc de sollicitations ou de réponses des structures.
- ❖ Le but du calcul de la pression du vent est d'évaluer l'intensité des pressions agissant sur la structure.

$$h = 5.7 \text{ m} \leq b = 12 \text{ m}$$

$$W_j = C_d \times q_p \times (C_{pe} - C_{pi})$$

$$q_p = q_{ref} \times C_e$$

$$C_e = C_t^2 \times C_r^2 \times (1 + 7I_v)$$

$$C_r = K_T \times \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (Z_{min} = 5 \text{ m} \leq Z = 5.7 \text{ m} \leq 200 \text{ m})$$

$$I_v = \frac{1}{C_t \times \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)} \quad (Z = 5.7 \text{ m} > Z_{min} = 5 \text{ m})$$

Le coefficient dynamique : $C_d = 1$ (Construction inférieure à 15 m)

$q_{ref} = 0,58 \text{ kN/m}^2$ (Zone IV)

Le coefficient de topographie : $C_t = 1$ (Site plat)

Catégorie de terrain : III

Tableau II.1 : Données du site.

Catégorie du terrain	K_t	Z_0	Z_{min}	ϵ
Zone III suburbaine(foret)	0,215	0,3	5	0,61

- K_t : Facteur de terrain.
- Z_0 : Paramètre de rugosité.
- Z_{min} : Hauteur minimale.
- ϵ : coefficient utilisé pour le calcul du coefficient C_d .
- Le coefficient dynamique C_d (Il est déterminé à l'aide des abaques 3-1 à 3-7 du RNV99).

$$C_e = 1^2 \times \left(0.215 \times \ln \left(\frac{5.7}{0.3} \right) \right)^2 \times \left(1 + 7 \left(\frac{1}{1 \times \ln \left(\frac{5.7}{0.3} \right)} \right) \right) = 1 \times 0.400 \times 3.377 = 1.35$$

$$q_p = 0.58 \times 1.35 = 0.94 \text{ kN/m}^2.$$

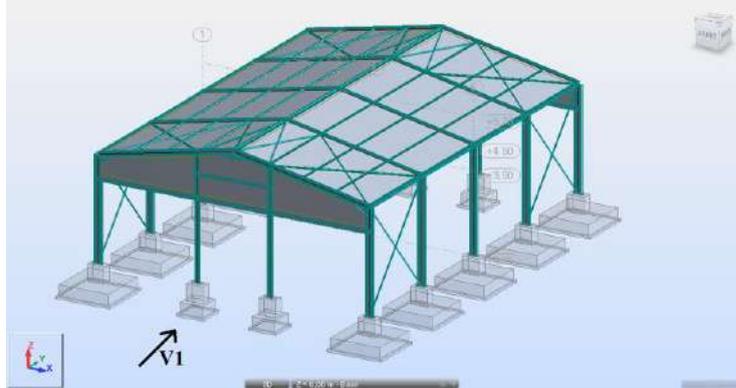


Figure II.1 : sens V1 du vent sur Pignon .

$$C_{Pe} = C_{Pe.10} (S \geq 10 \text{ m}^2)$$

$$e = \text{Min}(b; 2h) = \text{Min}(12; 2 \times 5.7) = \text{Min}(12; 11.4) = 11.4 \text{ m}$$

$$\text{Donc } d = 16 \text{ m} > e = 11.4 \text{ m}$$

$$\mu_P = \frac{(3.2 \times 4.5) + (2 \times 0.8 \times 4 \times 2)}{(3.2 \times 4.5 \times 2) + (2 \times 0.8 \times 4 \times 2)} = \frac{27.2}{41.6} = 0.65$$

$$C_{Pi} = -0.4 \left(\frac{h}{d} = \frac{5.7}{16} = 0.36 \right) \text{ Par l'interpolation}$$

Tableau II.2: Pressions dues au vent sur parois verticales (sens V1 V3).

direction v1 et v3 du vent									
	zone		C_d	$q_p(kN/m^2)$	C_{Pe}		C_{Pi}	$C_{Pe} - C_{Pi}$	W_j (kN/m^2)
pignon (av)	d		1	0.94	+0.8		-0.15	+0.95	+0.89
pignon (ar)	e				-0.3			-0.15	-0.141
long-pan	a	147.2			-1.0			-0.6	-0.564
	b				-0.8				
	c		-0.5						
toiture	f	96 m^2	-		-0.44	-0.41			
	g		1.41						
	h		-1.3						
	i		-0.6						
			-		0.59				
			-		0.15				
			-		0.59				
			-		0.59				

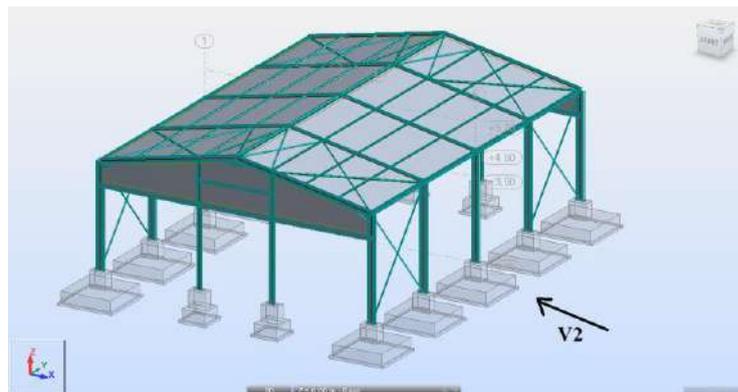


Figure II.2 : sens V2 de vent sur long-pan.

$$C_{Pe} = C_{Pe.10} (S \geq 10 m^2)$$

$$e = \text{Min}(b; 2h) = \text{Min}(16; 2 \times 5.7) = \text{Min}(16; 11.4) = 11.4 m$$

$$\text{Donc } d = 12 m > e = 11.4 m$$

$$\mu_P = \frac{(3.2 \times 4.5 \times 2) + (2 \times 0.8 \times 4)}{(3.2 \times 4.5 \times 2) + (2 \times 0.8 \times 4 \times 2)} = \frac{35.2}{41.6} = 0.85$$

$$C_{Pi} = -0.28 \left(\frac{h}{d} = \frac{5.7}{12} = 0.48 \right) \text{ Par l'interpolation}$$

Tableau II.3 : Pressions dues au vent sur parois verticales (sens V2 V4 variante 1).

Direction V2 et V4 du vent (variante 1)									
	Zone		C_d	q_p (kN/m^2)	C_{Pe}		C_{Pi}	$C_{Pe} - C_{Pi}$	W_j (kN/m^2)
Long-pan (Av)	D		1	0.94	+0.8		-0.16	+0.96	+0.902
Long-pan (Ar)	E				-0.3			-0.14	-0.132
Pignon	A ($29.44 m^2$)	181 m^2			-1.0	-0.77		-0.61	-0.573
	B ($144.76 m^2$)				-0.8				
	C ($36.8m^2$)				-0.5				
Toiture (Versant au vent)	F ($6.4 m^2$)	96 m^2			-1.2	-0.70		-0.54	-0.507
	G ($36.8 m^2$)				-0.95				
	H ($52.8 m^2$)				-0.41				
Toiture (Versant sous le vent)	I ($70.4 m^2$)	96 m^2			-0.47	-0.48		-0.32	-0.301
	J ($25.60 m^2$)				-				

Tableau II.4 : Pressions dues au vent sur parois verticales (sens V2 V4 variante 2)

Direction V2 et V4 du vent (variante 2)									
	Zone	C_d	q_p (kN/m^2)	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	W_j (kN/m^2)		
Long-pan (Av)	D	1	0.94	+0.8	-0.28	+1.08	+1.015		
Long-pan (Ar)	E			-0.3		-0.02	-0.019		
Pignon	A (29.44 m^2)			181 m^2		-1.0	-0.77	-0.42	-0.394
	B (144.76 m^2)					-0.8			
	C (36.8 m^2)					-0.5			
Toiture (Versant au vent)	F (6.40 m^2)			96 m^2		+1.2	+0.70	+0.98	+0.921
	G (36.8 m^2)					+0.95			
	H (52.8 m^2)					+0.41			
Toiture (Versant sous le vent)	I (70.4 m^2)			96 m^2		0.00	0.00	-0.28	+0.263
	J (25.60 m^2)					0.00			

II.4. Vérification aux frottements :

Sens V1 :

$$d/b = 12/16 = 2,02 < 3$$

$$d/h = 12/9.2 = 2,08 < 3$$

Sens V2 :

$$d/b = 16/12 = 0,49 < 3$$

$$d/h = 16/9.2 = 1,12 < 3$$

Donc : Il n'y a pas de force de frottement sur les parois. II.5t. Conclusion :

Le calcul des charges de neige et du vent va permettre par la suite en plus de calcul des autres charges de dimensionner les autres parties de la structure.

***CHAPITRE III: dimensionnement
des éléments secondaires***

CHAPITRE III: DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS SECONDAIRES

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre on s'intéresse à définir les profiles qui devront résister aux différentes sollicitations au quelle ils sont soumis au règle de CCM97, le principe de la vérification nécessaire à la résistance et à la stabilité.

Les profiles concernées par cette étude sont : les pannes, L'échantignole et les potelets.

III.2. Calcul des pannes de couverture :

Les pannes sont des poutres destinées à supporter la couverture et de transmettre les charges et surcharges s'appliquant sur cette dernière à la traverse ou bien à la ferme. Elles sont disposées parallèlement à la ligne de faitage, et elles sont calculées en flexion déviée, sous l'effet du poids propre de la couverture, des actions climatiques et la surcharge d'entretien.

Elles sont réalisées soit en profilés formés à chaud en (**I**), ou bien en (**U**), soit en profilés formés à froid en (**Z**), (**U**), (**Σ**) ou en treillis pour les portées supérieures à **4m**.

Dans notre structure nous utiliserons des IPE, Elles sont calculées suivant le "CCM97"

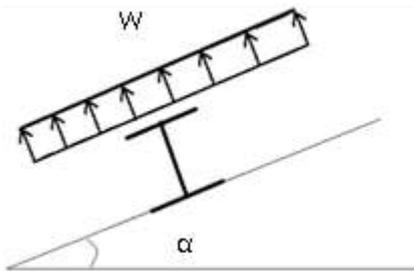


Figure III.01: Cas de l'effet du vent

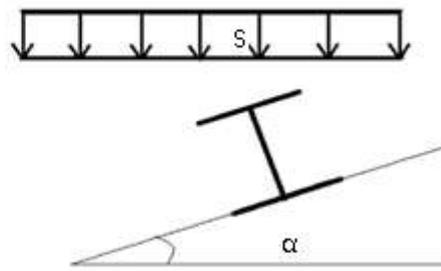


Figure III.02 : Cas de l'effet de neige

III.2.1. Principe de calcul :

- Les charges permanentes et le charge de la neige sont appliquées dans le sens de gravitation.
- Le vent agit perpendiculairement à la face des éléments (axe de grande inertie).
- On prend la combinaison la plus défavorable.

Espacement entre pannes:

$$\cos 11.30 = \frac{6}{X} \rightarrow X = \frac{6}{\cos 11.30} = \frac{6}{0.981} = 6.12 \text{ m}$$

On prend un espacement entre pannes de $e = 1.50 \text{ m}$ (4 fois) et aux deux extrémités 0.06 m.

- Le profilé estimé comme panne est: IPE140
- Donc il y a 07 pannes

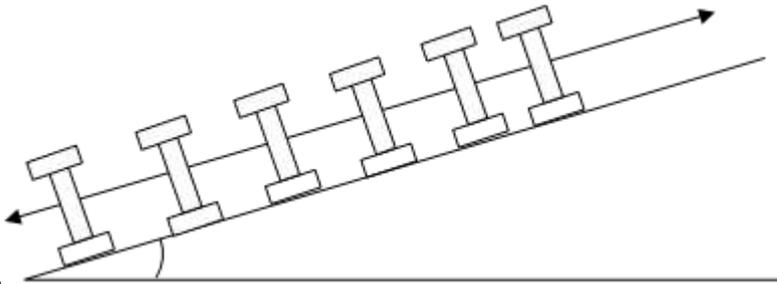


Figure III.03 : Espacement entre les pannes

Tableau III.01 : Caractéristiques du profilé IPE140 de la panne.

h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	P (kg/m)
140	73	4.7	6.9	7	112.2	12.9
A (cm ²)	I _y (cm ⁴)	i _y (cm)	W _{ply} (cm ³)	I _z (cm ⁴)	i _z (cm)	W _{plz} (cm ³)
16.4	541.2	5.74	83.3	44.9	1.65	19.2

III.2.2. Les charges à prendre en considération :

a. Charges permanentes (G)

$$G = (P_{\text{couverture}} \times e) + (P_{\text{faux-plafond}} \times e) + P_{\text{panne}} = (0.2 \times 1.5) + (0.17 \times 1.5) + 0.13$$

$$\rightarrow G = 0.69 \text{ KN/m}$$

b. Charges d'entretien (Q)

$$M_{\text{max}} = \frac{P'L}{3} = \frac{PL^2}{8} \rightarrow P = \frac{8P'}{3L} = \frac{8 \times 1}{3 \times 4} = 0.67 \text{ KN/m}$$

c. Action du sable (S)

$$S = 0.2 \times 1.5 = 0.3 \text{ KN/m}$$

d. Action du vent (W)

$$W = 0.902 \times 1.5 = 1.353 \text{ KN/m}$$

III.2.3. Décomposition les charges :

III.2.3.1. Selon Z-Z \rightarrow

$$\begin{cases} G_{zz} = G \times \cos \alpha = 0.69 \times \cos 11.3 = 0.68 \text{ KN/m} \\ Q_{zz} = P \times \cos \alpha = 0.67 \times \cos 11.3 = 0.66 \text{ KN/m} \\ S_{zz} = S \times \cos \alpha = 0.3 \times \cos 11.3 = 0.29 \text{ KN/m} \\ W_{zz} = W = 1.35 \text{ KN/m} \end{cases}$$

$$\text{III.2.3.2. Selon Y-Y} \rightarrow \begin{cases} G_{yy} = G \times \sin \alpha = 0.69 \times \sin 11.3 = 0.14 \text{ KN/m} \\ Q_{yy} = P \times \sin \alpha = 0.67 \times \sin 11.3 = 0.13 \text{ KN/m} \\ S_{yy} = S \times \sin \alpha = 0.3 \times \sin 11.3 = 0.06 \text{ KN/m} \\ W_{yy} = 0 \text{ KN/m} \end{cases}$$

III.2.4. Combinaison les charges :

III.2.4.1. Combinaison ELU (Z-Z)

$$\rightarrow \begin{cases} \text{Comb 1} = 1.35 G_{zz} + 1.5 Q_{zz} = 1.91 \text{ KN/m} \\ \text{Comb 2} = 1.35 G_{zz} + 1.5 S_{zz} = 1.35 \text{ KN/m} \\ \text{Comb 3} = G_{zz} + 1.5 W_{zz} = 2.71 \text{ KN/m} \end{cases} \rightarrow q_{uz} = 2.71 \text{ KN/m}$$

III.2.4.2. Combinaison ELU (Y-Y)

$$\rightarrow \begin{cases} \text{Comb 1} = 1.35 G_{yy} + 1.5 Q_{yy} = 0.38 \text{ KN/m} \\ \text{Comb 2} = 1.35 G_{yy} + 1.5 S_{yy} = 0.28 \text{ KN/m} \\ \text{Comb 3} = G_{yy} + 1.5 W_{yy} = 0.14 \text{ KN/m} \end{cases} \rightarrow q_{uy} = 0.38 \text{ KN/m}$$

III.2.4.3. Combinaison ELS (Z-Z)

$$\rightarrow \begin{cases} \text{Comb 1} = G_{zz} + Q_{zz} = 1.34 \text{ KN/m} \\ \text{Comb 2} = G_{zz} + S_{zz} = 0.97 \text{ KN/m} \\ \text{Comb 3} = G_{zz} + W_{zz} = 2.03 \text{ KN/m} \end{cases} \rightarrow q_{sz} = 2.03 \text{ KN/m}$$

III.2.4.4. Combinaison ELS (Y-Y)

$$\rightarrow \begin{cases} \text{Comb 1} = G_{yy} + Q_{yy} = 0.27 \text{ KN/m} \\ \text{Comb 2} = G_{yy} + S_{yy} = 0.20 \text{ KN/m} \end{cases} \rightarrow q_{sy} = 0.27 \text{ KN/m}$$

III.2.5. Vérification de la flèche à l'ELS :

$$f = \frac{5ql^4}{384EI} < f_{adm} = \frac{l}{200} = \frac{400}{200} = 2 \text{ cm}$$

$$I_y > \frac{5ql^4}{2 \times 384E} = \frac{5 \times 0.0195 \times 400^4}{2 \times 384 \times 21000} = 154.8 \text{ cm}^4$$

III.2.6. Vérification de la résistance à l'ELU :

III.2.6.1. Vérification à la flexion déviée :

$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{PL,Y}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{PL,Z}} \right)^\beta \leq 1$$

$\alpha = 2$ (pour les profile en I) et $\beta = 1$

$$M_{Y,Sd} = \frac{q_z l^2}{8} = \frac{2.59 \times 4^2}{8} = 5.18 \text{ KN.m}$$

$$M_{Z,Sd} = \frac{q_y l^2}{8} = \frac{0.38 \times 4^2}{8} = 0.76 \text{ KN.m}$$

$$M_{PL} = \frac{W_{PL} \times f_y}{\gamma M_0}$$

Pour γM_0 le on doit déterminer la classe du profile

$$\text{Ame} : \frac{d}{t_w} = \frac{112.2}{4.7} = 23.87 \leq 72\varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1 \text{ donc : Ame de classe 1}$$

$$\text{Semelle} : \frac{b-t_w}{2t_f} = \frac{73-4.7}{2 \times 6.9} = 4.95 \leq 9\varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1 \text{ donc : Ame de classe 1}$$

Donc la section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_0 = 1.1$

$$M_{PL,Y} = \frac{W_{PLY} \times f_y}{\gamma M_0} = \frac{83.3 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 17.80 \text{ KN.m}$$

$$M_{PL,Z} = \frac{W_{PLZ} \times f_y}{\gamma M_0} = \frac{19.2 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 4.10 \text{ KN.m}$$

$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{PL,Y}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{PL,Z}}\right)^\beta = \left(\frac{5.18}{17.80}\right)^2 + \left(\frac{0.76}{4.10}\right)^1 = 0.085 + 0.185 = 0.27 < 1$$

III.2.6.2. Vérification au cisaillement :

$$V_{Z,Sd} \leq V_{PL,Rd} \text{ et } V_{Y,Sd} \leq V_{PL,Rd}$$

$$V_{PL,Rd} = \frac{A_{PLZ} f_y}{\sqrt{3} \gamma M_0} = \frac{7.64 \times 235 \times 10^{-1}}{\sqrt{3} \times 1.1} = \frac{179.54}{1.90} = 94.5 \text{ KN}$$

$$A_{PLZ} = A - (2b \times t_f) + [(t_w + 2r)t_f]$$

$$\rightarrow A_{PLZ} = 16.4 - (2 \times 7.3 \times 0.69) + [(0.47 + 2 \times 0.7)0.69] = 7.64 \text{ cm}^2$$

$$V_{Z,Sd} = \frac{q_z l}{2} = \frac{2.59 \times 4}{2} = 5.18 \text{ KN} < V_{PL,Rd}$$

$$V_{Y,Sd} = \frac{q_y l}{2} = \frac{0.38 \times 4}{2} = 0.76 \text{ KN} < V_{PL,Rd}$$

III.2.6.3. Vérification au déversement :

$$M_{Y,Sd} \leq M_{b,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{X_{lt} \times \beta_w \times W_{PLY} \times f_y}{\gamma M_1}$$

$$\beta_w = 1 \text{ classe 1}$$

La section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_1 = 1.1$

$$X_{lt} = \frac{1}{\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3\varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{l}{i_z}}{\sqrt{C_1 \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{l}{i_z}}{\frac{h}{t_f}} \right)^2 \right]^{0.25}}}$$

$$C_1 = 1.132$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{400}{1.65}}{\sqrt{1.132 \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{400}{1.65}}{\frac{14}{0.69}} \right)^2 \right]^{0.25}}} = 134.9$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{134.9}{93.3} \sqrt{1} = 1.45 > 0.4$$

Il y a risque de déversement

$$\phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \text{ avec } \alpha_{LT} = 0.21 \text{ pour les profils laminés.}$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [1 + 0.21(1.45 - 0.2) + 1.45^2] = 1.68$$

$$X_{lt} = \frac{1}{1.68 + (1.68^2 - 1.45^2)^{0.5}} = 0.40$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0.40 \times 1 \times 83.3 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 7.12 \text{ KN.m.}$$

Donc

$$M_{Y,Sd} = 5.18 \text{ KN.m} < M_{b,Rd} = 7.12 \text{ KN.m.}$$

*La stabilité au déversement de la panne est vérifiée on adopte un IPE 140.

III.3. Calcul des L'échantignolle :

L'excentrement « t » est limité par la condition suivante :

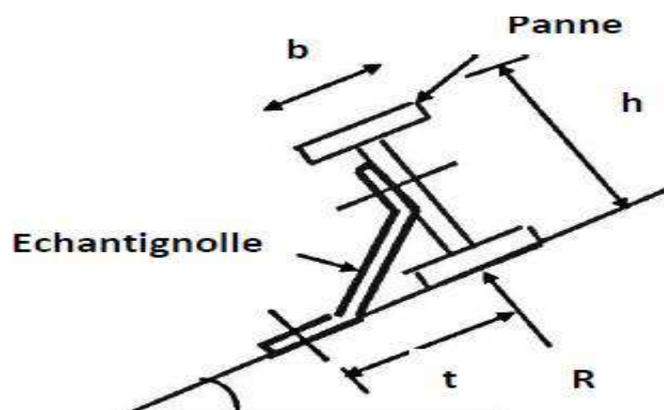


Figure III.4 : schéma de l'échantignole.

$$2\left(\frac{b}{2}\right) \leq t \leq 3\left(\frac{b}{2}\right)$$

$$2\left(\frac{7.3}{2}\right) \leq t \leq 3\left(\frac{7.3}{2}\right)$$

$$7.3 \leq t \leq 10.95$$

On adopte $t = 9$ cm.

III.2.1. L'épaisseur de l'échantignole « e » :

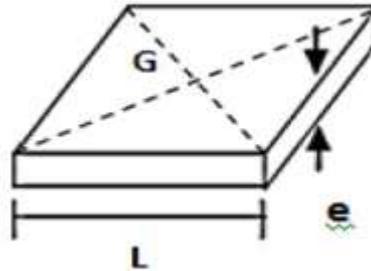


Figure III.5 : La largeur de l'échantignole.

$$R_z = e_{panne} \times \left(q_{uz} \times \frac{l}{2}\right) = 1.5 \times \left(2.71 \times \frac{4}{2}\right) = 8.13 \text{ KN.}$$

$$R_y = e_{panne} \times \left(q_{uy} \times \frac{l}{2}\right) = 1.5 \times \left(0.38 \times \frac{4}{2}\right) = 1.14 \text{ KN.}$$

III.2.2. Moment de renversement :

$$M_{R,Sd} \leq M_{EL,Rd}$$

$$(R_z \times t) + \left(R_y \times \frac{h}{2}\right) \leq \frac{W_{EL} \times f_y}{\gamma M_0}$$

$$W_{EL} \geq \frac{\left[(R_z \times t) + \left(R_y \times \frac{h}{2}\right)\right] \times \gamma M_0}{f_y}$$

$$W_{EL} \geq \frac{\left[(8.13 \times 0.09) + \left(1.14 \times \frac{0.14}{2}\right)\right] \times 1.1}{235 \times 10^3}$$

$$\frac{b_{traverse} \times e^2}{6} \geq 37.99 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$e \geq \sqrt{\frac{37.99 \times 10^{-7} \times 6}{0.24}}$$

$$e \geq 0.0097 \text{ m}$$

On adopte une échantignole de 10 mm d'épaisseur.

Vérification boulon d'attache ou cordon de soudure.

III.4 Calcul des potelets :

III.4.1. Les charges à prendre en considération :

$$H_{potelet} = 5.3 \text{ m (Hauteur du potelet)}$$

$$e_{potelet} = 3.8 \text{ m (L'entraxe des potelets)}$$

Action du vent (W)

$$W = 0.564 \times 3.6 = 2.030 \text{ KN/m}$$

Charges permanentes (G)

$$G = (P_{couverture} \times e_{potelet}) + (P_{faux-plafond} \times e_{potelet}) + (P_{potelet} \times H_{potelet})$$

$$= (0.2 \times 3.8) + (0.17 \times 3.8) + (0.224 \times 5.3) \rightarrow G = 2.59 \text{ KN}$$

III.4.2. Prédimensionnement du potelet :

$$f_z = \frac{5Wl^4}{384EI} < \frac{l}{200} = \frac{530}{200} = 2.65 \text{ cm}$$

$$I_y > \frac{5Wl^4}{2.65 \times 384E} = \frac{5 \times 0.02030 \times 530^4}{2.65 \times 384 \times 21000} = 374.78 \text{ cm}^4$$

Donc on opte pour un IPE200

Tableau III.02 : Caractéristiques du profilé l' IPE 200.

h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	P (kg/m)
200	100	5.6	8.5	12	159	22.4
A (cm ²)	I _y (cm ⁴)	i _y (cm)	W _{ply} (cm ³)	I _z (cm ⁴)	i _z (cm)	W _{plz} (cm ³)
28.5	1943	8.25	194	142	2.24	28.5

III.4.3. Vérification de la section à la résistance :

$$V_{z,Sd} \leq 0.5 V_{PL,Rd}$$

$$V_{PL,Rd} = \frac{A_{PLZ} f_y}{\sqrt{3} \gamma M_0} = \frac{14.02 \times 235 \times 10^{-1}}{\sqrt{3} \times 1.1} = \frac{329.47}{1.90} = 173.4 \text{ KN}$$

$$A_{PLZ} = A - (2b \times t_f) + [(t_w + 2r)t_f]$$

$$\rightarrow A_{PLZ} = 28.5 - (2 \times 10 \times 0.85) + [(0.56 + 2 \times 1.2)0.85] = 14.02 \text{ cm}^2$$

$$V_{z,Sd} = \frac{q_z l}{2} = \frac{2.37 \times 5.3}{2} = 7.18 \text{ KN} < 0.5 V_{PL,Rd}$$

III.4.4. Vérification de la section à l'effort normale :

$$N_{Sd} \leq \min \left(0.25 N_{PL,Rd} ; \frac{0.5 A_w f_y}{\gamma M_1} \right)$$

$$N_{PL,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma M_1} = \frac{28.5 \times 235 \times 10^{-1}}{1.1} = 609 \text{ KN} \rightarrow 0.25 N_{PL,Rd} = 0.25 \times 609 = 152.25 \text{ KN}$$

$$\frac{0.5 A_w f_y}{\gamma M_1} = \frac{0.5 \times 11.5 \times 235 \times 10^{-1}}{1.1} = 123 \text{ KN}$$

$$A_w = A - (2b \times t_f) = 28.5 - (2 \times 10 \times 0.85) = 11.5 \text{ cm}^2$$

$$N_{sd} = 1.35 G = 1.35 \times 2.59 = 3.50 \text{ KN} < \min(152.25 ; 123)$$

III.4.5. Vérification de l'élément à la résistance :

Vérification à la flexion composée avec risque de flambement

$$\frac{N_{sd}}{X_{min} \times N_{PL,Rd}} + \frac{K_Y \times M_{Y,sd}}{M_{PL,Rd}} \leq 1$$

Vérification à la flexion composée avec risque de déversement

$$\frac{N_{sd}}{X_Z \times N_{PL,Rd}} + \frac{K_{LT} \times M_{Y,sd}}{X_{LT} \times M_{PL,Rd}} \leq 1$$

$$K_Y = 1 \text{ classe 1}$$

$$K_{LT} = 1 \text{ classe 1}$$

$$X_{min} = \min(X_Y; X_Z)$$

$$X_Y = \frac{1}{\Phi_Y + (\Phi_Y^2 - \bar{\lambda}_Y^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_Y = \frac{\lambda_Y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$$\beta_w = 1 \text{ classe 1}$$

La section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_1 = 1.1$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3 \varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_Y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{530}{8.25} = 64.24$$

$$\bar{\lambda}_Y = \frac{64.24}{93.3} \sqrt{1} = 0.69$$

$$\Phi_Y = 0.5 \left[1 + \alpha_Y (\bar{\lambda}_Y - 0.2) + \bar{\lambda}_Y^2 \right] \text{ avec } \alpha_Y = 0.21$$

$$\Phi_Y = 0.5 [1 + 0.21(0.69 - 0.2) + 0.69^2] = 0.79$$

$$X_Y = \frac{1}{0.79 + (0.79^2 - 0.69^2)^{0.5}} = 1.07$$

$$X_Z = \frac{1}{\Phi_Z + (\Phi_Z^2 - \bar{\lambda}_Z^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_Z = \frac{\lambda_Z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$$\beta_w = 1 \text{ classe 1}$$

La section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_1 = 1.1$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3 \varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_Z = \frac{l_Z}{i_Z} = \frac{530}{2.24} = 236.60$$

$$\bar{\lambda}_Z = \frac{236.60}{93.3} \sqrt{1} = 2.54$$

$$\phi_Z = 0.5 \left[1 + \alpha_Z (\bar{\lambda}_Z - 0.2) + \bar{\lambda}_Z^2 \right] \text{ avec } \alpha_Z = 0.21$$

$$\phi_Z = 0.5 [1 + 0.21(2.54 - 0.2) + 2.54^2] = 0.79$$

$$X_Z = \frac{1}{0.79 + (0.79^2 - 0.69^2)^{0.5}} = 3.97$$

$$X_{min} = \min(1.07; 3.97) = 1.07$$

$$X_{lt} = \frac{1}{\phi_{LT} + (\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3 \varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{l}{i_z}}{\sqrt{C_1} \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{l}{i_z}}{\frac{h}{t_f}} \right)^2 \right]^{0.25}}$$

$$C_1 = 1.132$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{580}{2.24}}{\sqrt{1.132} \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{580}{2.24}}{\frac{20}{0.85}} \right)^2 \right]^{0.25}} = 149.35$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{149.35}{93.3} \sqrt{1} = 1.60 > 0.4$$

Il y a risque de déversement

$$\phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \text{ avec } \alpha_{LT} = 0.21 \text{ pour les profils laminés}$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [1 + 0.21(1.60 - 0.2) + 1.60^2] = 1.93$$

$$X_{lt} = \frac{1}{1.93 + (1.93^2 - 1.60^2)^{0.5}} = 0.33$$

$$M_{Y,Sd} = \frac{q_{z,sd} l^2}{8} = \frac{2.37 \times 5.3^2}{8} = 8.32 \text{ KN.m}$$

$$M_{PL,Rd} = \frac{W_{PLY} \times f_y}{\gamma M_1} = \frac{194 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 41.45 \text{ KN.m}$$

III.4.6. Vérification au flambement :

$$\frac{3.50}{1.07 \times 609} + \frac{1 \times 8.32}{41.45} = 0.005 + 0.200 = 0.205 < 1$$

III.4.7. Vérification au déversement :

$$\frac{3.50}{3.97 \times 609} + \frac{1 \times 8.32}{0.33 \times 41.45} = 0.003 + 0.608 = 0.611 < 1$$

III.5 Calcul des contreventements

III.5.1. Les contreventements horizontaux :

III.5.1.1. Les charges à prendre en considération :

$$F_1 = \left(W \times \frac{h_1}{2} \times \frac{b}{8} \right) + \frac{F_{fr}}{8} = \left(0.462 \times \frac{4.5}{2} \times \frac{16}{8} \right) + \frac{0}{8} = 2.08 \text{ KN}$$

$$F_2 = \left(W \times \frac{h_2}{2} \times \frac{b}{4} \right) + \frac{F_{fr}}{4} = \left(0.462 \times \frac{5.38}{2} \times \frac{16}{4} \right) + \frac{0}{4} = 4.97 \text{ KN}$$

$$F_3 = \left(W \times \frac{h_3}{2} \times \frac{b}{4} \right) + \frac{F_{fr}}{4} = \left(0.462 \times \frac{5.7}{2} \times \frac{16}{4} \right) + \frac{0}{4} = 5.27 \text{ KN}$$

III.5.1.2. Calcul des réactions :

$$R_A = R_B = F_1 + F_2 + \frac{F_3}{2} = 9.69 \text{ KN}$$

$$\tan \theta = \frac{4.4}{4} = 1.1 \rightarrow \theta = 47.73^\circ$$

$$F_d = \frac{R - F_1}{\cos \theta} = \frac{9.69 - 2.08}{\cos 47.73} = \frac{7.61}{0.67} = 11.36 \text{ KN}$$

$$N_{Sd} = 1.5 F_d = 1.5 \times 11.36 = 17.04 \text{ KN}$$

$$N_{Sd} \leq N_{PL,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma M_0} \rightarrow A \geq \frac{N_{Sd} \times \gamma M_0}{f_y} = \frac{17.04 \times 1.1}{235 \times 10^{-1}} = 0.8 \text{ cm}^2$$

$$N_{U,Rd} = \frac{\beta \times A_{net} \times f_u}{\gamma M_2} = \frac{0.7 \times 8.75 \times 360 \times 10^{-1}}{1.25} = 176.4 \text{ KN}$$

$$N_{Sd} = 17.04 \text{ KN} < N_{U,Rd} = 176.4 \text{ KN}$$

III.5.1.3. Vérification de la résistance à l'ELU :

III.5.1.3.1. Vérification à la flexion composée déviée :

$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{NY,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{NZ,Rd}}\right)^\beta \leq 1$$

$$\alpha = 2 \text{ et } \beta = 1$$

$$Q_{sd} = q_{uz} = 2.59 \text{ KN/m}$$

$$N_{sd} = q_{uy} = 0.38 \text{ KN/m}$$

$$M_{Y,Sd} = \frac{q_z l^2}{8} = \frac{2.59 \times 4^2}{8} = 5.18 \text{ KN.m}$$

$$M_{Z,Sd} = \frac{q_y l^2}{8} = \frac{0.38 \times 4^2}{8} = 0.76 \text{ KN.m}$$

III.5.1.3.2 Vérification de la section à la résistance :

$$V_{Z,Sd} \leq 0.5 V_{PL,Rd}$$

$$V_{PL,Rd} = \frac{A_{PLZ} f_y}{\sqrt{3} \gamma M_0} = \frac{5.04 \times 235 \times 10^{-1}}{\sqrt{3} \times 1.1} = \frac{118.44}{1.90} = 62.34 \text{ KN}$$

$$A_{PLZ} = A - (2b \times t_f) + [(t_w + 2r)t_f]$$

$$\rightarrow A_{PLZ} = 16.4 - (2 \times 7.3 \times 0.69) + [(0.47 + 2 \times 0.7)0.69] = 5.04 \text{ cm}^2$$

$$V_{Z,Sd} = \frac{q_z l}{2} = \frac{2.59 \times 4}{2} = 5.18 \text{ KN} < 0.5 V_{PL,Rd}$$

III.5.1.3.3 Vérification de la section à l'effort normale :

$$N_{Sd} \leq \min\left(0.25 N_{PL,Rd}; \frac{0.5 A_w f_y}{\gamma M_1}\right)$$

$$N_{PL,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma M_1} = \frac{16.4 \times 235 \times 10^{-1}}{1.1} = 350.3 \text{ KN} \rightarrow 0.25 N_{PL,Rd} = 0.25 \times 350 = 87.6 \text{ KN}$$

$$\frac{0.5 A_w f_y}{\gamma M_1} = \frac{0.5 \times 6.33 \times 235 \times 10^{-1}}{1.1} = 67.6 \text{ KN}$$

$$A_w = A - (2b \times t_f) = 16.4 - (2 \times 7.3 \times 0.69) = 6.33 \text{ cm}^2$$

$$N_{Sd} = 1.35 G = 1.35 \times 2.59 = 3.50 \text{ KN} < \min(87.6; 67.6)$$

$$M_{NY,Rd} = M_{PLY,Rd} = \frac{W_{PLY} \times f_y}{\gamma M_0} = \frac{83.3 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 17.80 \text{ KN.m}$$

$$M_{NZ,Rd} = M_{PLZ,Rd} = \frac{W_{PLZ} \times f_y}{\gamma M_0} = \frac{19.2 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 4.10 \text{ KN.m}$$

$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{NY,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{NZ,Rd}}\right)^\beta = \left(\frac{5.18}{17.80}\right)^2 + \left(\frac{0.76}{4.10}\right)^1 = 0.085 + 0.185 = 0.27 < 1 \text{ CV}$$

*CHAPITRE IV : Etude des éléments
structuraux*

CHAPITRE IV : ETUDE DES ELEMENTS STRUCTURAUX

IV.1. Calcul des Les poteaux :

Les poteaux sont les éléments verticaux, qui supportent la totalité des charges et les transmettent aux fondations.

IV.2. Les charges à prendre en considération :

$$H_{poteau} = 4.5 \text{ m (Hauteur du poteau)}$$

$$e_{poteau} = 4.0 \text{ m (L'entraxe des poteau)}$$

Action du vent (W)

$$W = 0.902 \times 4.0 = 3.61 \text{ KN/m}$$

Charges permanentes (G)

$$G = (P_{couverture} \times e_{poteau}) + (P_{faux-plafond} \times e_{poteau}) + (P_{poteau} \times H_{poteau})$$

$$= (0.2 \times 4.0) + (0.17 \times 4.0) + (0.422 \times 4.5) \rightarrow G = 3.38 \text{ KN}$$

IV.3. Prédimensionnement du poteau :

$$f_z = \frac{5Wl^4}{384EI} < \frac{l}{200} = \frac{450}{200} = 2.25 \text{ cm}$$

$$I_y > \frac{5Wl^4}{2.25 \times 384E} = \frac{5 \times 0.0338 \times 450^4}{2.25 \times 384 \times 21000} = 381.95 \text{ cm}^4$$

Donc on opte pour un IPE300

Tableau IV.01 : Caractéristiques du profilé IPE300de la poteaux.

h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	P (kg/m)
300	150	7.1	10.7	15		42.2
A (cm ²)	I _y (cm ⁴)	i _y (cm)	W _{ply} (cm ³)	I _z (cm ⁴)	i _z (cm)	W _{plz} (cm ³)
53.8	8356	12.46	557	604	3.35	80.5

IV.4. Vérification de la section à la résistance :

$$V_{Z,Sd} \leq 0.5 V_{PL,Rd}$$

$$V_{PL,Rd} = \frac{A_{PLZ} f_y}{\sqrt{3} \gamma M_0} = \frac{17.73 \times 235 \times 10^{-1}}{\sqrt{3} \times 1.1} = \frac{416.65}{1.90} = 219.3 \text{ KN}$$

$$A_{PLZ} = A - (2b \times t_f) + [(t_w + 2r)t_f]$$

$$\rightarrow A_{PLZ} = 53.8 - (2 \times 15 \times 1.07) + [(0.71 + 2 \times 1.5)1.07] = 17.73 \text{ cm}^2$$

$$V_{Z,Sd} = \frac{q_z l}{2} = \frac{3.38 \times 4.5}{2} = 7.6 \text{ KN} < 0.5 V_{PL,Rd}$$

IV.5. Vérification de la section à l'effort normale :

$$N_{Sd} \leq \min \left(0.25 N_{PL,Rd} ; \frac{0.5 A_w f_y}{\gamma M_1} \right)$$

$$N_{PL,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma M_1} = \frac{53.8 \times 235 \times 10^{-1}}{1.1} = 1149 \text{ KN} \rightarrow 0.25 N_{PL,Rd} = 0.25 \times 1149 = 287 \text{ KN}$$

$$\frac{0.5A_w f_y}{\gamma M_1} = \frac{0.5 \times 21.7 \times 235 \times 10^{-1}}{1.1} = 232 \text{ KN}$$

$$A_w = A - (2b \times t_f) = 53.8 - (2 \times 15 \times 1.07) = 21.7 \text{ cm}^2$$

$$N_{sd} = 1.35 G = 1.35 \times 3.38 = 4.56 \text{ KN} < \min(287 ; 232)$$

IV.6. Vérification de l'élément à la résistance :

IV.6.1. Vérification à la flexion composée avec risque de flambement :

$$\frac{N_{sd}}{X_{min} \times N_{PL,Rd}} + \frac{K_Y \times M_{Y,sd}}{M_{PL,Rd}} \leq 1$$

IV.6.2 Vérification à la flexion composée avec risque de déversement :

$$\frac{N_{sd}}{X_Z \times N_{PL,Rd}} + \frac{K_{LT} \times M_{Y,sd}}{X_{LT} \times M_{PL,Rd}} \leq 1$$

$K_Y = 1$ classe 1

$K_{LT} = 1$ classe 1

$$X_{min} = \min(X_Y; X_Z)$$

$$X_Y = \frac{1}{\Phi_Y + (\Phi_Y^2 - \bar{\lambda}_Y^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_Y = \frac{\lambda_Y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$\beta_w = 1$ classe 1

La section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_1 = 1.1$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3 \varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_Y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{450}{12.46} = 36.11$$

$$\bar{\lambda}_Y = \frac{36.11}{93.3} \sqrt{1} = 0.39$$

$$\Phi_Y = 0.5 \left[1 + \alpha_Y (\bar{\lambda}_Y - 0.2) + \bar{\lambda}_Y^2 \right] \text{ avec } \alpha_Y = 0.21$$

$$\Phi_Y = 0.5 [1 + 0.21(0.39 - 0.2) + 0.39^2] = 0.60$$

$$X_Y = \frac{1}{0.60 + (0.60^2 - 0.39^2)^{0.5}} = 0.95$$

$$X_Z = \frac{1}{\Phi_Z + (\Phi_Z^2 - \bar{\lambda}_Z^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_Z = \frac{\lambda_Z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$\beta_w = 1$ classe 1

La section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_1 = 1.1$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3\varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_Z = \frac{l_Z}{i_Z} = \frac{450}{3.35} = 134.33$$

$$\bar{\lambda}_Z = \frac{134.33}{93.3} \sqrt{1} = 1.44$$

$$\phi_Z = 0.5 \left[1 + \alpha_Z (\bar{\lambda}_Z - 0.2) + \bar{\lambda}_Z^2 \right] \text{ avec } \alpha_Z = 0.21$$

$$\phi_Z = 0.5 [1 + 0.21(1.44 - 0.2) + 1.44^2] = 1.67$$

$$X_Z = \frac{1}{1.67 + (1.67^2 - 1.44^2)^{0.5}} = 0.42$$

$$X_{min} = \min(0.95; 0.42) = 0.42$$

$$X_{lt} = \frac{1}{\phi_{LT} + (\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3\varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{l}{i_z}}{\sqrt{C_1} \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{l}{i_z}}{\frac{h}{t_f}} \right)^2 \right]^{0.25}}$$

$$C_1 = 1.132$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{450}{3.35}}{\sqrt{1.132} \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{450}{3.35}}{\frac{30}{1.07}} \right)^2 \right]^{0.25}} = 104.13$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{104.13}{93.3} \sqrt{1} = 1.12 > 0.4$$

Il y a risque de déversement.

$$\phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \text{ avec } \alpha_{LT} = 0.21 \text{ pour les profils laminés}$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [1 + 0.21(1.12 - 0.2) + 1.12^2] = 1.22$$

$$X_{lt} = \frac{1}{1.22 + (1.22^2 - 1.12^2)^{0.5}} = 0.688$$

$$M_{Y,Sd} = \frac{q_{z,sd}l^2}{8} = \frac{3.38 \times 4.5^2}{8} = 8.55 \text{ KN.m}$$

$$M_{PL,Rd} = \frac{W_{PLY} \times f_y}{\gamma M_1} = \frac{557 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 119 \text{ KN.m}$$

IV.6.3. Vérification au flambement :

$$\frac{4.56}{0.42 \times 1149} + \frac{1 \times 8.55}{119} = 0.009 + 0.072 = 0.081 < 1$$

IV.6.4 Vérification au déversement :

$$\frac{4.56}{0.42 \times 1149} + \frac{1 \times 8.55}{0.688 \times 119} = 0.009 + 0.104 = 0.113 < 1$$

IV.2. Calcul Les poutres :

Le dimensionnement des poutres vise essentiellement à assurer une résistance appropriée en flexion. On indique comment identifier les poutres dont le dimensionnement peut reposer sur des principes structuraux relativement simples.

Tableau IV.02 : Caractéristiques du profilé IPE240 de la poteaux.

h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	P (kg/m)
240	120	6.2	9.8	15		30.7
A (cm ²)	I _y (cm ⁴)	i _y (cm)	W _{ply} (cm ³)	I _z (cm ⁴)	i _z (cm)	W _{plz} (cm ³)
39.1	3892	9.97	324	284	2.69	47.3

IV.2.1 Vérification de la flèche à l'ELS :

$$f = \frac{5ql^4}{384EI} < f_{adm} = \frac{l}{200} = \frac{400}{200} = 2 \text{ cm}$$

$$I_y > \frac{5ql^4}{2 \times 384E} = \frac{5 \times 0.0195 \times 400^4}{2 \times 384 \times 21000} = 154.8 \text{ cm}^4$$

IV.2.2 Vérification de la résistance à l'ELU :

Vérification à la flexion déviée

$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{PL,Y}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{PL,Z}}\right)^\beta \leq 1$$

$\alpha = 2$ (pour les profile en I) et $\beta = 1$

$$M_{Y,Sd} = \frac{q_z l^2}{8} = \frac{2.59 \times 4^2}{8} = 5.18 \text{ KN.m}$$

$$M_{Z,Sd} = \frac{q_y l^2}{8} = \frac{0.38 \times 4^2}{8} = 0.76 \text{ KN.m}$$

$$M_{PL} = \frac{W_{PL} \times f_y}{\gamma M_0}$$

Pour γM_0 le on doit déterminer la classe du profile

$$\text{Ame : } \frac{d}{t_w} = \frac{112.2}{4.7} = 23.87 \leq 72\varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1 \text{ donc : Ame de classe 1}$$

$$\text{Semelle : } \frac{b-t_w}{2t_f} = \frac{73-4.7}{2 \times 6.9} = 4.95 \leq 9\varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1 \text{ donc : Ame de classe 1}$$

Donc la section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_0 = 1.1$

$$M_{PL,Y} = \frac{W_{PLY} \times f_y}{\gamma M_0} = \frac{83.3 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 17.80 \text{ KN.m}$$

$$M_{PL,Z} = \frac{W_{PLZ} \times f_y}{\gamma M_0} = \frac{19.2 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 4.10 \text{ KN.m}$$

$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{PL,Y}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{PL,Z}}\right)^\beta = \left(\frac{5.18}{17.80}\right)^2 + \left(\frac{0.76}{4.10}\right)^1 = 0.085 + 0.185 = 0.27 < 1$$

IV.2.3 Vérification au cisaillement :

$$V_{Z,Sd} \leq V_{PL,Rd} \text{ et } V_{Y,Sd} \leq V_{PL,Rd}$$

$$V_{PL,Rd} = \frac{A_{PLZ} f_y}{\sqrt{3} \gamma M_0} = \frac{7.64 \times 235 \times 10^{-1}}{\sqrt{3} \times 1.1} = \frac{179.54}{1.90} = 94.5 \text{ KN}$$

$$A_{PLZ} = A - (2b \times t_f) + [(t_w + 2r)t_f]$$

$$\rightarrow A_{PLZ} = 16.4 - (2 \times 7.3 \times 0.69) + [(0.47 + 2 \times 0.7)0.69] = 7.64 \text{ cm}^2$$

$$V_{Z,Sd} = \frac{q_z l}{2} = \frac{2.59 \times 4}{2} = 5.18 \text{ KN} < V_{PL,Rd}$$

$$V_{Y,Sd} = \frac{q_y l}{2} = \frac{0.38 \times 4}{2} = 0.76 \text{ KN} < V_{PL,Rd}$$

IV.2.4 Vérification au déversement :

$$M_{Y,Sd} \leq M_{b,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{X_{lt} \times \beta_w \times W_{PLY} \times f_y}{\gamma M_1}$$

$$\beta_w = 1 \text{ classe 1}$$

La section de classe 1 $\rightarrow \gamma M_1 = 1.1$

$$X_{lt} = \frac{1}{\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2)^{0.5}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.3 \varepsilon \text{ et } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 \text{ donc } \lambda_1 = 93.3$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{l}{i_z}}{\sqrt{C_1} \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{l}{i_z}}{\frac{t_f}{h}} \right)^2 \right]^{0.25}}$$

$$C_1 = 1.132$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{400}{1.65}}{\sqrt{1.132} \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{400}{1.65}}{\frac{14}{0.69}} \right)^2 \right]^{0.25}} = 134.9$$

$$\overline{\lambda}_{LT} = \frac{134.9}{93.3} \sqrt{1} = 1.45 > 0.4$$

Il y a risque de déversement

$$\phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\overline{\lambda}_{LT} - 0.2) + \overline{\lambda}_{LT}^2 \right] \text{ avec } \alpha_{LT} = 0.21 \text{ pour les profils laminés}$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [1 + 0.21(1.45 - 0.2) + 1.45^2] = 1.68$$

$$X_{lt} = \frac{1}{1.68 + (1.68^2 - 1.45^2)^{0.5}} = 0.40$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0.40 \times 1 \times 83.3 \times 235 \times 10^{-3}}{1.1} = 7.12 \text{ KN.m}$$

Donc

$$M_{Y,Sd} = 5.18 \text{ KN.m} < M_{b,Rd} = 7.12 \text{ KN.m}$$

La stabilité au déversement de la panne est vérifiée on adopte un IPE 140

Chapitre V : Étud des Assemblage

CHAPITRE V : ÉTUDE DES ASSEMBLAGES

V.1 Introduction :

la conception et le calcul des assemblages ont une importance équivalente à celle du dimensionnement des pièces constituant la structure. en effet, les assemblages constituent un dispositif qui permet de réunir et de solidariser les pièces entres elles, en assurant la transmission et la répartition des diverses sollicitations régnant dans les différents composants structurels, en cas de défaillance d'un assemblage, c'est bien le fonctionnement global de la structure qui est remis en cause.

le calcul des différents éléments structuraux est fait selon le règlement.

V.2 Assemblage poteau :

cette opération consiste à fixer une platine par soudure avec la poutre et ce asse mblage est fixer par boulonnage sur la semelle du poteau.

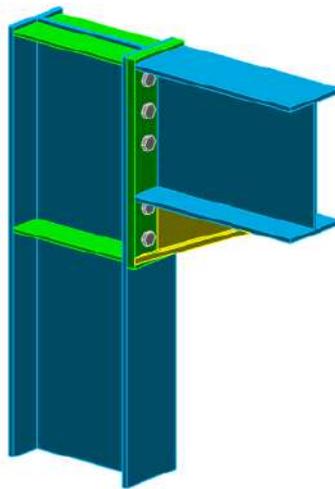


Figure v.1: assemblage poteau-poutre

GENERAL

assemblage n°: 1

nom de l'assemblage : angle de portique

V.2.1 Géométrie

V.2.1.1 Poteau

profilé: ipe 300

a = -90,0 [deg] angle d'inclinaison

profilé: ipe 300

$a = -90,0$ [deg] angle d'inclinaison
 $h_c = 300$ [mm] hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 150$ [mm] largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 7$ [mm] épaisseur de l'âme de la section du poteau
 $t_{fc} = 11$ [mm] épaisseur de l'aile de la section du poteau
 $r_c = 15$ [mm] rayon de congé de la section du poteau
 $a_c = 53,81$ [cm²] aire de la section du poteau
 $i_{xc} = 8356,11$ [cm⁴] moment d'inertie de la section du poteau

matériau: s 235

$f_{yc} = 235,00$ [mpa] résistance

V.2.1.2 Poutre

profilé: ipe 300

$a = 0,0$ [deg] angle d'inclinaison
 $h_b = 300$ [mm] hauteur de la section de la poutre
 $b_f = 150$ [mm] largeur de la section de la poutre
 $t_{wb} = 7$ [mm] épaisseur de l'âme de la section de la poutre
 $t_{fb} = 11$ [mm] épaisseur de l'aile de la section de la poutre
 $r_b = 15$ [mm] rayon de congé de la section de la poutre
 $r_b = 15$ [mm] rayon de congé de la section de la poutre
 $a_b = 53,81$ [cm²] aire de la section de la poutre
 $i_{xb} = 8356,11$ [cm⁴] moment d'inertie de la poutre

matériau: s 235

$f_{yb} = 235,00$ [mpa] résistance

V.2.2 Boulons

le plan de cisaillement passe par la partie non filetée du boulon

$d = 16$ [mm] diamètre du boulon
 classe = 10.9 classe du boulon
 $f_{trd} = 113,04$ [kn] résistance du boulon à la traction
 $n_h = 2$ nombre de colonnes des boulons
 $n_v = 5$ nombre de rangées des boulons
 $h_1 = 53$ [mm] pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about

ecartement $e_i = 70$ [mm]

entraxe $p_i = 70;70;140;70$ [mm]

V.2.3 Platine

$h_p = 460$ [mm] hauteur de la platine

$b_p = 150$ [mm] largeur de la platine

$t_p = 20$ [mm] epaisseur de la platine

matériau: s 235

$f_{yp} = 235,00$ [mpa] résistance

V.2.4 Jarret inférieur

$w_d = 150$ [mm] largeur de la platine

$t_{fd} = 12$ [mm] epaisseur de l'aile

$h_d = 140$ [mm] hauteur de la platine

$t_{wd} = 8$ [mm] epaisseur de l'âme

$l_d = 300$ [mm] longueur de la platine

$a = 25,0$ [deg] angle d'inclinaison

matériau: s 235

$f_{ybu} = 235,00$ [mpa] résistance

V.2.5 Raidisseur poteau

V.2.5.1 supérieure

$h_{su} = 279$ [mm] hauteur du raidisseur

$b_{su} = 71$ [mm] largeur du raidisseur

$t_{hu} = 8$ [mm] epaisseur du raidisseur

matériau: s 235

$f_{ysu} = 235,00$ [mpa] résistance

V.7.5.2 inférieur

$h_{sd} = 279$ [mm] hauteur du raidisseur

$b_{sd} = 71$ [mm] largeur du raidisseur

$t_{hd} = 8$ [mm] epaisseur du raidisseur

matériau: s 235

$f_{ysu} = 235,00$ [mpa] résistance

V.2.6 Soudures d'angle

$a_w = 5$ [mm] soudure âme

$a_w =$	5	[mm]	soudure âme
$a_f =$	8	[mm]	soudure semelle
$a_s =$	5	[mm]	soudure du raidisseur
$a_{fd} =$	5	[mm]	soudure horizontale

V.2.7 coefficients de matériau

$g_{m0} =$	1,00	coefficient de sécurité partiel
$g_{m1} =$	1,00	coefficient de sécurité partiel
$g_{m2} =$	1,25	coefficient de sécurité partiel
$g_{m3} =$	1,10	coefficient de sécurité partiel

EFFORTS

etat limite: ultime

cas: calculs manuels

$m_{b1,ed} = 50,00$ [kn*m] moment fléchissant dans la poutre droite

V.2.8 Résultats

V.2.8.1 Résistances de la poutre

V.A Flexion - moment plastique (sans renforts)

$w_{plb} = 628,36$ [cm³] facteur plastique de la section

$m_{b,pl,rd} = w_{plb} f_{yb} / g_{m0}$

$m_{b,pl,rd} = 147,66$ [kn*m] résistance plastique de la section à la flexion

V.B Flexion au contact de la plaque avec l'element assemble

$w_{pl} = 1070,98$ [cm³] facteur plastique de la section

$m_{cb,rd} = w_{pl} f_{yb} / g_{m0}$

$m_{cb,rd} = 251,68$ [kn*m] résistance de calcul de la section à la flexion

V.C Aile et ame en compression

$m_{cb,rd} = 251,68$ [kn*m] résistance de calcul de la section à la flexion

$h_f = 428$ [mm] distance entre les centres de gravité des ailes

$f_{c,fb,rd} = m_{cb,rd} / h_f$

$f_{c,fb,rd} = 588,00$ [kn] résistance de l'aile et de l'âme comprimées

V.D Ame ou aile du renfort en compression - niveau de l'aile inferieure de la poutre

pression diamétrale:

$b =$	0,0	[deg]	angle entre la platine d'about et la pouter
$g =$	25,0	[deg]	angle d'inclinaison du renfort
$b_{\text{eff,c,wb}} =$	180	[mm]	largeur efficace de l'âme à la compression
$a_{\text{vb}} =$	25,68	[cm ²]	aire de la section au cisaillement
$w =$	0,87		coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement
$\sigma_{\text{com,ed}} =$	74,38	[mpa]	contrainte de compression maximale dans l'âme
$k_{\text{wc}} =$	1,00		coefficient réducteur dû aux contraintes de compression

$$f_{c,wb,rd1} = [w k_{wc} b_{\text{eff,c,wb}} t_{wb} f_{yb} / g_{m0}] \cos(g) / \sin(g - b)$$

$$f_{c,wb,rd1} = 558,56 \quad [\text{kn}] \quad \text{résistance de l'âme de la pouter}$$

flambement:

$$d_{wb} = 249 \quad [\text{mm}] \quad \text{hauteur de l'âme comprimée}$$

$$l_p = 0,93 \quad \text{elancement de plaque}$$

$$r = 0,85 \quad \text{coefficient réducteur pour le flambement de l'élément}$$

$$f_{c,wb,rd2} = [w k_{wc} r b_{\text{eff,c,wb}} t_{wb} f_{yb} / g_{m1}] \cos(g) / \sin(g - b)$$

$$f_{c,wb,rd2} = 472,32 \quad [\text{kn}] \quad \text{résistance de l'âme de la pouter}$$

résistance finale:

$$f_{c,wb,rd,low} = \min (f_{c,wb,rd1} , f_{c,wb,rd2})$$

$$f_{c,wb,rd,low} = 472,32 \quad [\text{kn}] \quad \text{résistance de l'âme de la pouter}$$

V.2.8.2 Résistances du poteau

V.A **Ranneau** d'ame en cisaillement

$$m_{b1,ed} = 50,00 \quad [\text{kn*m}] \quad \text{moment fléchissant dans la poutre droite}$$

$$m_{b2,ed} = 0,00 \quad [\text{kn*m}] \quad \text{moment fléchissant dans la poutre gauche}$$

$$V_{c1,ed} = 0,00 \quad [\text{kn}] \quad \text{effort tranchant dans le poteau inférieur}$$

$$V_{c2,ed} = 0,00 \quad [\text{kn}] \quad \text{effort tranchant dans le poteau supérieur}$$

$$z = 356 \quad [\text{mm}] \quad \text{bras de levier}$$

$$V_{wp,ed} = (m_{b1,ed} - m_{b2,ed}) / z - (V_{c1,ed} - V_{c2,ed}) / 2$$

$$V_{wp,ed} = 140,58 \quad [\text{kn}] \quad \text{panneau d'âme en cisaillement}$$

$$a_{vs} = 25,68 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{aire de cisaillement de l'âme du poteau}$$

$$a_{vc} = 25,68 \quad [\text{cm}] \quad \text{aire de la section au cisaillement}$$

$$d_s = 432 \quad [\text{mm}] \quad \text{distance entre les centres de gravités des raidisseurs}$$

$a_{vs} =$	25,68	[cm ²]	aire de cisaillement de l'âme du poteau
$m_{pl,fc,rd} =$	1,01	[kn*m]	résistance plastique de l'aile du poteau en flexion
$m_{pl,stu,rd} =$	0,56	[kn*m]	résistance plastique du raidisseur transversal supérieur en flexion
$m_{pl,sl,rd} =$	0,56	[kn*m]	résistance plastique du raidisseur transversal inférieur en flexion

$$V_{wp,rd} = 0.9 (a_{vs} * f_{y,wc}) / (\sqrt{3} g_{m0}) + \min(4 m_{pl,fc,rd} / d_s , (2 m_{pl,fc,rd} + m_{pl,stu,rd} + m_{pl,sl,rd}) / d_s)$$

$$V_{wp,rd} = 320,86 \text{ [kn]} \text{ résistance du panneau d'âme au cisaillement}$$

$$V_{wp,ed} / V_{wp,rd} \leq 1,0 \qquad 0,44 < 1,00 \qquad \text{vérifié} \qquad (0,44)$$

V.B ame en compression transversale - niveau de l'aile inferieure de la poutre

pression diamétrale:

$$t_{wc} = 7 \text{ [mm]} \text{ épaisseur efficace de l'âme du poteau}$$

$$b_{eff,c,wc} = 204 \text{ [mm]} \text{ largeur efficace de l'âme à la compression}$$

$$a_{vc} = 25,68 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ aire de la section au cisaillement}$$

$$w = 0,84 \text{ coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement}$$

$$s_{com,ed} = 0,00 \text{ [mpa]} \text{ contrainte de compression maximale dans l'âme}$$

$$k_{wc} = 1,00 \text{ coefficient réducteur dû aux contraintes de compression}$$

$$a_s = 11,43 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ aire de la section du raidisseur renforçant l'âme}$$

$$f_{c,wc,rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{m0} + a_s f_{ys} / g_{m0}$$

$$f_{c,wc,rd1} = 555,30 \text{ [kn]} \text{ résistance de l'âme du poteau}$$

flambement:

$$d_{wc} = 249 \text{ [mm]} \text{ hauteur de l'âme comprimée}$$

$$l_p = 0,99 \text{ elancement de plaque}$$

$$r = 0,81 \text{ coefficient réducteur pour le flambement de l'élément}$$

$$l_s = 5,60 \text{ elancement du raidisseur}$$

$$c_s = 1,00 \text{ coefficient de flambement du raidisseur}$$

$$f_{c,wc,rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{m1} + a_s c_s f_{ys} / g_{m1}$$

$$f_{c,wc,rd2} = 499,74 \text{ [kn]} \text{ résistance de l'âme du poteau}$$

résistance finale:

$$f_{c,wc,rd,low} = \min (f_{c,wc,rd1} , f_{c,wc,rd2})$$

$f_{c,wc,rd} = 499,74$ [kn] résistance de l'âme du poteau

V.C paramètres géométriques de l'assemblage

Tableau V.01: longueurs efficaces et parametres - semelle du poteau

nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	19	-	40	-	70	122	141	122	141	131	112	112	112
2	19	-	40	-	70	122	128	122	128	140	70	70	70
3	19	-	40	-	105	122	128	122	128	210	105	105	105
4	19	-	40	-	105	122	128	122	128	210	105	105	105
5	19	-	40	-	70	122	137	122	137	131	108	108	108

Tableau V.02: longueurs efficaces et parametres - platine d'about

nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	26	-	40	-	70	162	178	162	178	151	136	136	136
2	26	-	40	-	70	162	153	153	153	140	70	70	70
3	26	-	40	-	105	162	153	153	153	210	105	105	105
4	26	-	40	-	105	162	153	153	153	210	105	105	105
5	26	-	40	-	70	162	153	153	153	151	112	112	112

m – distance du boulon de l'âme

m_x – distance du boulon de l'aile de la poutre

e – pince entre le boulon et le bord extérieur

e_x – pince entre le boulon et le bord extérieur horizontal

p – entraxe des boulons

l_{eff,cp} – longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes circulaires

l_{eff,nc} – longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes non circulaires

l_{eff,1} – longueur efficace pour un boulon pour le mode 1

l_{eff,2} – longueur efficace pour un boulon pour le mode 2

l_{eff,cp,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires

l_{eff,nc,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires

l_{eff,1,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 1

l_{eff,2,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 2

V.2.8.3 résistance de l'assemblage à la flexion

$f_{t,rd} = 113,04$ [kn] résistance du boulon à la traction

$f_{t,rd} = 113,04$ [kn] résistance du boulon à la traction

$b_{p,rd} = 139,41$ [kn] résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement

$f_{t,fc,rd}$ – résistance de la semelle du poteau à la flexion

$f_{t,wc,rd}$ – résistance de l'âme du poteau à la traction

$f_{t,ep,rd}$ – résistance de la platine fléchie à la flexion

$f_{t,wb,rd}$ – résistance de l'âme à la traction

$f_{t,fc,rd} = \min (f_{t,1,fc,rd} , f_{t,2,fc,rd} , f_{t,3,fc,rd})$

$f_{t,wc,rd} = w b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{m0}$

$f_{t,ep,rd} = \min (f_{t,1,ep,rd} , f_{t,2,ep,rd} , f_{t,3,ep,rd})$

$f_{t,wb,rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / g_{m0}$

Tableau V.03: resistance de la rangee de boulons n° 1

$f_{t1,rd,comp}$ – formule	$f_{t1,rd,comp}$	composant
$f_{t1,rd} = \min (f_{t1,rd,comp})$	168,82	résistance d'une rangée de boulon
$f_{t,fc,rd(1)} = 168,82$	168,82	aile du poteau - traction
$f_{t,wc,rd(1)} = 190,27$	190,27	ame du poteau - traction
$f_{t,ep,rd(1)} = 226,08$	226,08	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(1)} = 270,40$	270,40	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 278,82$	278,82	boulons au cisaillement/poinçonnement
$v_{wp,rd}/b = 320,86$	320,86	panneau d'âme - compression
$f_{c,wc,rd} = 499,74$	499,74	ame du poteau - compression
$f_{c,fb,rd} = 588,00$	588,00	aile de la poutre - compression
$f_{c,wb,rd} = 472,32$	472,32	ame de la poutre - compression

Tableau V.04: resistance de la rangee de boulons n° 2

$f_{t2,rd,comp}$ – formule	$f_{t2,rd,comp}$	composant
$f_{t2,rd} = \min (f_{t2,rd,comp})$	82,51	résistance d'une rangée de boulon
$f_{t,fc,rd(2)} = 164,89$	164,89	aile du poteau - traction
$f_{t,wc,rd(2)} = 190,27$	190,27	ame du poteau - traction
$f_{t,ep,rd(2)} = 226,08$	226,08	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(2)} = 255,57$	255,57	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 278,82$	278,82	boulons au cisaillement/poinçonnement

f_{t,rd,comp} – formule	f_{t,rd,comp}	composant
$v_{wp,rd}/b - \sum_1^1 f_{ti,rd} = 320,86 - 168,82$	152,04	panneau d'âme - compression
$f_{c,wc,rd} - \sum_1^1 f_{tj,rd} = 499,74 - 168,82$	330,93	ame du poteau - compression
$f_{c,fb,rd} - \sum_1^1 f_{tj,rd} = 588,00 - 168,82$	419,18	aile de la poutre - compression
$f_{c,wb,rd} - \sum_1^1 f_{tj,rd} = 472,32 - 168,82$	303,51	ame de la poutre - compression
$f_{t,fc,rd(2+1)} - \sum_1^1 f_{tj,rd} = 251,32 - 168,82$	82,51	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(2+1)} - \sum_1^1 f_{tj,rd} = 263,05 - 168,82$	94,23	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(2+1)} - \sum_1^1 f_{tj,rd} = 418,20 - 168,82$	249,38	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(2+1)} - \sum_1^1 f_{tj,rd} = 344,06 - 168,82$	175,24	ame de la poutre - traction - groupe

Tableau V.05: resistance de la rangee de boulons n° 3

f_{t,rd,comp} – formule	f_{t,rd,comp}	composant
$f_{t,rd} = \min (f_{t,rd,comp})$	69,53	résistance d'une rangée de boulon
$f_{t,fc,rd(3)} = 164,89$	164,89	aile du poteau - traction
$f_{t,wc,rd(3)} = 190,27$	190,27	ame du poteau - traction
$f_{t,ep,rd(3)} = 226,08$	226,08	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(3)} = 255,57$	255,57	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 278,82$	278,82	boulons au cisaillement/poinçonnement
$v_{wp,rd}/b - \sum_1^2 f_{ti,rd} = 320,86 - 251,32$	69,53	panneau d'âme - compression
$f_{c,wc,rd} - \sum_1^2 f_{tj,rd} = 499,74 - 251,32$	248,42	ame du poteau - compression
$f_{c,fb,rd} - \sum_1^2 f_{tj,rd} = 588,00 - 251,32$	336,68	aile de la poutre - compression
$f_{c,wb,rd} - \sum_1^2 f_{tj,rd} = 472,32 - 251,32$	221,00	ame de la poutre - compression
$f_{t,fc,rd(3+2)} - \sum_2^2 f_{tj,rd} = 242,08 - 82,51$	159,57	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(3+2)} - \sum_2^2 f_{tj,rd} = 255,66 - 82,51$	173,16	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,fc,rd(3+2+1)} - \sum_2^1 f_{tj,rd} = 396,57 - 251,32$	145,25	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(3+2+1)} - \sum_2^1 f_{tj,rd} = 354,88 - 251,32$	103,56	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(3+2)} - \sum_2^2 f_{tj,rd} = 392,93 - 82,51$	310,42	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(3+2)} - \sum_2^2 f_{tj,rd} = 291,99 - 82,51$	209,48	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(3+2+1)} - \sum_2^1 f_{tj,rd} = 628,83 - 251,32$	377,51	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(3+2+1)} - \sum_2^1 f_{tj,rd} = 519,25 - 251,32$	267,93	ame de la poutre - traction - groupe

réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$f_{t3,rd} = f_{t2,rd} h_3/h_2$$

résistance réduite d'une rangée de boulon

$$f_{t3,rd} = 64,50 \quad [\text{kn}]$$

Tableau V.06: resistance de la rangee de boulons n° 4

f_{t4,rd,comp} – formule	f_{t4,rd,comp}	composant
$f_{t4,rd} = \min (f_{t4,rd,comp})$	5,04	résistance d'une rangée de boulon
$f_{t,fc,rd(4)} = 164,89$	164,89	aile du poteau - traction
$f_{t,wc,rd(4)} = 190,27$	190,27	ame du poteau - traction
$f_{t,ep,rd(4)} = 226,08$	226,08	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(4)} = 255,57$	255,57	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 278,82$	278,82	boulons au cisaillement/poinçonnement
$v_{wp,rd}/b - \sum 1^3 f_{ti,rd} = 320,86 - 315,82$	5,04	panneau d'âme - compression
$f_{c,wc,rd} - \sum 1^3 f_{tj,rd} = 499,74 - 315,82$	183,92	ame du poteau - compression
$f_{c,fb,rd} - \sum 1^3 f_{tj,rd} = 588,00 - 315,82$	272,18	aile de la poutre - compression
$f_{c,wb,rd} - \sum 1^3 f_{tj,rd} = 472,32 - 315,82$	156,50	ame de la poutre - compression
$f_{t,fc,rd(4+3)} - \sum 3^3 f_{tj,rd} = 290,49 - 64,50$	226,00	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(4+3)} - \sum 3^3 f_{tj,rd} = 292,17 - 64,50$	227,67	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,fc,rd(4+3+2)} - \sum 3^2 f_{tj,rd} = 387,32 - 147,00$	240,32	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(4+3+2)} - \sum 3^2 f_{tj,rd} = 350,25 - 147,00$	203,25	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,fc,rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 f_{tj,rd} = 541,81 - 315,82$	226,00	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 f_{tj,rd} = 411,31 - 315,82$	95,49	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(4+3)} - \sum 3^3 f_{tj,rd} = 421,27 - 64,50$	356,77	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(4+3)} - \sum 3^3 f_{tj,rd} = 350,38 - 64,50$	285,89	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(4+3+2)} - \sum 3^2 f_{tj,rd} = 603,56 - 147,00$	456,56	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(4+3+2)} - \sum 3^2 f_{tj,rd} = 467,18 - 147,00$	320,18	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 f_{tj,rd} = 839,47 - 315,82$	523,65	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 f_{tj,rd} = 694,44 - 315,82$	378,62	ame de la poutre - traction - groupe

Tableau V.07: Resistance de la rangee de boulons n° 5

f_{t5,rd,comp} – formule	f_{t5,rd,comp}	composant
$f_{t5,rd} = \min (f_{t5,rd,comp})$	0,00	résistance d'une rangée de boulon

f_{t5,rd,comp} – formule	f_{t5,rd,comp}	composant
$f_{t,fc,rd(5)} = 167,76$	167,76	aile du poteau - traction
$f_{t,wc,rd(5)} = 190,27$	190,27	ame du poteau - traction
$f_{t,ep,rd(5)} = 226,08$	226,08	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(5)} = 255,57$	255,57	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 278,82$	278,82	boulons au cisaillement/poinçonnement
$v_{wp,rd}/b - \sum 1^4 f_{t,rd} = 320,86 - 320,86$	0,00	panneau d'âme - compression
$f_{c,wc,rd} - \sum 1^4 f_{tj,rd} = 499,74 - 320,86$	178,89	ame du poteau - compression
$f_{c,fb,rd} - \sum 1^4 f_{tj,rd} = 588,00 - 320,86$	267,14	aile de la poutre - compression
$f_{c,wb,rd} - \sum 1^4 f_{tj,rd} = 472,32 - 320,86$	151,47	ame de la poutre - compression
$f_{t,fc,rd(5+4)} - \sum 4^4 f_{tj,rd} = 294,97 - 5,04$	289,93	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(5+4)} - \sum 4^4 f_{tj,rd} = 295,27 - 5,04$	290,24	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,fc,rd(5+4+3)} - \sum 4^3 f_{tj,rd} = 440,21 - 69,53$	370,68	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(5+4+3)} - \sum 4^3 f_{tj,rd} = 374,86 - 69,53$	305,32	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,fc,rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 f_{tj,rd} = 537,05 - 152,04$	385,00	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 f_{tj,rd} = 409,86 - 152,04$	257,82	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,fc,rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 f_{tj,rd} = 691,54 - 320,86$	370,68	aile du poteau - traction - groupe
$f_{t,wc,rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 f_{tj,rd} = 446,90 - 320,86$	126,05	ame du poteau - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(5+4)} - \sum 4^4 f_{tj,rd} = 426,61 - 5,04$	421,57	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(5+4)} - \sum 4^4 f_{tj,rd} = 361,37 - 5,04$	356,34	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(5+4+3)} - \sum 4^3 f_{tj,rd} = 637,24 - 69,53$	567,71	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(5+4+3)} - \sum 4^3 f_{tj,rd} = 536,57 - 69,53$	467,03	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 f_{tj,rd} = 819,53 - 152,04$	667,49	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 f_{tj,rd} = 653,36 - 152,04$	501,32	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 f_{tj,rd} = 1055,44 - 320,86$	734,58	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 f_{tj,rd} = 880,62 - 320,86$	559,77	ame de la poutre - traction - groupe

Tableau V.08 : tableau recapitulatif des efforts

nr	h_j	f_{tj,rd}	f_{t,fc,rd}	f_{t,wc,rd}	f_{t,ep,rd}	f_{t,wb,rd}	f_{t,rd}	b_{p,rd}
1	391	168,82	168,82	190,27	226,08	270,40	226,08	278,82
2	321	82,51	164,89	190,27	226,08	255,57	226,08	278,82
3	251	64,50	164,89	190,27	226,08	255,57	226,08	278,82

nr	h _j	f _{tj,rd}	f _{t,fc,rd}	f _{t,wc,rd}	f _{t,ep,rd}	f _{t,wb,rd}	f _{t,rd}	b _{p,rd}
4	111	5,04	164,89	190,27	226,08	255,57	226,08	278,82
5	41	-	167,76	190,27	226,08	255,57	226,08	278,82

résistance de l'assemblage a la flexion m_{j,rd}

$$m_{j,rd} = \sum h_j f_{tj,rd}$$

m_{j,rd} = 109,14 [kn*m] résistance de l'assemblage à la flexion

m_{b1,ed} / m_{j,rd} ≤ 1,0 0,46 < 1,00 vérifié (0,46)

V.2.8.9 résistance des soudures

a_w = 100,72 [cm²] aire de toutes les soudures

a_{wy} = 63,18 [cm²] aire des soudures horizontals

a_{wz} = 37,54 [cm²] aire des soudures verticals

i_{wy} = 26261,49 [cm⁴] moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz.

s[^]_{max}=t[^]_{max} = 32,62 [mpa] contrainte normale dans la soudure

s[^]=t[^] = 28,62 [mpa] contraintes dans la soudure vertical

t_{ii} = 0,00 [mpa] contrainte tangentielle

b_w = 0,80 coefficient de corrélation

ö[s[^]_{max}² + 3*(t[^]_{max}²)] ≤ f_u/(b_w*g_{m2}) 65,23 < 360,00 vérifié (0,18)

ö[s[^]² + 3*(t[^]²+t_{ii}²)] ≤ f_u/(b_w*g_{m2}) 57,24 < 360,00 vérifié (0,16)

s[^] ≤ 0.9*f_u/g_{m2} 32,62 < 259,20 vérifié (0,13)

v.2.8.10 rigidité de l'assemblage

t_{wash} = 4 [mm] epaisseur de la plaquette

h_{head} = 12 [mm] hauteur de la tête du boulon

h_{nut} = 16 [mm] hauteur de l'écrou du boulon

l_b = 53 [mm] longueur du boulon

k₁₀ = 5 [mm] coefficient de rigidité des boulons

Tableau V.09: rigidites des rangees de boulons

nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	k _{eff,j} h _j ²
					somme	12,62	376,18
1	391	2	17	57	1	4,95	193,45

nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	k _{eff,j} h _j ²
2	321	1	10	29	1	2,81	90,21
3	251	2	16	44	1	3,02	75,72
4	111	2	16	44	1	1,33	14,76
5	41	2	16	47	1	0,50	2,04

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1 / k_{i,j}))$$

$$z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$$

$$z_{eq} = 298 \text{ [mm] bras de levier equivalent}$$

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / z_{eq}$$

$$k_{eq} = 4 \text{ [mm] coefficient de rigidité équivalent du système de boulons}$$

$$a_{vc} = 25,68 \text{ [cm}^2\text{] aire de la section au cisaillement}$$

$$b = 1,00 \text{ paramètre de transformation}$$

$$z = 298 \text{ [mm] bras de levier}$$

$$k_1 = 3 \text{ [mm] coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en cisaillement}$$

$$k_2 = \infty \text{ coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en compression}$$

$$s_{j,ini} = e z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$$

$$s_{j,ini} = 34446,94 \text{ [kn*m] rigidité en rotation initiale}$$

$$m = 1,00 \text{ coefficient de rigidité de l'assemblage}$$

$$s_j = s_{j,ini} / m$$

$$s_j = 34446,94 \text{ [kn*m] rigidité en rotation finale}$$

classification de l'assemblage par rigidité.

$$s_{j,rig} = 28076,53 \text{ [kn*m] rigidité de l'assemblage rigide}$$

$$s_{j,pin} = 1754,78 \text{ [kn*m] rigidité de l'assemblage articulé}$$

V.2.8 composant le pible:

assemblage satisfaisant vis à vis de la norme

ratio 0,46

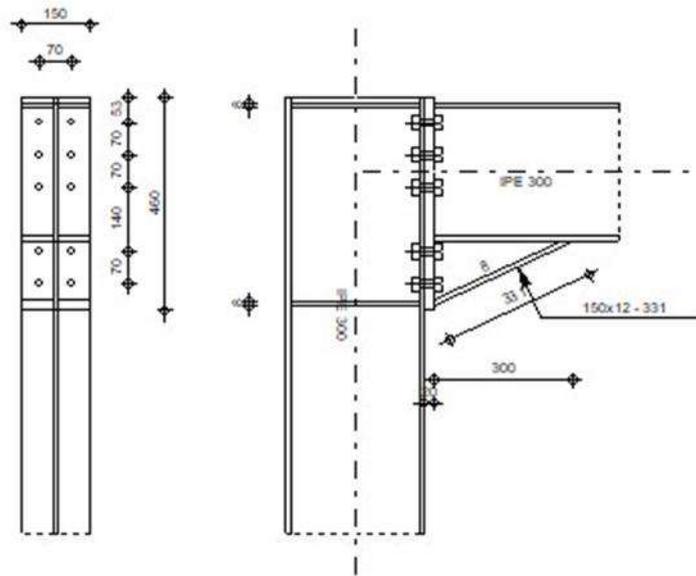


figure v.2 : schéma de jonction poteau-poutre.

V.3 Assemblage poutre:

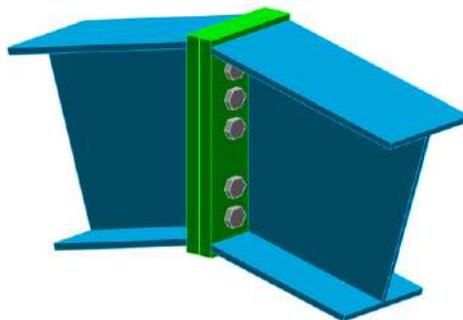


Figure v.1: assemblage poutre -poutre

V.1 GENERAL

assemblage n°: 4

nom de l'assemblage : poutre - poutre

V.1.1 Poutre

profilé: IPE 300

$h_{bl} = 300$ [mm] hauteur de la section de la poutre

$b_{fbl} = 150$ [mm] largeur de la section de la poutre

$t_{wbl} = 7$ [mm] épaisseur de l'âme de la section de la poutre

$t_{fbl} = 11$ [mm] épaisseur de l'aile de la section de la poutre

$r_{bl} = 15$ [mm] rayon de congé de la section de la poutre

$a_{bl} = 53,81$ [cm²] aire de la section de la poutre

$i_{xbl} = 8356,11$ [cm⁴] moment d'inertie de la poutre

matériau: s 235

$f_{yb} = 235,00$ [mpa] résistance

V.1.2 Poutre

profilé: ipe 300

$h_{br} = 300$ [mm] hauteur de la section de la poutre

$b_{fbr} = 150$ [mm] largeur de la section de la poutre

$t_{wbr} = 7$ [mm] épaisseur de l'âme de la section de la poutre

$t_{fbr} = 11$ [mm] épaisseur de l'aile de la section de la poutre

$r_{br} = 15$ [mm] rayon de congé de la section de la poutre

$a_{br} = 53,81$ [cm²] aire de la section de la poutre

$i_{xbr} = 8356,11$ [cm⁴] moment d'inertie de la poutre

matériau: s 235

$f_{yb} = 235,00$ [mpa] résistance

V.1.3 Boulons

le plan de cisaillement passe par la partie non filetée du boulon

$d = 12$ [mm] diamètre du boulon

classe = hr 8.8 classe du boulon

$f_{trd} = 54,43$ [kn] résistance du boulon à la traction

$n_h = 2$ nombre de colonnes des boulons

$n_v = 4$ nombre de rangées des boulons

$h_1 = 49$ [mm] pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about

écartement $e_i = 40$ [mm]

entraxe $p_i = 60;80;50$ [mm]

V.1.4 Platine

$h_{pr} = 330$ [mm] hauteur de la platine

$b_{pr} = 95$ [mm] largeur de la platine

$t_{pr} = 15$ [mm] épaisseur de la platine

matériau: acier e24

$f_{ypr} = 235,00$ [mpa] résistance

V.2 Résultats

V.2.1 Résistances de la poutre

V.2.1.1 Flexion - moment plastique (sans renforts)

$w_{plb} = 628,36 \text{ [cm}^3\text{]}$ facteur plastique de la section

$m_{b,pl,rd} = w_{plb} f_{yb} /$

$m_{b,pl,rd} = 147,66 \text{ [kn*m]}$ résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts)

V.2.1.2 Flexion au contact de la plaque avec l'element assemble

$w_{pl} = 628,36 \text{ [cm}^3\text{]}$ facteur plastique de la section

$m_{cb,rd} = w_{pl} f_{yb} / \square_{m0}$

$m_{cb,rd} = 147,66 \text{ [kn*m]}$ résistance de calcul de la section à la flexion

V.2.1.3 Aile et ame en compression

$m_{cb,rd} = 147,66 \text{ [kn*m]}$ résistance de calcul de la section à la flexion

$h_f = 289 \text{ [mm]}$ distance entre les centres de gravité des ailes

V.2.1.4 Paramètres géométriques de l'assemblage

Tableau V.10: longueurs efficaces et parametres - platine d'about

nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	11	-	28	-	60	68	79	68	79	94	70	70	70
2	11	-	28	-	70	68	78	68	78	140	70	70	70
3	11	-	28	-	65	68	78	68	78	130	65	65	65
4	11	-	28	-	50	68	78	68	78	84	64	64	64

m – distance du boulon de l'âme

m_x – distance du boulon de l'aile de la poutre

e – pince entre le boulon et le bord extérieur

e_x – pince entre le boulon et le bord extérieur horizontal

p – entraxe des boulons

l_{eff,cp} – longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes circulaires

l_{eff,nc} – longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes non circulaires

l_{eff,1} – longueur efficace pour un boulon pour le mode 1

l_{eff,2} – longueur efficace pour un boulon pour le mode 2

l_{eff,cp,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires

l_{eff,nc,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires

l_{eff,1,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 1

l_{eff,2,g} – longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 2

V.2.2 Résistance de l'assemblage à la flexion

- $f_{t,rd} = 54,43$ [kn] résistance du boulon à la traction
 $b_{p,rd} = 148,61$ [kn] résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement
 $f_{t,fc,rd}$ – résistance de la semelle du poteau à la flexion
 $f_{t,wc,rd}$ – résistance de l'âme du poteau à la traction
 $f_{t,ep,rd}$ – résistance de la platine fléchie à la flexion
 $f_{t,wb,rd}$ – résistance de l'âme à la traction
 $f_{t,fc,rd} = \min (f_{t,1,fc,rd} , f_{t,2,fc,rd} , f_{t,3,fc,rd})$

Tableau V.11: resistance de la rangee de boulons n° 1

$f_{t1,rd,comp}$ - formule	$f_{t1,rd,comp}$	composant
$f_{t1,rd} = \min (f_{t1,rd,comp})$	108,86	résistance d'une rangée de boulon
$f_{t,ep,rd(1)} = 108,86$	108,86	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(1)} = 113,15$	113,15	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 297,22$	297,22	boulons au cisaillement/poinçonnement
$f_{c,fb,rd} = 510,42$	510,42	aile de la poutre - compression

Tableau V.12: resistance de la rangee de boulons n° 2

$f_{t2,rd,comp}$ - formule	$f_{t2,rd,comp}$	composant
$f_{t2,rd} = \min (f_{t2,rd,comp})$	108,86	résistance d'une rangée de boulon
$f_{t,ep,rd(2)} = 108,86$	108,86	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(2)} = 113,15$	113,15	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 297,22$	297,22	boulons au cisaillement/poinçonnement
$f_{c,fb,rd} - \sum_1^1 f_{ij,rd} = 510,42 - 108,86$	401,56	aile de la poutre - compression
$f_{t,ep,rd(2+1)} - \sum_1^1 f_{ij,rd} = 217,73 - 108,86$	108,86	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(2+1)} - \sum_1^1 f_{ij,rd} = 233,31 - 108,86$	124,45	ame de la poutre - traction - groupe

V.2.3 Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

- $f_{t2,rd} = f_{t1,rd} h_2/h_1$
 $f_{t2,rd} = 84,31$ [kn] résistance réduite d'une rangée de boulon

Tableau V.13: resistance de la rangee de boulons n° 3

$f_{t3,rd,comp}$ - formule	$f_{t3,rd,comp}$	composant
$f_{t3,rd} = \min (f_{t3,rd,comp})$	108,86	résistance d'une rangée de boulon

f_{t3,rd,comp} - formule	f_{t3,rd,comp}	composant
$f_{t,ep,rd(3)} = 108,86$	108,86	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(3)} = 113,15$	113,15	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 297,22$	297,22	boulons au cisaillement/poinçonnement
$f_{c,fb,rd} - \sum_1^2 f_{ij,rd} = 510,42 - 193,18$	317,24	aile de la poutre - compression
$f_{t,ep,rd(3+2)} - \sum_2^2 f_{ij,rd} = 217,73 - 84,31$	133,42	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(3+2)} - \sum_2^2 f_{ij,rd} = 225,25 - 84,31$	140,94	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(3+2+1)} - \sum_2^1 f_{ij,rd} = 326,59 - 193,18$	133,42	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(3+2+1)} - \sum_2^1 f_{ij,rd} = 341,76 - 193,18$	148,59	ame de la poutre - traction - groupe

V.2.4 Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$f_{t3,rd} = f_{t1,rd} h_3/h_1$$

$$f_{t3,rd} = 51,58 \quad [\text{kn}] \quad \text{résistance réduite d'une rangée de boulon}$$

$$f_{t3,rd} = f_{t2,rd} h_3/h_2$$

$$f_{t3,rd} = 51,58 \quad [\text{kn}] \quad \text{résistance réduite d'une rangée de boulon}$$

Tableau V.14: résistance de la rangee de boulons n° 4

f_{t4,rd,comp} - formule	f_{t4,rd,comp}	composant
$f_{t4,rd} = \min (f_{t4,rd,comp})$	108,86	résistance d'une rangée de boulon
$f_{t,ep,rd(4)} = 108,86$	108,86	platine d'about - traction
$f_{t,wb,rd(4)} = 113,15$	113,15	ame de la poutre - traction
$b_{p,rd} = 297,22$	297,22	boulons au cisaillement/poinçonnement
$f_{c,fb,rd} - \sum_1^3 f_{ij,rd} = 510,42 - 244,75$	265,67	aile de la poutre - compression
$f_{t,ep,rd(4+3)} - \sum_3^3 f_{ij,rd} = 217,73 - 51,58$	166,15	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(4+3)} - \sum_3^3 f_{ij,rd} = 214,86 - 51,58$	163,28	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(4+3+2)} - \sum_3^2 f_{ij,rd} = 326,59 - 135,89$	190,70	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(4+3+2)} - \sum_3^2 f_{ij,rd} = 331,65 - 135,89$	195,77	ame de la poutre - traction - groupe
$f_{t,ep,rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 f_{ij,rd} = 435,46 - 244,75$	190,70	platine d'about - traction - groupe
$f_{t,wb,rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 f_{ij,rd} = 448,17 - 244,75$	203,42	ame de la poutre - traction - groupe

V.2.5 Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de bouloes

$$f_{t4,rd} = f_{t1,rd} h_4/h_1$$

$$f_{t4,rd} = 31,12 \quad [\text{kn}] \quad \text{résistance réduite d'une rangée de boulon}$$

$$f_{t4,rd} = f_{t2,rd} h_4/h_2$$

$$f_{t4,rd} = 31,12 \quad [\text{kn}] \quad \text{résistance réduite d'une rangée de boulon}$$

Tableau V.15 :recapitulatif des efforts

nr	h _j	f _{tj,rd}	f _{t,fc,rd}	f _{t,wc,rd}	f _{t,ep,rd}	f _{t,wb,rd}	f _{t,rd}	b _{p,rd}
1	266	108,86	-	-	108,86	113,15	108,86	297,22
2	206	84,31	-	-	108,86	113,15	108,86	297,22
3	126	51,58	-	-	108,86	113,15	108,86	297,22
4	76	31,12	-	-	108,86	113,15	108,86	297,22

V.2.6 Résistance de l'assemblage a la flexion m_{j,rd}

$$m_{j,rd} = \sum h_j f_{tj,rd}$$

$$m_{j,rd} = 55,20 \quad [\text{kn*m}] \quad \text{résistance de l'assemblage à la flexion} \quad [6.2]$$

$$m_{b1,ed} / m_{j,rd} \leq 1,0 \quad 0,91 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,91)$$

V.2.7 Résistance des soudures

$$a_w = 50,20 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{aire de toutes les soudures}$$

$$a_{wy} = 24,46 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{aire des soudures horizontales}$$

$$a_{wz} = 25,74 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{aire des soudures verticales}$$

$$i_{wy} = 7100,08 \quad [\text{cm}^4] \quad \text{moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz.}$$

$$\ddot{O}[s^{\wedge} \text{max}^2 + 3*(t^{\wedge} \text{max}^2)] \leq f_u/(b_w * g_{M2}) \quad 101,80 < 360,00 \quad \text{vérifié}$$

$$\ddot{O}[s^{\wedge} + 3*(t^{\wedge} + t_{II}^2)] \leq f_u/(b_w * g_{M2}) \quad 82,24 < 360,00 \quad \text{vérifié}$$

$$s^{\wedge} \leq 0.9 * f_u / g_{M2} \quad 50,90 < 259,20 \quad \text{vérifié}$$

V.2.8 Rigidité de l'assemblage

$$t_{wash} = 3 \quad [\text{mm}] \quad \text{épaisseur de la plaquette}$$

$$h_{head} = 9 \quad [\text{mm}] \quad \text{hauteur de la tête du boulon}$$

$$h_{nut} = 12 \quad [\text{mm}] \quad \text{hauteur de l'écrou du boulon}$$

$$l_b = 42 \quad [\text{mm}] \quad \text{longueur du boulon}$$

$$k_{10} = 3 \quad [\text{mm}] \quad \text{coefficient de rigidité des boulons}$$

V.2.8 Rigidité de l'assemblage

$t_{wash} = 3$ [mm] épaisseur de la plaquette

Tableau V.16: rigidites des rangees de boulons

nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	k _{eff,j} h _j ²
					somme	20,66	413,45
1	266	∞	∞	164	3	8,16	216,98
2	206	∞	∞	164	3	6,32	130,15
3	126	∞	∞	157	3	3,86	48,63
4	76	∞	∞	154	3	2,33	17,69

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1 / k_{i,j}))$$

$$z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$$

$$z_{eq} = 200 \text{ [mm] bras de levier équivalent}$$

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / z_{eq}$$

$$k_{eq} = 10 \text{ [mm] coefficient de rigidité équivalent du système de boulons}$$

$$s_{j,ini} = e z_{eq}^2 k_{eq}$$

$$s_{j,ini} = 86823,53 \text{ [kn*m] rigidité en rotation initiale}$$

$$s_j = 37953,10 \text{ [kn*m] rigidité en rotation finale}$$

V.3 Classification de l'assemblage par rigidité.

$$s_{j,rig} = 28076,53 \text{ [kn*m] rigidité de l'assemblage rigide}$$

$$s_{j,pin} = 1754,78 \text{ [kn*m] rigidité de l'assemblage articulé}$$

V.4 Composant le plus faible:

rupture des boulons

assemblage satisfaisant vis à vis de la norme

ratio 0,91

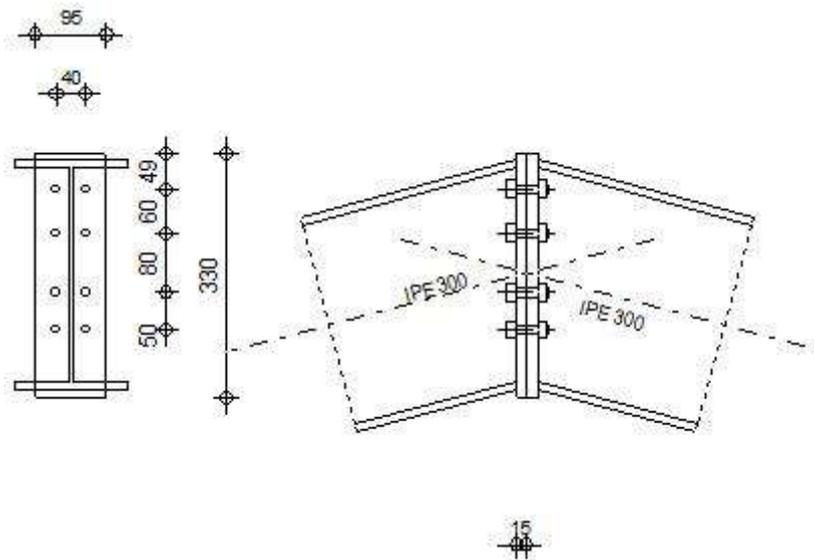


Figure IV.5: schéma de jonction poutre - poutre

chapitre VII: calcule des fondations

CHAPITRE VII: CALCULE DES FONDATIONS

1Semelle isolée: Semelle50

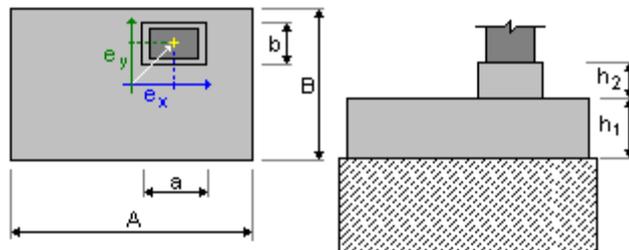
Nombre: 1

1.1 Données de base

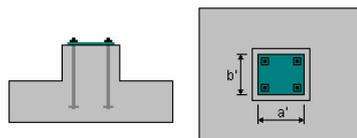
1.1.1 Principes

- Norme pour les calculs géotechniques : DTU 13.12
- Norme pour les calculs béton armé : BAEL 91 mod. 99
- Semelle sur gros béton
- Forme de la semelle : libre

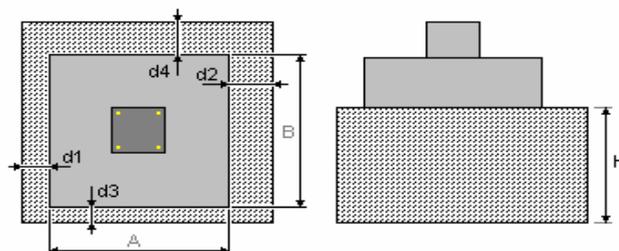
1.1.2 Géométrie:



A	= 1,90 (m)	a	= 0,57 (m)
B	= 1,50 (m)	b	= 0,36 (m)
h1	= 0,30 (m)	ex	= 0,00 (m)
h2	= 0,40 (m)	ey	= 0,00 (m)



a'	= 27,0 (cm)
b'	= 15,0 (cm)
c1	= 5,0 (cm)
c2	= 3,0 (cm)



- H = 0,10 (m)
- d1 = 0,10 (m)
- d2 = 0,10 (m)
- d3 = 0,10 (m)
- d4 = 0,10 (m)

1.1.3 Matériaux

- Béton: **BETON**; résistance caractéristique = 25,00 MPa

Poids volumique = 2501,36 (kG/m³)

Gros béton: C12/15; résistance caractéristique = 12,00 MPa

Poids volumique = 2501,36 (kG/m³)

- Armature longitudinale: type HA 500 résistance caractéristique = 500,00 MPa
- Armature transversale: type HA 500 résistance caractéristique = 500,00 MPa
- Armature additionnelle: type HA 500 résistance caractéristique = 500,00 MPa

1.2 Dimensionnement géotechnique

1.2.1 Principes

Dimensionnement de la fondation sur:

- Capacité de charge
- Glissement
- Renversement
- Soulèvement

1.2.2 Sol:

Contraintes dans le sol: $s_{ELU} = 0.07$ (MPa) $s_{ELS} = 0.05$ (MPa)

Niveau du sol: $N_1 = 0,00$ (m)

Niveau maximum de la semelle: $N_a = 0,00$ (m)

Niveau du fond de fouille: $N_f = -0,50$ (m)

Argiles et limons fermes

- Niveau du sol: 0.00 (m)
- Poids volumique: 2039.43 (kG/m³)
- Poids volumique unitaire: 2692.05 (kG/m³)
- Angle de frottement interne: 30.0 (Deg)
- Cohésion: 0.02 (MPa)

1.2.3 États limites

La rigidité de la fondation trop faible. La condition: $h > \min [(B-b)/4 ; (A-a)/4]$ n'est pas satisfaite.

Analyse de la stabilité de la semelle

Calcul des contraintes

Combinaison dimensionnante ELU :

ELU/104 = $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.05 + 5 \cdot 1.05 + 9 \cdot 1.50 + 15 \cdot 1.35 \dots$ N = 131,39 Mx = 0,09
My = 35,22 Fx = 13,80 Fy = -0,02

Coefficients de chargement:

1.35 * poids de la fondation

1.35 * poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 59,60 (kN)

Charge dimensionnante:

Nr = 190,99 (kN) Mx = 0,10 (kN*m) My = 44,88 (kN*m)

Contrainte dans le sol: 0.12 (MPa)

Coefficient de sécurité: 68.45 > 1

Soulèvement

Soulèvement ELU

Combinaison dimensionnante ELU : ELU/158 = $1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 9 \cdot 1.50 + 15 \cdot 1.00$ N = 74,88 Mx = 0,08 My = 31,46 Fx = 11,60 Fy = -0,02

Coefficients de chargement:

1.00 * poids de la fondation

1.00 * poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 44,14 (kN)

Charge dimensionnante:

Nr = 119,03 (kN) Mx = 0,09 (kN*m) My = 39,58 (kN*m)

Surface de contact: s = 97,50 (%)

slim = 10,00 (%)

Soulèvement ELS

Combinaison dimensionnante

ELS:ELS:CAR/90 = $1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 0.70 + 9 \cdot 1.00 + 15 \cdot 1.00 + 16 \cdot 0.70$ N = 95,09
Mx = 0,07 My = 23,99 Fx = 9,52 Fy = -0,01

Coefficients de chargement:

1.00 * poids de la fondation

1.00 * poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 44,14 (kN)

Charge dimensionnante:

$$N_r = 139,24 \text{ (kN)} \quad M_x = 0,08 \text{ (kN*m)} \quad M_y = 30,65 \text{ (kN*m)}$$

Surface de contact: s

$$= 100,00 \text{ (\%)} \\ s_{lim} = 30,00 \text{ (\%)}$$

Glissement

Combinaison dimensionnante ELU : $ELU/160 = 1*1,00 + 2*1,00 + 3*1,00 + 15*1,00 + 13*1,50$
 $N = 59,93$ $M_x = 0,03$ $M_y = 25,80$ $F_x = 10,68$ $F_y = -0,01$

Coefficients de chargement:

$$1,00 * \text{ poids de la fondation}$$

$$1,00 * \text{ poids du sol}$$

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $Gr = 44,14 \text{ (kN)}$

Charge dimensionnante:

$$N_r = 104,07 \text{ (kN)} \quad M_x = 0,04 \text{ (kN*m)} \quad M_y = 33,28 \text{ (kN*m)}$$

Coefficient de frottement fondation - sol: $f = 0,75$

Valeur de la force de glissement $F = 10,68 \text{ (kN)}$

Valeur de la force empêchant le glissement de la fondation:

- su niveau du sol: $F(\text{stab}) = 78,06 \text{ (kN)}$

Stabilité au glissement: $7.311 > 1$

Renversement

Autour de l'axe OX

Combinaison dimensionnante ELU : $ELU/164 = 1*1,00 + 2*1,00 + 3*1,00 + 4*1,05 + 9*1,50 + 15*1,00$
 $N = 77,99$ $M_x = 0,08$ $M_y = 32,08$ $F_x = 11,69$ $F_y = -0,02$

Coefficients de chargement:

$$1,00 * \text{ poids de la fondation}$$

$$1,00 * \text{ poids du sol}$$

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $Gr = 44,14 \text{ (kN)}$

Charge dimensionnante:

$$N_r = 122,13 \text{ (kN)} \quad M_x = 0,10 \text{ (kN*m)} \quad M_y = 40,26 \text{ (kN*m)}$$

Moment stabilisateur: $M_{stab} = 91,60 \text{ (kN*m)}$

Moment de renversement: $M_{renv} = 0,10 \text{ (kN*m)}$

Stabilité au renversement: $930.3 > 1$

Autour de l'axe OY

Combinaison défavorable: ELU : $ELU/158 = 1*1,00 + 2*1,00 + 3*1,00 + 9*1,50 + 15*1,00$
 $N = 74,88$ $M_x = 0,08$ $M_y = 31,46$ $F_x = 11,60$ $F_y = -0,02$

Coefficients de chargement:

$$1,00 * \text{ poids de la fondation}$$

$$1,00 * \text{ poids du sol}$$

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $Gr = 44,14$ (kN)

Charge dimensionnante:

$Nr = 119,03$ (kN) $Mx = 0,09$ (kN*m) $My = 39,58$ (kN*m)

Moment stabilisateur: $M_{stab} = 113,07$ (kN*m)

Moment de renversement: $M_{renv} = 40,74$ (kN*m)

Stabilité au renversement: $2.776 > 1$

Analyse de la stabilité du gros béton

Calcul des contraintes

Type de sol sous la fondation: uniforme

Combinaison dimensionnante ELU :

$ELU/104=1*1.35+2*1.35+3*1.35+4*1.05+5*1.05+9*1.50+15*1.35... N=131,39 Mx=0,09$

$My=35,22 Fx=13,80 Fy=-0,02$

Coefficients de chargement: $1.35 * \text{poids de la fondation}$

$1.35 * \text{poids du sol}$

Résultats de calculs: au niveau du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $Gr = 71,42$ (kN)

Charge dimensionnante:

$Nr = 202,81$ (kN) $Mx = 0,10$ (kN*m) $My = 44,88$ (kN*m)

Dimensions équivalentes de la fondation:

$$B' = 1$$

$$L' = 1$$

Épaisseur du niveau: $D_{min} = 0,80$ (m)

Méthode de calculs de la contrainte de rupture: pressiométrique de contrainte (DTU 13.12, 3.22)

$qu = 0.15$ (MPa)

Butée de calcul du sol:

$qlim = qu / gf = 0.07$ (MPa)

$gf = 2,00$

Contrainte dans le sol: $qref = 0.07$ (MPa)

Coefficient de sécurité: $qlim / qref = 1.002 > 1$

Soulèvement

Soulèvement ELU

Combinaison dimensionnante ELU :

$ELU/178=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.05+5*1.05+15*1.00+13*1.50 N=64,13 Mx=0,03$

$M_y=26,40$ $F_x=10,74$ $F_y=-0,00$

Coefficients de chargement: $1.00 * \text{ poids de la fondation}$
 $1.00 * \text{ poids du sol}$

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $Gr = 52,90$ (kN)

Charge dimensionnante:

$N_r = 117,04$ (kN) $M_x = 0,03$ (kN*m) $M_y = 35,00$ (kN*m)

Surface de contact $s = 100,00$ (%)
 $s_{lim} = 10,00$ (%)

Soulèvement ELS

Combinaison défavorable: ELS : $ELS:QPR/8=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5*0.30 + 15*1.00 + 16*0.30$ $N=89,30$ $M_x=0,01$ $M_y=5,34$ $F_x=3,33$ $F_y=0,00$

Coefficients de chargement: $1.00 * \text{ poids de la fondation}$
 $1.00 * \text{ poids du sol}$

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $Gr = 52,90$ (kN)

Charge dimensionnante:

$N_r = 142,21$ (kN) $M_x = 0,01$ (kN*m) $M_y = 8,01$ (kN*m)

Surface de contact $s = 100,00$ (%)
 $s_{lim} = 100,00$ (%)

1.3 Dimensionnement Béton Armé

1.3.2 Principes

- Fissuration : préjudiciable
- Milieu : non agressif
- Prise en compte de la condition de non-fragilité : oui

1.3.2 Analyse du poinçonnement et du cisaillement Poinçonnement

Combinaison dimensionnante ELU :

$ELU/3=1*1.35+2*1.35+3*1.35+4*1.50+5*1.50+7*0.90+15*1.35+16...$ $N=157,31$ $M_x=-0,00$
 $M_y=-6,20$ $F_x=0,38$ $F_y=0,01$

Coefficients de chargement: $1.00 * \text{ poids de la fondation}$
 $1.00 * \text{ poids du sol}$

Charge dimensionnante:

$N_r = 201,46$ (kN) $M_x = -0,01$ (kN*m) $M_y = -5,93$ (kN*m)

Longueur du périmètre critique: $2,80$ (m)

Force de poinçonnement: $99,76$ (kN)

Hauteur efficace de la section	$heff = 0,30$ (m)
Contrainte de cisaillement:	0,12 (MPa)
Contrainte de cisaillement admissible:	0,75 (MPa)
Coefficient de sécurité:	6.321 > 1

1.3.3 Ferrailage théorique

La rigidité de la fondation trop faible. La condition: $h > \min [(B-b)/4 ; (A-a)/4]$ n'est pas satisfaite.

Semelle isolée:

Aciers inférieurs:

$$ELU : ELU/104 = 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.05 + 5*1.05 + 9*1.50 + 15*1.35 \dots N = 131,39$$

$$M_x = 0,09 \quad M_y = 35,22 \quad F_x = 13,80 \quad F_y = -0,02$$

$$M_y = 35,05 \text{ (kN*m)} \quad A_{sx} = 3,01 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$ELU : ELU/2 = 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.50 + 5*1.50 + 6*0.90 + 15*1.35 + 16 \dots N = 157,31$$

$$M_x = -0,00 \quad M_y = -6,20 \quad F_x = 0,38 \quad F_y = 0,01$$

$$M_x = 20,50 \text{ (kN*m)} \quad A_{sy} = 2,64 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_s \text{ min} = 2,74 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Aciers supérieurs:

$$A'_{sx} = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A'_{sy} = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_s \text{ min} = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\text{Espacement réglementaire maximal} \quad e_{\max} = 0,25 \text{ (m)}$$

Fût:

$$\text{Armature longitudinale} \quad A = 7,44 \text{ (cm}^2) \quad A_{\min} = 7,44 \text{ (cm}^2)$$

$$A = 2 * (A_{sx} + A_{sy})$$

$$A_{sx} = 3,06 \text{ (cm}^2) \quad A_{sy} = 0,66 \text{ (cm}^2)$$

$$\text{Aciers de couture semelle - gros béton: } A = A = 0,15 \text{ (cm}^2)$$

1.3.4 Ferrailage réel

2.3.1 Semelle isolée:

Aciers inférieurs:

En X:

$$9 \text{ HA } 500 \text{ } 8 \quad l = 2,06 \text{ (m)} \quad e = 1 * -0,64 + 8 * 0,16$$

En Y:

$$18 \text{ HA } 500 \text{ } 6 \quad l = 1,62 \text{ (m)} \quad e = 1 * -0,85 + 17 * 0,10$$

Aciers supérieurs:

2.3.2 Fût

Armature longitudinale

En Y:

$$8 \text{ HA } 500 \text{ } 12 \text{ } l = 0,78 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot -0,14 + 3 \cdot 0,09$$

Armature transversale

$$4 \text{ HA } 500 \text{ } 6 \text{ } l = 1,74 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot 0,28 + 1 \cdot 0,20 + 2 \cdot 0,09$$

2 *Quantitatif:*

- Volume de Béton = 0,94 (m3)
- Volume du gros béton = 0,36 (m3)
- Surface de Coffrage = 2,78 (m2)
- Acier HA 500
 - Poids total = 20,88 (kG)
 - Densité = 22,29 (kG/m3)
 - Diamètre moyen = 7,2 (mm)
 - Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur	Poids	
		(m)	(kG)
	6	36,06	8,01
	8	18,52	7,31
	12	6,27	5,57

Conclusion

CONCLUSION

CONCLUSION

Ce projet de fin d'étude a été l'occasion parfaite pour mettre en pratique nos connaissances acquises durant nos années d'études et de les approfondir aussi sur la manière d'utiliser les différents règlements techniques et codes de construction ainsi que de nous familiariser avec les différents logiciels de calcul et de dessin tels que le ROBOT 2018.

Les différents éléments de la structure sont dimensionnés à l'ELS puis vérifiés sous les combinaisons les plus défavorables pour assurer la stabilité de la structure sous différentes charges (Neige et Vent, à l'ELU...) suivant les règles mises au point par les différents règlements de calcul

On a aussi pu comprendre la vraie mission de l'ingénieur qui ne vise pas seulement à calculer et dimensionner les structures mais plutôt garantir la sécurité structurale de la construction et aussi la sécurité de ses exploitants tout en prenant en compte l'aspect économique.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

- Règles de conception et de calcul des structures en acier (CCM97), document technique réglementaire D.T.R-B.C-2.44.
- Règles parasismique algériennes (RPA99 version 2003) D.T.R-B.C-2.48.
- Charges permanentes et surcharges d'exploitation D.T.R-B.C-22.
- Règles neige et vent (RNVA2013) D.T.R-C2.47.
- Eurocode 1, Eurocode 2 et Eurocode 3.
- Règles de calcul des fondations superficielles D.T.R-B.C-2.33.
- Règle de L'étude de l'infrastructure selon le «BAEL91».

Mémoires

- Etude d'un bâtiment administratif en charpente métallique, (M. DAHMAN Chérif) ,2011. Université ABOU BEKR BELKAID.
- Etude d'un bâtiment à ossature métallique (R+3) (Mr.Hadi Trigui Yassine),2012 Université ABOU BEKR BELKAID.
- Etude d'un bâtiment métallique (2SS+4ES+RDC+8) (M.R.Nemmiche , et S.Maarouf) ;2012 UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID.
- Etude d'un bâtiment (r+2) en charpente métallique.
- Etude d'un hangar en charpente métallique à l'usage de stockage.

Annexe

Annexe

III.5 Calcul des structures acier se robot

norme: nf en 1993-1:2005/na:2007/ac:2009, eurocode 3: design of steel structures.

III.5.1 Type d'analyse: vérification des familles

III.5.1.1 Famille: 1 panne

III.5.1.2 piece: 155 panne_155

point: 1

III.5.3 coordonnee: $x = 0.50 \text{ l} = 4.00 \text{ m}$

III.5.2 Chargements:

III.5.2.1 Cas de charge décisif:

10 elu /104/ $1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.05 + 5*1.05 + 9*1.50 + 15*1.35 + 16*1.05$

III.5.3 Matériau:



acier e24 $f_y = 235.00 \text{ mpa}$

III.5.4 Parametres de la section: ipe 140

$h = 14.0 \text{ cm}$

$g_{m0} = 1.00$

$g_{m1} = 1.00$

$b = 7.3 \text{ cm}$

$a_y = 11.15 \text{ cm}^2$

$a_z = 7.64 \text{ cm}^2$

$a_x = 16.43 \text{ cm}^2$

$t_w = 0.5 \text{ cm}$

$i_y = 541.22 \text{ cm}^4$

$i_z = 44.92 \text{ cm}^4$

$i_x = 2.54 \text{ cm}^4$

$t_f = 0.7 \text{ cm}$

$w_{ply} = 88.35 \text{ cm}^3$

$w_{plz} = 19.25 \text{ cm}^3$

III.5.5 Efforts internes et resistances ultimes:

$n, ed = 0.04 \text{ kn}$

$m_y, ed = -0.36 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$m_z, ed = 0.25 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$v_y, ed = 0.12 \text{ kn}$

$n_{c, rd} = 386.01 \text{ kn}$

$m_{y, ed, max} = -0.36 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$m_{z, ed, max} = 0.25 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$v_{y, t, rd} = 151.21 \text{ kn}$

$n_{b, rd} = 386.01 \text{ kn}$

$m_{y, c, rd} = 20.76 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$m_{z, c, rd} = 4.52 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$v_{z, ed} = 0.47 \text{ kn}$

$m_{n, y, rd} = 20.76 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$m_{n, z, rd} = 4.52 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$v_{z, t, rd} = 103.64 \text{ kn}$

$m_{b, rd} = 12.29 \text{ kn} \cdot \text{m}$

$t_{t, ed} = -0.00 \text{ kn} \cdot \text{m}$

classe de la section = 1



III.5.6 Parametres de deversement:

$z = 0.00$

$m_{cr} = 15.57 \text{ kn} \cdot \text{m}$

courbe, lt -

$x_{lt} = 0.54$

$l_{cr, low} = 4.80 \text{ m}$

$\lambda_{m, lt} = 1.15$

$f_{i, lt} = 1.28$

$x_{lt, mod} = 0.59$

III.5.7 Parametres de flambement:



en y:



en z:

$k_{yy} = 1.00$

$k_{zz} = 1.00$

III.5.8 Formules de verification:

Annexe

III.5.8.1 Contrôle de la résistance de la section:

$$n_{ed}/n_{c,rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(m_{y,ed}/m_{n,y,rd})^{2.00} + (m_{z,ed}/m_{n,z,rd})^{1.00} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$v_{y,ed}/v_{y,t,rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$v_{z,ed}/v_{z,t,rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{y,ed}/(\tau_{y}/(\sqrt{3} \cdot \sigma_{yk})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{z,ed}/(\tau_{y}/(\sqrt{3} \cdot \sigma_{yk})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

III.5.8.2 Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$m_{y,ed,max}/m_{b,rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$n_{ed}/(x_y \cdot n_{rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot m_{y,ed,max}/(x_{lt} \cdot m_{y,rk}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot m_{z,ed,max}/(m_{z,rk}/\gamma_{M1}) = 0.08 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$n_{ed}/(x_z \cdot n_{rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot m_{y,ed,max}/(x_{lt} \cdot m_{y,rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot m_{z,ed,max}/(m_{z,rk}/\gamma_{M1}) = 0.08 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

profil correct !!!

III.6 Calcul des structures acier se robot

norme: nf en 1993-1:2005/na:2007/ac:2009, eurocode 3: design of steel structures.

III.6.1 Type d'analyse: vérification des familles

III.6.1.1 Famille: 1 traverse

III.6.1.2 Piece: 16 traverse_16 **point:** 7 **coordonnee:** x = 1.00 l = 6.12 m

III.6.2 Chargements:

III.6.2.1 Cas de charge décisif:

$$10 \text{ elu } /105/ 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.05 + 5 \cdot 1.05 + 15 \cdot 1.35 + 12 \cdot 1.50 + 16 \cdot 1.05$$

III.6.3 Matériau:

s 235 (s 235) $f_y = 235.00 \text{ mpa}$



III.6.4 Parametres de la section: ipe 240

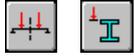
h=48.0 cm	gm0=1.00	gm1=1.00	
b=12.0 cm	ay=23.52 cm ²	az=28.54 cm ²	ax=65.15 cm ²
tw=0.6 cm	iy=18534.29 cm ⁴	iz=425.21 cm ⁴	ix=18.32 cm ⁴
tf=1.0 cm	wely=758.35 cm ³	welz=70.87 cm ³	

III.6.5 Efforts internes et resistances ultimes:

$n_{ed} = 20.77 \text{ kn}$	$m_{y,ed} = -21.11 \text{ kn} \cdot \text{m}$	$m_{z,ed} = 0.00 \text{ kn} \cdot \text{m}$	$v_{y,ed} = -0.42 \text{ kn}$
$n_{c,rd} = 1531.08 \text{ kn}$	$m_{y,el,rd} = 178.21 \text{ kn} \cdot \text{m}$		$m_{z,el,rd} = 16.65 \text{ kn} \cdot \text{m}$

Annexe

$nb,rd = 1478.05 \text{ kn}$ $my,c,rd = 178.21 \text{ kn}^*m$ $mz,c,rd = 16.65 \text{ kn}^*$
 $mvz,ed = -19.65$ $vz,t,rd = 387.20 \text{ kn}$
 $mb,rd = 84.54 \text{ kn}^*m$ $tt,ed = -0.00 \text{ kn}^*m$ classe de la
 section = 3



III.6.6 Parametres de deversement:

$z = 1.00$ $mcr = 151.82 \text{ kn}^*m$ courbe,lt - d $xlt = 0.43$
 $lcr,low=3.06 \text{ m}$ $lam_lt = 1.08$ $fi,lt = 1.42$ $xlt,mod = 0.47$

III.6.7 Parametres de flambement: en y:

$ly = 6.12 \text{ m}$ $lam_y = 0.30$ $lz = 6.12 \text{ m}$ $lam_z = 0.08$
 $lcr,y = 3.06 \text{ m}$ $xy = 0.97$ $lcr,z = 0.20 \text{ m}$ $xz = 1.00$
 $lamy = 27.85$ $kzy = 1.01$ $lamz = 7.56$ $kzz = 1.00$

flambement par torsion:

$courbe,t=c$ $alfa,t=0.49$ courbe,tf=c $alfa,tf=0.49$
 $lt=3.06 \text{ m}$ $fi,t=1.26$ $ncr,y=155395.34 \text{ kn}$ $fi,tf=1.26$
 $ncr,t=1386.67 \text{ kn}$ $x,t=0.51$ $ncr,tf=1386.67 \text{ kn}$ $x,tf=0.51$
 $lam_t=0.30$ $nb,t,rd=782.46 \text{ kn}$ $lam_tf=1.05$ $nb,tf,rd=782.46 \text{ kn}$

flambement en flexion-torsion

III.6.8 Formules de verification:

III.6.8.1 Contrôle de la résistance de la section:

$$n,ed/nc,rd + my,ed/my,c,rd + mz,ed/mz,c,rd = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{sig,x,ed^2 + 3*(tau,z,ed+tau,tz,ed)^2}/(fy/gm0) = 0.14 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$vy,ed/vy,t,rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$vz,ed/vz,t,rd = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$tau,ty,ed/(fy/(\sqrt{3}*gm0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$tau,tz,ed/(fy/(\sqrt{3}*gm0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

III.6.8.2 Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{y} = 27.85 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 7.56 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \text{stable}$$

$$n,ed/\min(nb,rd,nb,t,rd,nb,tf,rd) = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$my,ed/mb,rd = 0.25 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$n,ed/(x_{min}*n,rk/gm1) + k_{yy}*my,ed/(x_{lt}*my,rk/gm1) + k_{yz}*mz,ed/(mz,rk/gm1) = 0.28 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$n,ed/(x_{min}*n,rk/gm1) + k_{zy}*my,ed/(x_{lt}*my,rk/gm1) + k_{zz}*mz,ed/(mz,rk/gm1) = 0.28 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Annexe

profil correct

IV.3. Calcul des structures acier se robot

norme: nf en 1993-1:2005/na:2007/ac:2009, eurocode 3: design of steel structures.

IV.3.1 type d'analyse: vérification des familles

IV.3.1.1 famille: 1

IV.3.1.2 piece: 1 poteau _1 **point:** 1 **coordonnee:** x = 0.00 l = 0.00 m

IV.3.2 chargements:

IV.3.2.1 Cas de charge décisif:

10 elu /144/ 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5*1.05 + 7*1.50 + 15*1.35 + 16*1.05

IV.3.3 Materiau:

acier $f_y = 235.00$ mpa



IV.3.4 parametres de la section: hea 300

h=29.0 cm	gm0=1.00	gm1=1.00	
b=30.0 cm	ay=94.85 cm ²	az=37.28 cm ²	ax=112.53 cm ²
tw=0.9 cm	iy=18263.50 cm ⁴	iz=6309.56 cm ⁴	ix=85.57 cm ⁴
tf=1.4 cm	wply=1383.27 cm ³	wplz=641.17 cm ³	

IV.3.5 Efforts internes et resistances ultimes:

n,ed = 56.67 kn	my,ed = 28.92 kn*m	mz,ed = -2.21 kn*m	vy,ed = -2.39 kn
nc,rd = 2644.45 kn	my,ed,max = 28.92 kn*m		mz,ed,max = -2.21 kn*m
	vy,t,rd = 1286.70 kn		
nb,rd = 1755.67 kn	my,c,rd = 325.07 kn*m		mz,c,rd = 150.67 kn*m
	vz,ed = -13.22 kn		
	mn,y,rd = 325.07 kn*m		mn,z,rd = 150.67 kn*m
	vz,t,rd = 505.76 kn		
	mb,rd = 325.07 kn*m		tt,ed = 0.00 kn*m
	classe de la section = 1		

IV.3.6 parametres de deversement:

z = 1.00	mcr = 2906.34 kn*m	courbe,lt -	xlt = 0.99
lcr,upp=4.00 m	lam_lt = 0.33	fi,lt = 0.56	xlt,mod = 1.00

Annexe

IV.3.7 parametres de flambement:



en y:

$$l_y = 8.00 \text{ m} \quad \lambda_{m_y} = 0.90$$

$$l_{cr,y} = 10.72 \text{ m} \quad x_y = 0.66$$

$$\lambda_{m_y} = 84.12 \quad k_{yy} = 0.69$$

flambement par torsion:

$$\text{courbe, } t=c \quad \alpha_{t,c} = 0.49$$

$$l_t = 4.00 \text{ m} \quad f_{i,t} = 0.70$$

$$n_{cr,t} = 10292.98 \text{ kn} \quad x_{t,c} = 0.84$$

$$\lambda_{m_t} = 0.90 \quad n_{b,t,rd} = 2219.07 \text{ kn}$$



en z:

$$l_z = 8.00 \text{ m} \quad \lambda_{m_z} = 0.80$$

$$l_{cr,z} = 5.60 \text{ m} \quad x_z = 0.66$$

$$\lambda_{m_z} = 74.79 \quad k_{yz} = 0.53$$

flambement en flexion-torsion

$$\text{courbe, } t=f=c \quad \alpha_{t,f} = 0.49$$

$$n_{cr,y} = 3295.71 \text{ kn} \quad f_{i,t,f} = 0.70$$

$$n_{cr,t,f} = 10292.98 \text{ kn} \quad x_{t,f} = 0.84$$

$$\lambda_{m_{t,f}} = 0.51 \quad n_{b,t,f,rd} = 2219.07 \text{ kn}$$

IV.3.8 Formules de verification:

IV.3.8.1 Contrôle de la résistance de la section:

$$n_{ed}/n_{c,rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(m_{y,ed}/m_{n,y,rd})^{2.00} + (m_{z,ed}/m_{n,z,rd})^{1.00} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$v_{y,ed}/v_{y,t,rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$v_{z,ed}/v_{z,t,rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{m0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{m0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

IV.3.8.2 Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{m,y} = 84.12 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 74.79 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{stable}$$

$$n_{ed}/\min(n_{b,rd}, n_{b,t,rd}, n_{b,t,f,rd}) = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$m_{y,ed,max}/m_{b,rd} = 0.09 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$n_{ed}/(x_y \cdot n_{rk}/g_{m1}) + k_{yy} \cdot m_{y,ed,max}/(x_{lt} \cdot m_{y,rk}/g_{m1}) + k_{yz} \cdot m_{z,ed,max}/(m_{z,rk}/g_{m1}) = 0.10 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$n_{ed}/(x_z \cdot n_{rk}/g_{m1}) + k_{zy} \cdot m_{y,ed,max}/(x_{lt} \cdot m_{y,rk}/g_{m1}) + k_{zz} \cdot m_{z,ed,max}/(m_{z,rk}/g_{m1}) = 0.08 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

profil correct .

Annexe

