

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTRE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Ouvrages Métalliques et Chaudronnés

THEME

*Étude et conception d'un hangar à double halle avec deux ponts
roulants de 10 tonnes et un bloc administratif (R+1)*

Présenté par :

Mr MEKKOUR Moussa

Mr BENBACHIR Nadir

Promoteur :

Mr. IFRAH R.

Promotion MOMC22 : 2023/2024

Remerciements

Nous commençons par remercier et rendre grâce à Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à bon terme ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements :

A nos parents qui nous ont toujours encouragés et soutenus durant toutes nos études.

Nos remerciements vont en particulier à Mr IFRATT, notre promoteur, qui nous a dirigé et beaucoup aidé afin de mener à bien ce travail.

Nous tenons aussi à remercier tous les enseignants de l'option Ouvrages Métalliques et Chaudronnés sans exception.

Notre sincère reconnaissance à l'ensemble des personnels de la société SIDEM engineering pour leur collaboration et leur accueil chaleureux.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici notre sincère reconnaissance.

MEKKOUR moussa et BENBACHIR nadir

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A Tous ceux qui se sont donné toutes les peines et les sacrifices, Pour me voir réussir dans ma vie.

Ma mère m'soutenu durant toute ma vie, et ma sœur qui était toujours à mes côtés.

A toute ma famille sans exception.

Mes amis Mohamed et Abderrahim, Sidali et Oussama.

A tous mes amis de promotion 2^{ème} master de groupe momc22.

Et sans oublier mes enseignants qui m'ont soutenu durant Toutes mes années d'études.

MOUSSA

Dédicace

À mes parents, pour leur soutien inconditionnel et leur encouragement tout au long de ce parcours académique.

À mes professeurs, pour leur expertise, leur patience et leur guidance précieuse qui ont façonné ma compréhension et ma passion pour la charpente métallique.

À mes amis et camarades de classe, pour leur camaraderie et leur soutien mutuel qui ont rendu cette aventure éducative encore plus enrichissante.

Et enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet, je vous adresse ma profonde gratitude.

Ce projet est dédié à toutes les personnes qui croient en l'importance de l'innovation et de l'excellence dans le domaine de la charpente métallique.

NADIR

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE :	1
-------------------------------	---

CHAPITRE I : PRSÉNTATION DU PROJET

I. INTRODUCTION :	3
II. PRESENTATION DU L'OUVRAGE :	3
III. DIMENSION DU L'OUVRAGE :	3
IV. LES REGLES UTILISEES :	4
V. MATERIAUX DE CONSTRUCTION :	4
VI. ELEMENT STRUCTURAUX :	5
1. Élément principaux de la structure :	5
2. Les éléments secondaires :	5
3. Escalier :	5
4. Système de contreventement :	5
5. Assemblage :	5
VII. LODICIELS UTILISES :	6
VIII. PRÉSENTATION SCHEMATIQUE :	6

CHAPITRE II : ÉTUDE CLIMATIQUE

I. INTRODUCTION :	10
II. DIMENSIONS DE L'OUVRAGE :	10
1. Bloc administratif :	10
2. Atelier :	10
III. LES DONNEES RELATIVES AU SITE :	11
IV. ETUDE DE NEIGE :	11
V. ETUDE DE VENT :	12
1. Déterminations du coefficient de pression extérieure C_{pe} :	14
2. Déterminations du coefficient de pression intérieure C_{pi} :	18
VI. CONCLUSION :	23

CHAPITRE III : ÉTUDE DES ÉLÉMENTS SECONDAIRES

I. INTRODUCTION :	25
II. LES PANNES :	25
1. Hypothèse de calcul :	25
2. Dimensionnement des pannes :	25
3. Evaluation des charges :	26
4. Vérification de la flexion biaxial (ELU) :	28
5. Vérification à l'effort fléchissant (cisaillement) :	29
6. Vérification au moment fléchissant (déversement) :	30
III. LES LISSES DE BARDAGE :	32

1.	Dimensionnement des lisses :	32
2.	Evaluation des charges :	34
3.	Combinaison des charges :	35
4.	Vérification de la flèche (ELS) :	35
5.	Vérification de la flexion biaxial (ELU) :	36
6.	Vérification a l'effort tranchant :	37
7.	Calcul des efforts de tractions dans les tronçons des liernes :	38
IV.	LES POTELETS :	39
1.	Détermination des sollicitations :	39
2.	Dimensionnement des potelets :	39
3.	Evaluation des charges :	39
4.	Vérification à l'effort tranchant (ELU) :	40
5.	Vérification de moment fléchissant :	41
6.	Vérification de l'effort axiale compression :	42
7.	Vérification au flambement :	42
V.	CONCLUSION :	43

CHAPITRE IV : ÉTUDE DE PLANCHER MIXTE

I.	INTRODUCTION :	45
II.	LES DONNEES :	45
III.	ÉVALUATION DES CHARGES :	46
IV.	VÉRIFICATION DE RÉSISTANCE d'IPE 200 :	47
V.	VÉRIFICATION AU STADE FINALE (CALCUL SE SECTION MIXTE) :	48
1.	Évaluation des charges :	48
2.	Combinaison des charges :	48
3.	Calcul de la longueur participante du béton :	49
4.	La position de l'axe neutre (centre de gravité G) :	49
5.	Le moment d'inertie :	50
6.	Les contraintes de flexion :	50
7.	Les contraintes additionnelles des retraits :	51
8.	Cumul des contraintes :	52
9.	Vérification au cisaillement :	52
10.	Vérification à la flèche :	53
VI.	CALCUL DES CONNECTEURS :	53
VII.	CONCLUSION :	55

CHAPITRE V : ÉTUDE D'ECALIER

I.	INTRODUCTION :	57
II.	CHOIX DES DIMENSIONS :	58
III.	DIMENSIONNEMENT DE LA CORNIERE (SUPPORT DE LA MARCHE) :	59
1.	Détermination la section de la cornière :	59

2.	Condition de la flèche :	60
3.	Evaluation des charges :	60
4.	Condition de la résistance :	61
IV.	DIMENSIONNEMENT DU LIMON :	61
1.	Détroncation da la section de limon :	61
2.	Evaluation des charges et combinaisons :	62
3.	Vérification la flèche (ELS) :	63
4.	Vérification à l'effort tranchant (ELU) :	63
5.	Vérification de la résistance (ELU) :	64
6.	Vérification au flambage :	64
V.	DIMENSIONNEMENT DU PALIER DE PEPOS :	65
1.	Estimation de profilé :	66
2.	Evaluation des charges :	67
3.	Vérification à l'effort tranchant :	67
4.	Vérification du moment fléchissant :	67
VI.	CALCUL DE PA POUTRE DE PALIER :	68
1.	Détermination les réactions due au poids des limons :	68
2.	Estimation de profilé :	70
3.	Vérification de la flèche (ELS) :	71
4.	Vérification à l'effort tranchant :	71
5.	Calcul de $V_{sd,max}$:	71
6.	Vérification du moment fléchissant :	72
VII.	CONCLUSION :	73

CHAPITRE VI : PONT ROULANT

I.	INTRODUCTION :	75
II.	CARACTERISTIQUE DU PONT ROULANT :	75
III.	ACTION INDUITE PAR LES APPAREILS DE LEVAGE SUR LES POUTRE DE ROULEMENTS :	76
1.	Détermination de coefficient d'amplification dynamique :	77
2.	Disposition des charges :	78
3.	Charges longitudinales et charges transversales $H_{L,i}$:	80
4.	Charges horizontales $H_{s,I,J,K}$ et force de guidage S :	82
IV.	DIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE DE ROULEMENT (PDR) :	85
1.	Condition de la flèche :	85
2.	Détermination du système de raidissage horizontale :	86
3.	Choix du rail :	87
4.	Evaluation des charges :	88
V.	VÉRIFICATION :	91
1.	Les combinaisons des charges :	91
2.	Vérification de la fléchissant bi axial :	92
3.	Vérification de la résistance à l'effort tranchant :	93
4.	Vérification de moment fléchissant et l'effort axial :	93
5.	Vérification au déversement :	94

6. Vérification de la résistance à l'écrasement :	95
7. Vérification de la résistance à l'enfoncement local :	96
8. Vérification de la résistance au violement :	96
9. Vérification de la résistance au flambement :	97
VI. CONCLUSION :	98

CHAPITRE VII : ÉTUDE SISMIQUE

I. INTRODUCTION :	100
II. FORCE SISMIQUE CONFORMÉMENT (RPA99.V2003) :	100
1. Règlement de calcul (RPA) :	100
2. Caractéristique de site :	100
3. Classification de l'ouvrage :	100
4. Choix de la méthode de calcul :	100
5. Condition d'application de la méthode statique équivalente :	100
III. LA MÉTHODE STATIQUE ÉQUIVALENTE :	101
1. Calcul de l'effort tranchant V à la base :	101
2. Détermination des coefficients de la force sismique totale :	101
3. Evaluation de poids pour chaque niveau :	103
IV. DISTRIBUTION DE LA FORCE SISMIQUE :	107
1. Combinaisons de réponses modales :	107
2. Distribution des forces latérales :	108
V. REPARTITION DE LA FORCE SISMIQUE SUR ÉTAGES :	109
1. Répartition des forces sur l'axe (OX/OY) :	112
VI. CONCLUSION :	116

CHAPITRE VIII : ÉTUDE DE STABILITÉ ET CONTREVENTEMENT

I. INTRODUCTION :	118
II. CONTREVENTEMENT DE TOITURE (POUTRE AU VENT) :	118
1. Evaluation des efforts horizontaux :	119
2. Les forces de frottement :	119
3. Calcul des réactions :	120
4. Calcul des efforts dans les diagonales :	120
5. Pré-dimensionnement des diagonales :	121
6. Vérification des diagonales à la traction :	121
III. ÉTUDE DES PALEES DE STABILITÉ :	122
1. Atelier :	122
2. Bloc administratif :	124
IV. CONCLUSION :	128

CHAPITRE IX : ÉTUDE PORTIQUE

I.	INTRODUCTION :	130
II.	MODÉLISATION DE PORTIQUE EN 2D :	130
1.	Caractéristiques mécaniques des matériaux :	130
2.	Données des barres :	130
III.	BILAN DES CHARGES :	131
1.	Charges permanentes :	131
2.	La charges d'exploitations :	132
3.	Charges climatique vent :	133
4.	Charges climatiques neige :	135
IV.	COMBINAISONS DES CHARGES :	136
1.	Bloc administratif :	136
2.	Atelier :	137
V.	RÉSULTAT DE LOGICIEL :	138
a)	ATELIER :	138
1.	Réaction repère global :	138
2.	Efforts repère global :	138
3.	Contraintes repère global :	139
4.	Flèche repère global :	139
b)	BLOC ADMINISTRATIF :	141
5.	Réaction repère global :	141
6.	Effort repère global :	141
7.	Contrainte repère globale :	141
8.	Flèche repère global :	142
9.	Déplacement repère global :	142
VI.	VERIFICATION LES NOTES DE CALCUL :	143
a)	BLOC ADMINISTRATIF :	143
1.	Note de calcul pour le poteau principal le plus sollicité :	143
2.	Note de calcul pour le poteau de planché le plus sollicité (HEA 200) :	144
3.	Note de calcul pour la traverse le plus sollicité (IPE 500) :	146
4.	Note de calcul pour la poutre maitresse la plus sollicité :	147
5.	Note de calcul pour la poutre secondaire :	148
b)	ATELIER :	149
6.	Note de calcul pour le poteau principal le plus sollicité :	149
7.	Note de calcul pour la traverse la plus sollicitée :	151
8.	Note de calcul pour la traverse la plus sollicitée :	152
VII.	CONCLUSION :	153

CHAPITRE X : ASSEMBMAGE :

I.	INTRODUCTION :	155
II.	RÔLE DES ASSEMBLAGES :	155
III.	FONCTIONNEMENT DES ASSEMBLAGES :	155
IV.	ASSEMBLAGES DES PIECES :	155
a)	ATELIER :	155

1. Calcul du poids de poteau encastré :	155
2. Calcul de l'assemblages poutre-poteau :	166
3. Calcul de l'encastrement traverse-poutre :	174
4. Calcul de l'encastrement poutre-poutre :	187
b) BLOC ADMINISTRATIF :	199
1. Calcul du pied de poteau encastré :	199
2. Calcul de l'assemblage poutre-poteau (âme) :	207
3. Calcul du pied de poteau encastré :	212
4. Calcul de l'assemblage poutre-poutre (âme) :	218
5. Calcul de l'encastrement traverse-poutre :	224
6. Calcul de l'encastrement traverse-poteau :	235
7. Calcul l'encastrement poutre-poutre :	247
V. CONCLUSION :	255

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE :	257
BIBLIOGRAPHIE :	258

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II : ÉTUDE CLIMTIQUE

- Tableau.II-1 : Valeur de Q_{dyn}	14
- Tableau.II-2 : C_{pe} pour les parois verticales	14
- Tableau.II-3 : C_{pe} pour la toiture	15
- Tableau.II-4 : C_{pe} pour la toiture	16
- Tableau.II-5 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale	19
- Tableau.II-6 : Les pressions de q_j pour la toiture	19
- Tableau.II-7 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale	20
- Tableau.II-8 : Les pressions de q_j pour la toiture	20
- Tableau.II-9 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale	20
- Tableau.II-10 : Les pressions de q_j pour la toiture	21
- Tableau.II-11 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale	21
- Tableau.II-12 : Les pressions de q_j pour la toiture	22
- Tableau.II-13 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale	22
- Tableau.II-14 : Les pressions de q_j pour la toiture	22
- Tableau.II-15 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale	22
- Tableau.II-16 : Les pressions de q_j pour la toiture	23

CHAPITRE III : ÉTUDE DES ÉLÉMENTS SECONDAIRES

- Tableau.III-1 : Caractéristiques et dimensions de l'IPE 160	27
- Tableau.III-2 : Caractéristiques et dimensions d'UPN 140	34
- Tableau.III-3 : Caractéristiques et dimensions d'IPE 330	40

CHAPITRE IV : ÉTUDE DEPLANCHER MIXTE

- Tableau.IV-1 : Caractéristiques d'IPE 200	46
---	----

CHAPITRE V : Étude D'ESCALIER

- Tableau.V-1 : Caractéristiques de CEA 40×6	60
--	----

CHAPITRE VI : PONT ROULANT

- Tableau.VI-1 : Caractéristiques de pont roulant	75
- Tableau.VI-2 : Les coefficient d'amplification dynamique	77
- Tableau.VI-3 : Classe de pont roulant	77
- Tableau.VI-4 : Les charges verticales maximales sur un galet	80

- Tableau.VI-5 : Les charges variable minimale pour un galet	80
- Tableau.VI-6 : Les charges horizontales transversales	81
- Tableau.VI-7 : Les valeur de $\lambda_{s,i,j,k}$	84
- Tableau.VI-8 : Les charges horizontales $H_{s,i,j,t}$	85
- Tableau.VI-9 : Détermination de l'inertie de la poutre	86
- Tableau.VI-10 : Caractéristiques des rails du type BURBACH	88
- Tableau.VI-11 : Caractéristiques du crapaud	88
- Tableau.VI-12 : Résumé des charges V	90
- Tableau.VI-13 : Les combinassions des charges verticale (les efforts)	91
- Tableau.VI-14 : Les combinassions des charges verticale (les moments)	91
- Tableau.VI-15 : Les combinassions des charges horizontales transversal (les efforts).....	91
- Tableau.VI-16 : Les combinaisons des charges horizontales transversale (les moments)	92

CHAPITRE VII : ÉTUDE SISMIQUE

- Tableau.VII-1 : Valeur de coefficient de C_T	103
- Tableau.VII-2 : Poids propre de niveau 1 (plancher)	104
- Tableau.VII-3 : Poids propre de niveau 2 (terrasse)	104
- Tableau.VII-4 : Poids propre de structure par niveau avec charges variable	105
- Tableau.VII-5 : Poids propre de niveau 1 (pont roulant)	106
- Tableau.VII-6 : Poids propre de niveau 2 (Toiture)	106
- Tableau.VII-7 : Poids propre de la structure par niveau avec charges variable	106
- Tableau.VII-8 : Force sismique transversale de chaque niveau	108
- Tableau.VII-9 : Force sismique longitudinale de chaque niveau	109
- Tableau.VII-10 : Force sismique transversale de chaque niveau	109
- Tableau.VII-11 : Force sismique longitudinale de chaque niveau	109
- Tableau.VII-12 : Distributions des forces sismiques sur les files	112
- Tableau.VII-13 : Distributions des forces sismiques sur les files	112
- Tableau.VII-14 : Distributions des forces sismiques sur les files	115
- Tableau.VII-15 : Distributions des forces sismiques sur les files	116

CHAPITRE IX : ÉTUDE PORTIQUE

- Tableau.IX-1 : Caractéristique de matériaux	130
- Tableau.IX-2 : Données des barres	130
- Tableau.IX-3 : Données des barres	131
- Tableau.IX-4 : Tableau de combinassions des charges	136
- Tableau.IX-5 : Tableau de combinassions des charges	137
- Tableau.IX-6 : Tableau des repères global	138
- Tableau.IX-7 : Tableau des efforts repère global	139
- Tableau.IX-8 : Tableau des contraintes repère global	139
- Tableau.IX-9 : Tableau des flèches repère global	139

- **Tableau.IX-10 : Tableau des réactions repère global 141**
- **Tableau.IX-11 : Tableau des efforts repère global 141**
- **Tableau.IX-12 : Tableau des contraintes repère global 141**
- **Tableau.IX-13 : Tableau des flèches repère global 142**
- **Tableau.IX-14 : Tableau des déplacements repère globale 142**

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

- Figure.I-1 : Vue perspective de l'ouvrage 6
- Figure.I-2 : Vue de long pan coté atelier 6
- Figure.I-3 : Vue long pan coté bloc administratif 7
- Figure.I-4 : Vue pignon (Atelier/Bloc administratif) 7
- Figure.I-5 : Schéma de joints sismique 8
- Figure.I-6 : Vue en plan toiture 8

CHAPITRE II : ETUDE CLIMATIQUE

- Figure.II-1 : Vue perspective de l'ouvrage 10
- Figure.II-2 : Coefficient de forme de toiture à versant multiples 12
- Figure.II-3 : Représentation du vent pour les parois verticales 14
- Figure.II-4 : Représentation des valeurs de C_{pe} pour les parois verticales 15
- Figure.II-5 : Légende pour les toitures à versant multiples 16
- Figure.II-6 : Représentation C_{pe} pour la toiture $\theta = 180^\circ$ 16
- Figure.II-7 : Représentation C_{pe} pour la toiture $\theta = 90^\circ$ 17
- Figure.II-8 : Coefficient de pression intérieure C_{pi} 18

CHAPITRE III : ÉTUDE DES ÉLÉMENTS SECONDAIRE

- Figure.III-1 : Disposition des pannes sur versants 25
- Figure.III-2 : Position de la panne sur traverse 25
- Figure.III-3 : Dispositions des lisses de bardage 32

CHAPITRE IV : ÉTUDE DE PLANCHER MIXTE

- Figure.IV-1 : Plancher mixte 45
- Figure.IV-2 : Élément constructif du plancher mixte 46
- Figure.IV-3 : Section mixte acier-béton 49
- Figure.IV-4 : Diagramme des contraintes de flexion simple 51
- Figure.IV-5 : Caractéristique de connecteur 54

CHAPITRE V : ÉTUDE D'ESCALIER

- Figure.V-1 : Schéma d'escalier 57
- Figure.V-2 : Dimensions de l'escalier 58
- Figure.V-3 : Éléments constructifs de la marche 59
- Figure.V-4 : Dimension de limon 61

- Figure.V-5 : Élément constructif de palier de repose	65
- Figure.V-6 : Distribution des charges sur le limon	66
- Figure.V-7 : La distribution des charges sur le limon	69
- Figure.V-8 : La disposition des charges ponctuelles sur la poutre palière	69
- Figure.V-9 : Le diagramme des efforts tranchant	72

CHAPITRE VI : PONT ROULANT

- Figure.VI-1 : Les dimensions de pont roulant	76
- Figure.VI-2 : Disposition des charges engendrées par le pont roulant	78
- Figure.VI-3 : Disposition des charges de l'appareil de levage en charge pour obtenir un chargement maximal sur le pont roulant	78
- Figure.VI-4 : Disposition des charges de l'appareil de levage à vide pour obtenir un chargement maximal sur la poutre de roulement	79
- Figure.VI-5 : Les charges horizontale transversales H_{Ti}	81
- Figure.VI-6 : Les charges horizontale longitudinales H_{Li}	82
- Figure.VI-7 : Définition des valeurs $\lambda_{s,i,j,k}$	83
- Figure.VI-8 : Position des charges sur la PDR	85
- Figure.VI-9 : Caractéristiques de profilé	86
- Figure.VI-10 : Charges de galets sur rail	87
- Figure.VI-11 : Schéma (PDR+rail)	88
- Figure.VI-12 : Charges sur la PDR	88
- Figure.VI-13 : Réaction de PDR	89
- Figure.VI-14 : Charges d'exploitation	89
- Figure.VI-15 : Charges horizontale transversale	90

CHAPITRE VI : ÉTUDE SISMIQUE

- Figure.VII-1 : Répartition des poids par niveau (Bloc administratif)	105
- Figure.VII-2 : Répartition des poids par niveau (Atelier)	107

CHAPITRE VIII : ÉTUDE STABILITE ET CONTREVENTEMENT

- Figure.VIII-1 : Schéma des poutres au vent	118
- Figure.VIII-2 : Dimension de palée de stabilité (Atelier)	122
- Figure.VIII-3 : Dimension de palée de stabilité (Bloc administratif)	124
- Figure.VIII-4 : Représentation des efforts dans la sablière	126

CHAPITRE IX : ÉTUDE PORTIQUE

- Figure.XI-1 : Distribution des charges permanentes (Bloc administratif)	131
- Figure.XI-2 : Distribution des charges permanentes (Atelier)	132
- Figure.XI-3 : Distribution des charges d'exploitation (Bloc administratif)	132

- Figure.XI-4 : Distribution des charges d'exploitations (Bloc administratif)	133
- Figure.XI-5 : Distribution des charges de pont roulant	133
- Figure.XI-6 : Distribution des charges de vent perpendiculaire pignon	134
- Figure.XI-7 : Distribution des charges de vent perpendiculaire long pan	134
- Figure.XI-8 : Distribution des charges de vent perpendiculaire pignon	134
- Figure.XI-9 : Distribution des charges de vent perpendiculaire long pan	135
- Figure.XI-10 : Distribution des charges de neige sur toiture (Bloc administratif)	135
- Figure.XI-11 : Distribution des charges de neige sur toiture (Atelier)	135
- Figure.XI-12 : Diagramme des moments fléchissant	140
- Figure.XI-13 : Diagramme des moments fléchissant	140
- Figure.XI-14 : Diagramme des efforts tranchants	142
- Figure.XI-15 : Diagramme des effort tranchants	143

Notations utilisées

Majuscules latines :

A	Section brute d'une pièce.
A_{net}	Section nette d'une pièce.
A_w	Section de l'âme.
A_p	Surface portante.
A_s	Aire de la section résistante à la traction du boulon.
E	Module d'élasticité longitudinale.
F	Force en générale.
F_p	Force de calcul précontrainte.
F_s	Résistance d'un boulon ou glissement.
$F_{t.rd}$	Résistance d'un boulon en traction.
$F_{b.rd}$	Résistance à la pression diamétrale.
G	La charge permanente.
I	Moment d'inertie.
K_c	Coefficient de rigidité.
K_{ij}	Coefficient de rigidités des poutres.
$K_{y,z}$	Coefficient de flambement-flexion.
L	Longueur.
M_{sd}	Moment fléchissant.
M_{rd}	Moment résistant par unité de longueur dans la plaque d'assise.
M_{pl}	Moment plastique.
M_{cr}	Moment critique.
N_{sd}	Effort normal.
$N_{t sd}$	Effort normal de traction
$N_{c sd}$	Effort normal de compression.
N_{pl}	Effort normal plastique.
N_u	Effort normal ultime.

N_j Force d'adhérence avec le béton.

Q Charge d'exploitation.

W_{pl} Module de résistance plastique.

W_{el} Module de résistance élastique.

Minuscules latines :

b Largeur de l'âme.

b_{eff} Largeur efficace.

c_i Coefficients.

d Entraxe.

d_0 Diamètre de perçage des trous de boulon.

f Flèche d'une poutre.

f_y Limite d'élasticité d'un acier.

f_{yb} Limite d'élasticité d'un boulon.

f_u Contrainte de rupture d'une pièce.

f_{ub} Contrainte de rupture d'un boulon.

f_{ck} Résistance caractéristique en compression sur cylindre du béton.

f_j Résistance de contact de la liaison.

f_{cd} Valeur de calcul de la résistance en compression sur cylindre du béton de fondation.

h Hauteur.

i Rayon de giration.

k_w Facteur de longueur.

k_s Coefficient fonction de la dimension des trous de perçage.

k_j Facteur de concentration.

n Nombre de boulon.

m Nombre de plans de cisaillement.

r_c Rayon de raccordement âme /semelle du poteau.

t_w Epaisseur de l'âme.

t_f Epaisseur de la semelle.

t_{wc} Epaisseur âme poteau.

t_{fc}	Epaisseur âme semelle.
t_p	Epaisseur platine.
v_i	Distance de la fibre inférieure à l'axe neutre d'une section.
v_s	Distance de la fibre extrême supérieur à l'axe neutre d'une section.

Minuscules grecques

χ	Coefficient de réduction
χ_{LT}	Coefficient de réduction de déversement.
β_W	Facture de corrélation.
β_M	Facture de moment uniforme de flambement.
β_j	Coefficient relatif de liaison.
γ_c	Coefficient de sécurité.
γ_{Mi}	Coefficient de sécurité.
γ_{Mb}	Coefficient de sécurité de béton.
γ_{Ms}	Coefficient partiel de sécurité.
$\bar{\lambda}$	Elancement.
$\bar{\lambda}_{LT}$	Élancement déversement.
ϕ_{LT}	Rotation de déversement.
α	Facteur d'imperfection.
α_{LT}	Facteur d'imperfection pour le déversement.
μ	Coefficient de frottement.
σ	Contrainte normale.
τ_e	Contrainte limite de cisaillement en élasticité.
ε	Coefficient de réduction élastique de l'acier.
η	Facteur de distribution.
Ψ	Rapport de contraintes.
σ	Flèche.

Abréviations utilisées :

RPA : Règlement parasismique Algérienne.

RNV : Règlement Neige et Vent.

ELS : Etat limite de service ELS : Etat limite ultime

Introduction générale

Introduction générale :

Dans plusieurs domaines, la construction métallique occupe une position technologique importante, comme le cadre, les chaudières et la tuyauterie, il y a en a plusieurs endroits, les zones de construction comprennent la construction industrielle, les hangars et les réservoirs, des ponts et des bâtiments sont à usage administratif et résidentiel.

Le domaine de la charpente métallique est très utilisé et s'étend dans l'industrie de la construction

Le métal permet d'effectuer des travaux en temps record et avec une grande sécurité, c'est le cas des entrepôts de machines et des grandes surfacés.

Largement utilisée dans les années 60, la charpente métallique, et de manière générale l'ossature métallique pour les bâtiments, était depuis quelque de passée de mode. Elle fait ces dernières année un retour en force dû en grande partie à ses avantages, que nous allons passer en revue.

Principaux avantages :

La charpente métallique présente de nombreux avantages, parmi lesquels sa simplicité de mise en œuvre et les possibilités techniques qu'elle offre :

- Mise en œuvre rapide : les éléments sont produits en usine, sur place, et seul l'assemblage est effectué sur le chantier, ce qui permet un gain de temps considérable.
- Facilité de montage : il existe des charpentes kit pour tous ceux qui veulent pratiquer l'auto-construction. Cette solution n'en convient évidemment pas à de grandes charpentes, nécessitant des engins de levage. Dans ce cas, il faudra faire appel à une entreprise spécialisée pour l'assemblage de charpentes métallique.
- Des frais d'entretien pour ainsi dire inexistant.
- Une charpente durable et robuste, tout en étant légère.
- Une solution écologique, puisque contrairement au bois, la charpente n'a pas être imprégnée de fongicide.
- Une solution économique : la charpente métallique permet un gain financier d'environ 10 % sur une charpente traditionnelle.

Les inconvénients :

L'inconvénient majeur de la charpente métallique ne résiste pas aux feux, dans la mesure où la structure est déformée par la température. Elle nécessite donc un traitement d'ignifugation.

Chapitre I : Présentation du projet

I. INTRODUCTION :

La construction métallique permet une mise oeuvre rapide et efficace, une durée de vie importante et une démolition dans le respect de l'environnement, considérant sa durée de vie totale ; un ouvrage en acier support la comparaison avec les autres modes de construction, Actuellement la construction métallique occupe un pôle technique dans tous les domaines (Charpente, chaudronnerie, pont tuyauterie...)

La construction métallique présente le type le plus récent des constructions, elle donne au concepteur la liberté dans les dimensions, la forme, le temps, et obéit aux conditions de confort et de sécurité avec ces avantages, la construction métallique à pris sa place, dans le domaine industriel.

II. PESENTATION DU L'OUVRAGE :

Le projet est un usine dans la wilaya de Bouira. Les travaux demandés consistent à étudier et concevoir une marbre et granite équipée de deux halls contenant deux ponts roulants d'une capacité de levage de 10 tonnes et un bâtiment administratif (R+1) en charpente métallique.

• Les données relatives au site :

- Lieu de réalisation : BOUIRA.
- Altitude géographique $H_g = 606 m$.
- Zone de neige : A.
- Zone de vent : II.
- Zone sismique : IIa.
- Catégorie du terrain : II.
- Site plat.

III. DIMENSION DE L'OUVRAGE :

• Bloc administratif :

- Profondeur : $a = 30 m$.
- Largeur : $b = 42 m$.
- Hauteur totale : $H_T = 11,52 m$.
- Hauteur de poteau : $h = 10 m$.
- Toiture double versant de pente (15%) $\alpha = 8,5^\circ$.
- Le bloc contient un plancher, (Hauteur de plancher 5 m).
- Entraxe des portiques : 6 m.

- **Atelier :**

- Profondeur : $a = 96 \text{ m}$.
- Largeur : $b = 42 \text{ m}$.
- Hauteur totale : $H_T = 11,52 \text{ m}$.
- Hauteur de poteau : $h = 10 \text{ m}$.
- Toiture double versant de pente (15%) $\alpha = 8,5^\circ$.
- Le bloc contient un pont roulant, (Hauteur de PR = 7,30 m).
- Entraxe des portiques : 6 m .

IV. LES REGLES UTILISEES :

- Pour l'étude climatique (étude de vent et neige) on a utilisé le **DTR (RNV 2013)**
- Pour l'étude sismique on a utilisé (**RPA 99 Version 2003**)
- Pour l'étude de vérification des éléments on a utilisé (**L'EUROCODE 3**)
- Pour les calculs des structures mixtes acier/béton on a utilisé (**L'EUROCODE 4**)
- Pour les ponts roulants on a utilisé (**EUROCODE 1 ; Partie 5**)
- Pour les chemins de roulement on a utilisé (**EUROCODE 3 ; Partie 6**)

V. MATERIAUX DE CONSTRUCTION :

Pour notre projet on a choisi les matériaux de construction suivant :

- **Acier :**

Pour la réalisation de notre structure on a utilisé l'acier **S275** de caractéristiques :

- Limite élastique..... $F_y = 275 \text{ MPa}$
- Résistance à la traction $F_u = 430 \text{ MPa}$
- Coefficient de poisson..... $\nu = 0,3$.
- Coefficient de dilatation thermique $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ Par } ^\circ\text{C}$
- Masse volumique..... $\rho = 7850 \text{ KN/m}^3$
- Module d'élasticité longitudinale..... $E_a = 210 \text{ 000 MPa}$
- Module de cisaillement $G = 81 \text{ 000 MPa}$

- **Béton :**

Pour les planchers, on utilise un béton **C20/25** d'épaisseur $e = 10 \text{ cm}$ qui ont les caractéristiques suivantes :

- La résistance à la compression $F_{c28} = 20 \text{ MPa}$
- La masse volumique $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$
- Le module d'élasticité longitudinale $E_b = 14 \text{ 000 MPa}$
- Le coefficient de retrait $\xi = 2 \times 10^{-4}$
- Le coefficient d'équivalence acier/béton $n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{210000}{14000} 15$.

VI. ELEMENTS STRUCTURAUX :

VI.1. Eléments principaux de la structure :

- Poteaux : **HEA 320**
- Traverses atelier /bloc adm : **IPE 500**
- Stabilités horizontales : **UPN 140**
- Stabilités verticales : **UPN 140**
- Poutre de roulements : **HEA 360**
- Sablière : **HEA 200**
- Plancher mixte :
 - ✓ Solive : **IPE 200**
 - ✓ Dalle en béton : **c20/25**
 - ✓ Tôle : **TN 40**

VI.2. Les éléments secondaires :

- Pannes : **IPE 160**
- Lisse de bardage : **UPN 140 (pignon)**
- Lisse de bardage : **UPN 140 (long pan)**
- Potelets : **IPE 330**

VI.3. Escalier :

- Limons : **UPN 140**
- Corriere de marche : **(DCED) 40×40×6**
- Solive de palier de repos : **UPN 80**
- Poutre palière : **UPN 200**

VI.4. Système de contreventement :

- ❖ Contreventement verticale : la stabilité du notre structure est assurée par :
 - ⇒ Dans le sens longitudinal par palée de stabilités triangulée en X.
 - ⇒ Dans le sens transversal par des portiques auto stable ordinaires.
- ❖ Contreventement horizontale (sous toiture) : assuré par les poutres au vent.

VI.5. Assemblages :

L'assemblage des éléments de notre construction est assuré par :

- ⇒ Des boulons de haute résistance HR.
- ⇒ Des boulons ordinaires.
- ⇒ Des soudures.

VII. LOGICIELS UTILISES :

- ROBOT 2023
- AUTO CAD

VIII. PRÉSENTATION SCHEMATIQUE :

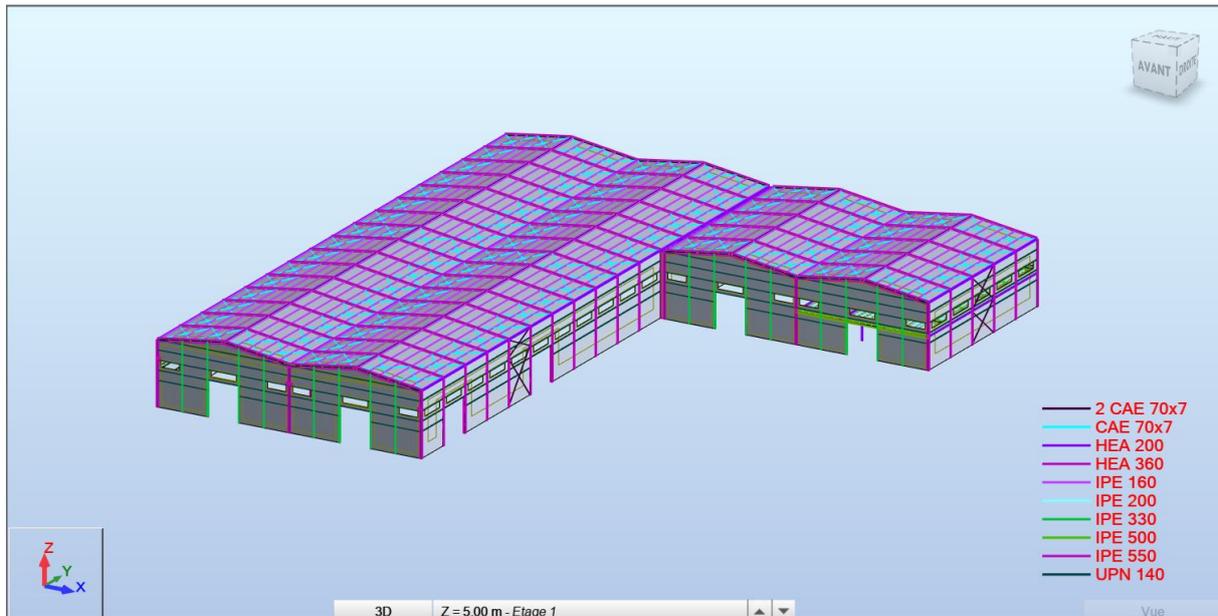


Fig.I-1 : *Vue perceptive de l'orateur.*

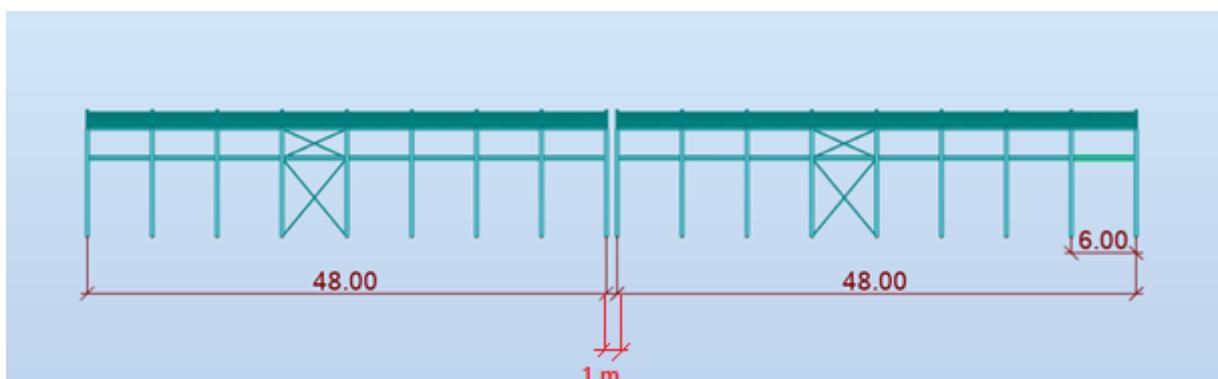


Fig.I-2 : *Vue de long pan coté atelier.*

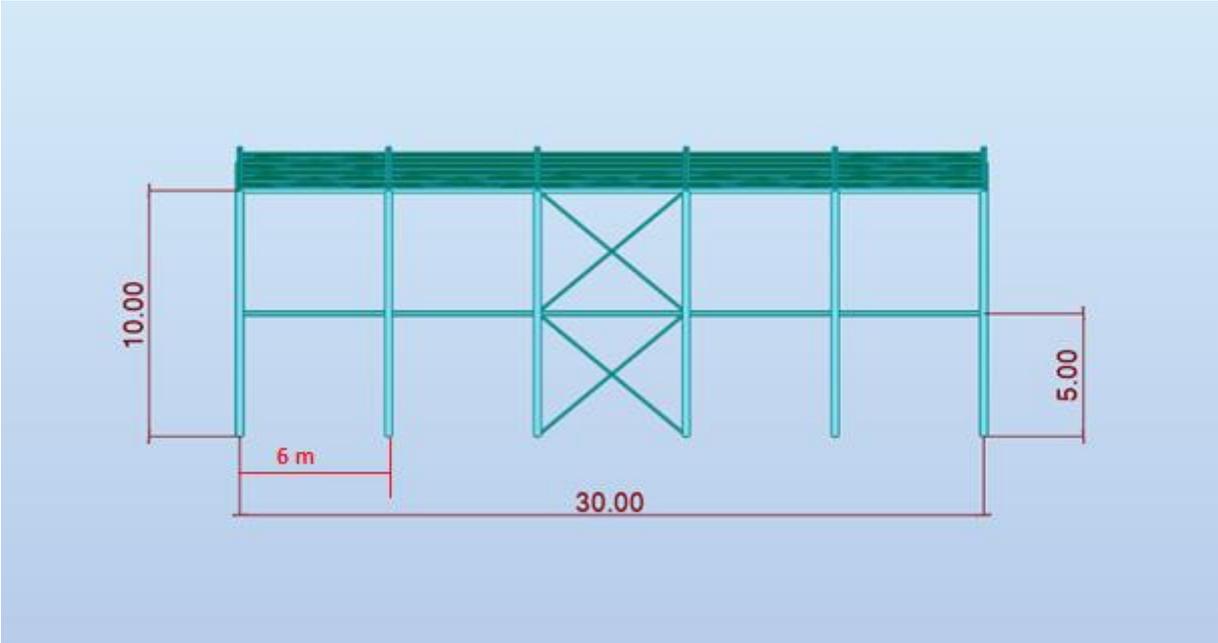


Fig.I-3 : *Vue long pan coté bloc administratif.*

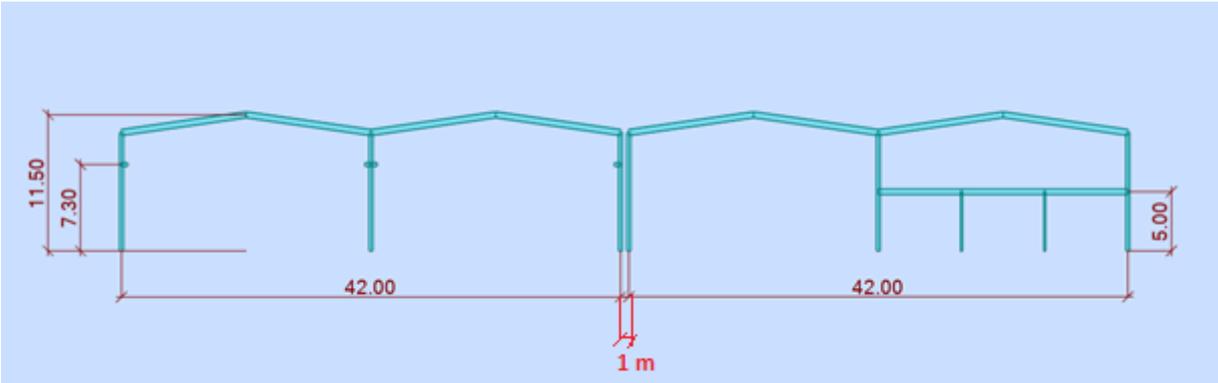


Fig.I-4 : *Vue pignon (atelier/bloc administratif)*

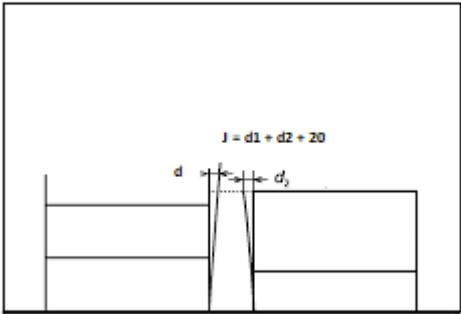


Fig.I-5 : schéma de joints sismique

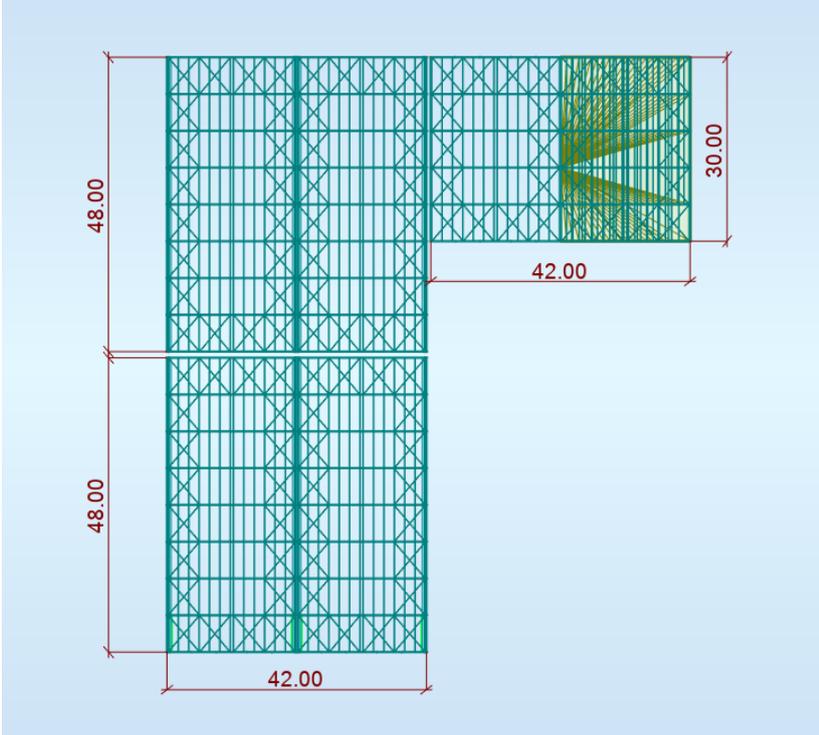


Fig.I-6 : Vue en plan toiture.

Chapitre II : Étude climatique

I. INTRODUCTION :

L'étude climatique est un point essentiel pour la structure, qui a pour but la détermination des différentes sollicitations, produites par la charge de la neige d'un côté, et les efforts dynamique qui sont introduits par le vent de l'autre. L'applications du règlement **NEIGE & VENT (R.N.V 2013)** nous permettra de déterminer ces sollicitations pour le dimensionnement de notre structure.

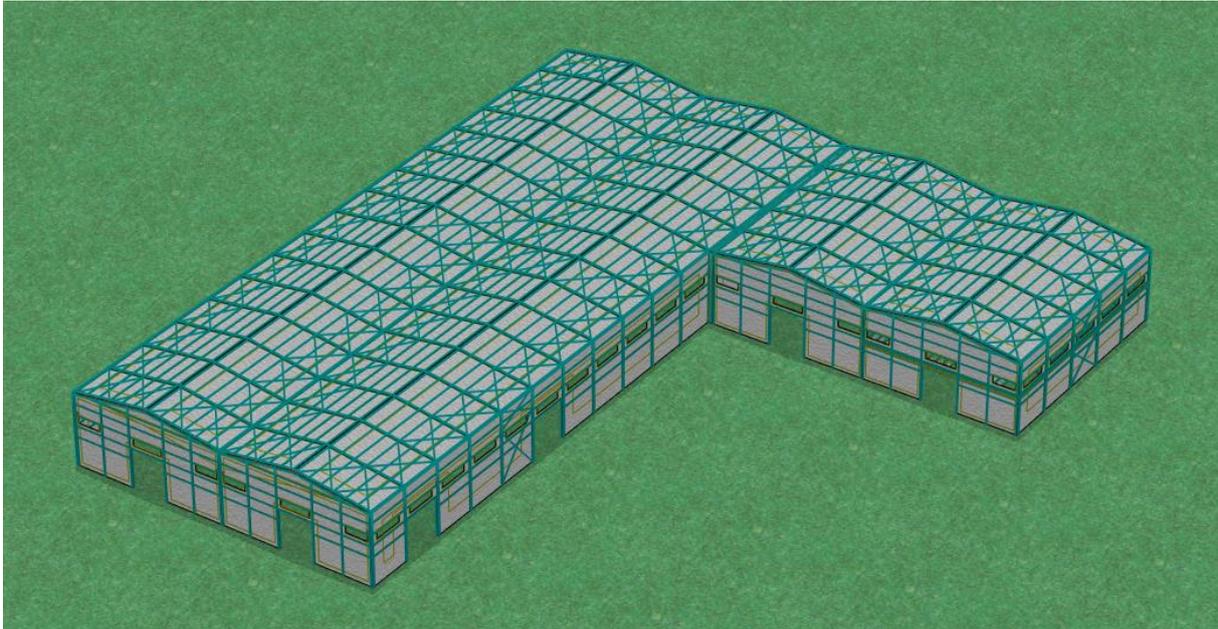


Fig.II-1 : *Vue perspective de l'ouvrage*

II. DIMENSIONS DE L'OUVRAGE :

II.1. Bloc administratif :

- Profondeur : $a = 30$ m
- Largeur : $b = 42$ m
- Hauteur totale $H_T = 11,52$ m
- Hauteur de poteau $h = 10$ m
- Toiture double versant de pente (15%) $\alpha = 8,5^\circ$

II.2. Atelier :

- Profondeur : $a = 96$ m
- Largeur : $b = 42$ m
- Hauteur totale $H_T = 11,52$ m
- Hauteur de poteau : 10 m
- Toiture double versant de pente (15%) $\alpha = 8,5^\circ$

III. LES DONNÉES RELATIVES AU SITE :

- Lieu de réalisation : Bouira (Ain Dalia)
- Altitude géographique (par rapport au niveau de la mer) : H_G 606 m
- Zone de neige : A
- Zone de vent : II
- Site plat : $c_t(z)=1$
- Catégorie du terrain : II

IV. ETUDE DE NEIGE :

La charge caractéristique de neige S pour unité de la surface en projection horizontale de toiture ou de toute autre surface soumise à l'accumulation de la neige par la formule suivante :

$$S = \mu \times S_K \text{ [KN/m}^2\text{]} \quad \longrightarrow \quad \text{(R.N.V 2013 P 18)}$$

Où :

S_K : en (KN/m²) est la charge de neige sur le sol, fonction de l'altitude et de zone de neige.

μ : est le coefficient d'ajustement des charges, fonctions de la forme de la toiture appelé coefficient de forme. $\mu=0,8$

❖ La construction est implantée dans la wilaya de Bouira qui se situe en zone A à une altitude de 606m

❖ Zone A : la charge sur le sol est donnée par la formule : $S = \frac{0,07H+15}{100}$

$$\text{Donc : } S = \frac{0,07 \times 606 + 15}{100} = \mathbf{0,574 \text{ (KN/m}^2\text{)}} \quad \longrightarrow \quad \text{(R.N.V 2013 P21)}$$

Tel que : la charge sur la toiture à versant multiples $\alpha = 8,5^\circ$

$$0 \leq \alpha \leq 30^\circ \left\{ \begin{array}{l} \mu_1 = 0,8 \\ \mu_2 = 0,8 + 0,8 \left(\frac{\alpha}{30} \right) = \mathbf{1,01} \end{array} \right. \quad \longrightarrow \quad \text{(R.N.V 2013 P 24)}$$

❖ Au sommet du versant intermédiaire :

$$\rightarrow \alpha = 8,5^\circ$$

$$\rightarrow \mu_1 = 0,8$$

$$\text{Donc : } S_1 = \mu \times S_K = 0,8 \times 0,574$$

$$= \mathbf{0,459 \text{ KN/m}^2}$$

❖ Au bas du versant intermédiaire :

$$\rightarrow 8,5^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$$

$$\rightarrow \mu_2 = 1,01$$

$$S_2 = \mu \times S_K = 1,01 \times 0,574 = \mathbf{0,579 \text{ KN/m}^2}$$

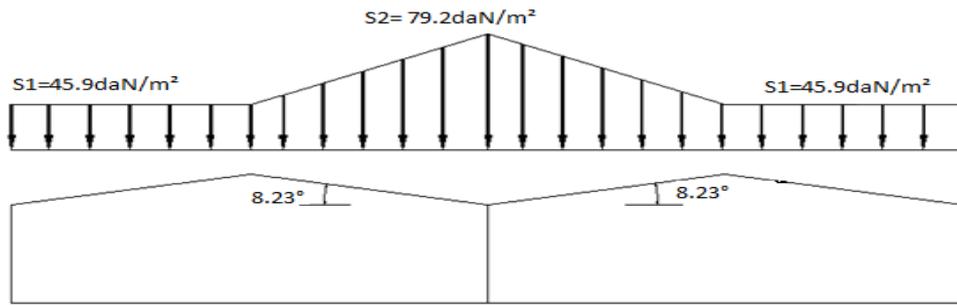


Fig.II-2 : Coefficient de forme de toiture à versants multiples.

V. ETUDE DE VENT :

Le vent est une action variable qui résulte du mouvement de l'air d'une zone pression élevée à une faible pression .il exerce sur la structure des actions extérieur (compression et traction) et intérieure (surpressions et dépression) agissant perpendiculairement aux considérées.

❖ La pression dynamique de point $q_p(Z_e)$,a la hauteur de référence z_e est donnée par : $q_p(z_e) = q_{réf} \times c_e(z_e)$ [N/m²] (R.N.V 2013 P50)

➤ Notre zone du vent est : zone II = 435 (KN/m²)(R.N.V 2013 P50)

➤ Le coefficient d'exposition au vent $C_e(z)$ tient compte des effets de la rugosité du terrain de la topographie du site de hauteur au-dessus du sol. En outre, il tient compte de la nature turbulent du vent.

❖ $C_e(z)$ est donné par :

$$C_e(z) = C_t^2(z) \times C_r^2(z) \times [1 + 7I_v(z)] \dots\dots\dots (R.N.V 2013 P51)$$

- C_r : est le coefficient de rugosité.
- C_t : est le coefficient de topographie.
- $I_v(z)$: est l'intensité de turbulence.
- $z(en m)$: est la hauteur considérée.

❖ Le coefficient de rugosité, l'influence de la rugosité et de la hauteur sur la vitesse moyenne du vent. Il est défini par la loi logarithmiques (logarithme népérien) :

$$C_r(z) = K_T \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{Pour} \quad z_{min} \leq z \leq 200 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{R.N.V 2013 P53})$$

- k_T : est la facture de terrain.
- z_0 (en m) : est paramètre de rugosité.
- z_{min} (en m) : est la hauteur minimale.
- z (en m) : est la hauteur considérée.

❖ L'intensité de la turbulence est définie comme étant type de la turbulence divisée pour la vitesse moyenne du vent est donnée par l'équation :

$$I_V(z) = \frac{1}{C_t(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{Pour} \quad Z > Z_{min} \dots\dots\dots(\text{R.N.V 2013 P57})$$

- $C_t(z)$: est le coefficient de topographie
- z_0 (en m) : est le paramètre de rugosité
- z_{min} : est la hauteur minimale

Notre zone du vent est zone II : $Q_{réf} = 435 \text{ KN/m}^2$

Le site est plat $C_t(z) = 1$

Tel que : $K_T = 0,19$ $Z_0 = 0,05$ $Z_{min} = 2$ $\varepsilon = 0,52$

On va déterminer les résultats :

Coefficient de rugosité C_r :

→ Paroi verticale : $c_r = 0,19 \times \ln\left(\frac{10}{0,05}\right) = \mathbf{1,00}$

→ Toiture : $c_r = 0,19 \times \left(\frac{11,52}{0,05}\right) = \mathbf{1,03}$

L'intensité de turbulence I_v :

→ Paroi verticale : $I_v = \frac{1}{1^2 \times \ln\left(\frac{10}{0,05}\right)} = \mathbf{0,188}$

→ Toiture : $I_v = \frac{1}{1^2 \times \ln\left(\frac{11,52}{0,05}\right)} = \mathbf{0,183}$

Coefficient d'exposition C_e :

→ Paroi verticale : $c_e = 1^2 \times 1^2 \times [1 + 7 \times (0,188)] = \mathbf{2,316}$

→ Toiture : $c_e = 1^2 \times 1,03^2 \times [1 + 7 \times (0,183)] = \mathbf{2,42}$

La pression dynamique est donnée par :

→ Paroi verticale : $q_p = 435 \times 2,316 = \mathbf{1007,46 \text{ KN/m}^2}$

→ Toiture : $q_p = 435 \times 2,42 = \mathbf{1052,7 \text{ KN/m}^2}$

Tab.II-1 : Valeur de Q_{dyn}

	C_e	$Q_{réf}$ [KN/m ²]	Q_{dyn} [KN/m ²]
Parois verticale	2,316	435	1007,46
Toiture	2,42	435	1052,7

1) Détermination du coefficient de pression extérieure C_{pe} :

La détermination du coefficient de pression extérieur est faite pour chaque direction de vent et sur la surface de la paroi considérée, pour cela on utilise les formules suivantes :

- ✓ $C_{pe} = C_{pe1}$ $S \leq 1m$
- ✓ $C_{pe} = C_{pe} + (C_{pe10} - C_{pe1}) \log_{10}(s)$ $1m < S < 10m^2$
- ✓ $C_{pe} = C_{pe10}$ $S \geq 10m^2$

Tel que :

(S) : est la surface chargée de la paroi considérée en m². (R.N.V 2013 P 80)

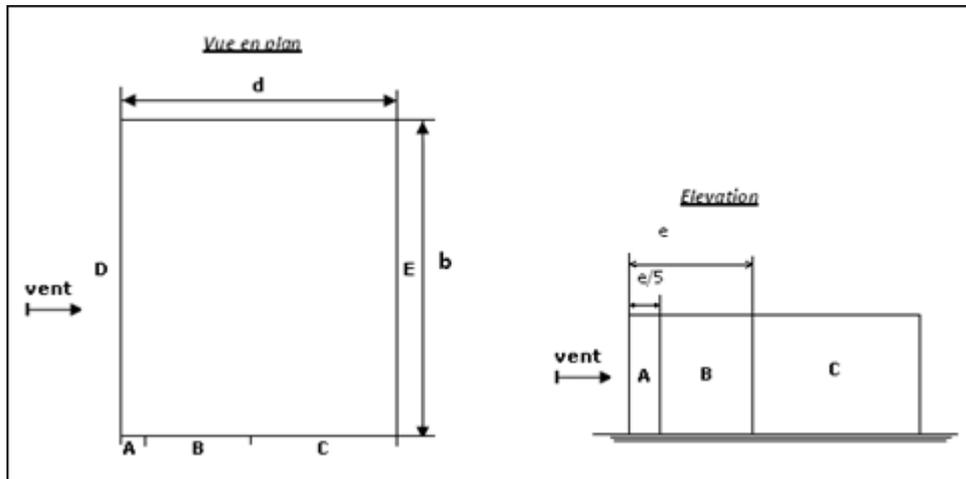


Fig.II-3 : Représentation du vent pour les parois verticales.

Tab.II-2 : C_{pe} pour les parois verticales.

Zone	A	B	C	D	E
C_{pe10}	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

❖ **Vent perpendiculaire parois verticales :**

→ Bloc administratif :

Pour cette direction de vent (façade long pan) on a : $b=30\text{ m}$; $d=42\text{ m}$;

Tel que $e= \text{Min}(b ; 2h)$ donc $e= 10\text{ m}$

Pour cette direction de vent (façade pignon) on a : $b=42\text{ m}$; $2h= 20\text{ m}$; $d= 30\text{ m}$

$$B=e - \frac{e}{5} = 16\text{ m}$$

Tel que : $e=10$

→ Atelier :

Pour cette direction de vent (façade long pan) on a : $b=96\text{ m}$; $d=42\text{ m}$; $e=20\text{ m}$

Pour cette direction de vent (façade pignon) on a : $b=42\text{ m}$; $d=96\text{ m}$; $e=20\text{ m}$

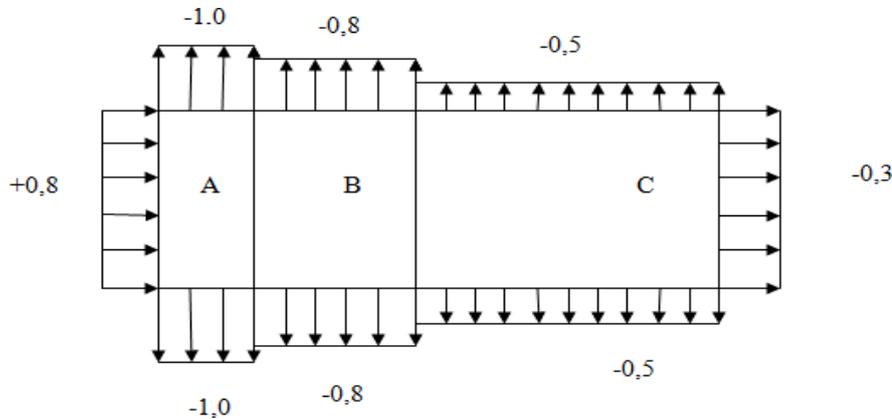


Fig.II-4 : Représentations des valeurs de C_{pe} pour les parois verticales.

❖ **Toiture :**

$$f(x) = f(x_1) - \left(\frac{x-x_1}{x_2-x_1}\right)(f(x_1) - f(x_2)).$$

→ Bloc administratif

Vent perpendiculaire long pan $\theta=180^\circ$:

Angle α	F	G	H	I	J
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
8.5°	-1,44	-1,7	-0,5	-1	-0,6
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1

Tab.II-3 : C_{pe} pour la toiture.

Les surfaces :

$$S_F = e/4 \times e/10 = 10m^2.$$

$$S_G = (b \times e/10) - (S_F) \times 2 = 40m^2. \quad \begin{cases} S_F \\ S_G \geq C_{pe} = 10m^2 \\ S_H \end{cases}$$

$$S_H = e/2 \times b = 300m^2.$$

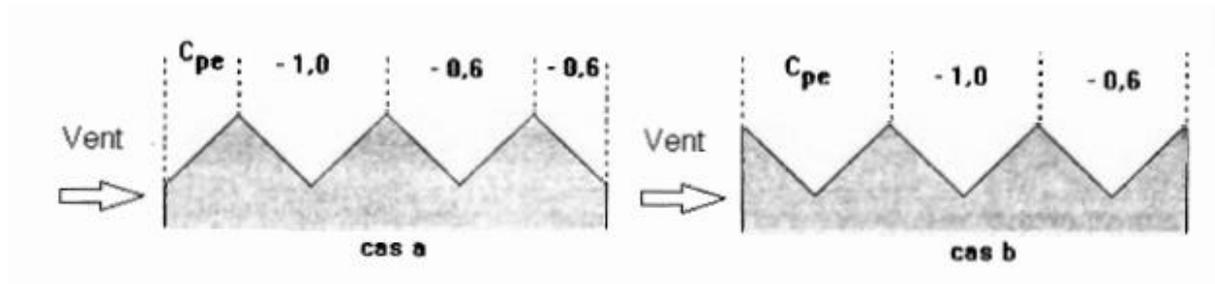


Fig.II-5 : Légende pour les toitures à versant multiples.

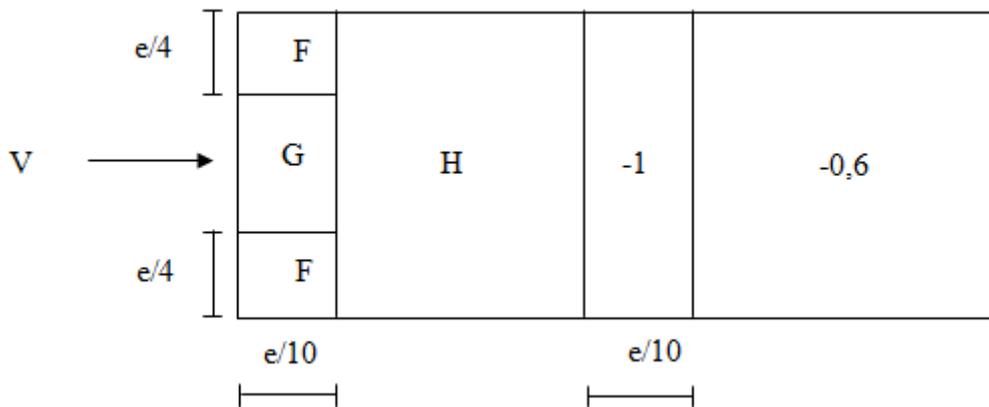


Fig.II-6 : Représentations C_{pe} pour la toiture $\theta = 180^\circ$

Vent perpendiculaire pignon $\theta=90^\circ$:

Tab.II-4 : C_{pe} pour la toiture.

Angle α	F	G	H	I
5°	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
8.5°	-1,5	-1,3	-0,66	-0,56
15°	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5

LES SURFACES :

$$S_F = e/4 \times e/10 = 10m^2 = S_G.$$

$$S_H = e/2 \times (e/4) \times 2 = 100m^2.$$

$$\begin{cases} S_F \\ S_H \geq C_{pe} = 10m^2 \\ S_I \end{cases}$$

$$S_I = b/2 \times (30 - e/2) = 420m^2.$$

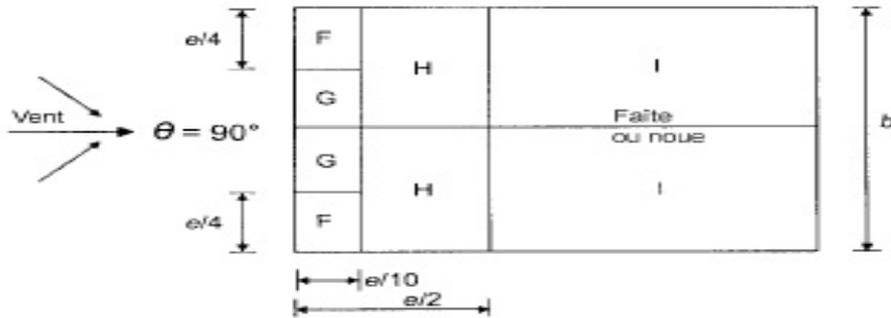


Fig.II-7 : Représentations C_{pe} pour la toiture $\theta=90^\circ$

→ Atelier :

Vent perpendiculaire long pan :

Les surfaces :

$$S_F = 13,27m^2.$$

$$S_G = 194,64m^2.$$

$$\begin{cases} S_F \\ S_G \geq C_{pe} = 10m^2 \\ S_H \end{cases}$$

$$S_H = 179,25m^2.$$

Vent perpendiculaire pignon :

Les surfaces :

$$S_F = 13,27m^2.$$

$$S_G = 35m^2.$$

$$\begin{cases} S_F \\ S_G \geq C_{pe} = 10m^2 \\ S_I \end{cases}$$

$$S_H = S_I = 110,59m^2.$$

2) Détermination du coefficient de pression intérieure C_{pi} :

Déterminer la perméabilité μ :

Pour les bâtiments sans faces dominante, les coefficients de pression intérieure C_{pi} est déterminé en fonction de (h) la hauteur du bâtiment, (d) sa profondeur et μ_p l'indice de perméabilité donné par :

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surfaces des ouvertures ou } C_{pe} \leq 0}{\sum \text{des surfaces de toutes les ouvertures}}$$

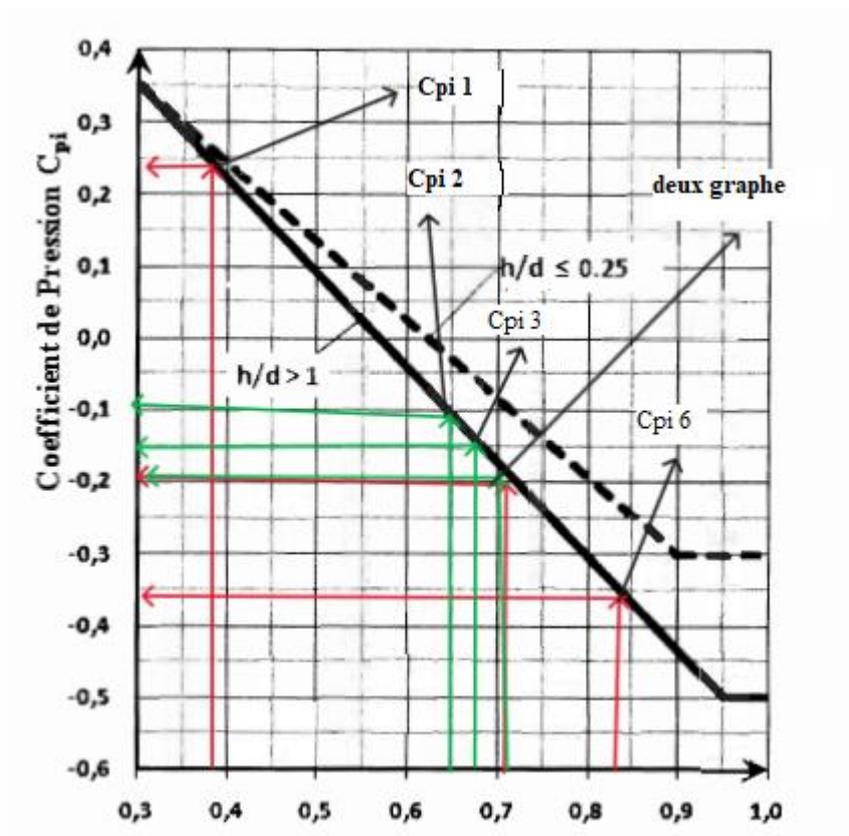


Fig.II-8 : Coefficients de pression intérieure C_{pi}

Pour les valeurs comprises entre $h/d = 0,25$ et $h/d = 1$ une interpolation linéaire peut être utilisée. (R.N.V 2013p 97)

h : la hauteur de poteau en (m) / d : profondeur de long pan en (m)

Bloc administratif :

Notre hangar possède 6 fenêtres de dimension (4×1) m² et deux portails de dimension (5×5) m² d'un cote de pignon et de l'autre cote on a 5 fenêtres de dimension (4×1) m², du côté de long pan possède 6 fenêtres de dimension (4×1) m².

Surface totale des ouvertures : 118m²

Façade de pignon :74m²

Façade pignon (arrière) :20m²

Façade long pan : 24m²

→ Les calculs :

$$\mu_{p1} = \frac{44}{118} = 0,37. \quad \mu_{p2} = \frac{98}{118} = 0,83. \quad \mu_{p3} = \frac{94}{118} = 0,79.$$

Parois verticales : $\frac{h}{d} = \frac{10}{30} = 0,33 \rightarrow$ alors: $\frac{h}{d} \geq 0.25$

Toiture : $\frac{h}{d} = \frac{11,52}{30} = 0.38 \rightarrow$ alors: $\frac{h}{d} \geq 0.25$

D'après le graphe (5.14) on va utiliser la projection des valeurs de μ_p 1, 2et 3 :

$$q_j = c_d \times Q_{dyn} \times (C_{pe} - C_{pi})$$

Vent perpendiculaire pignon pour $C_{pi} = 0,25$:

Paroi verticale :

Tab.II-5 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
A	1	1007,46	-1	0,25	-1,25	-1259,3
B	1	1007,46	-0,8	0,25	-1,05	-1057,8
C	1	1007,46	-0,5	0,25	-0,75	-755,6
D	1	1007,46	0,8	0,25	0,55	554,1
E	1	1007,46	-0,3	0,25	-0,55	-554,1

Toiture :

Tab.II-6 : Les pressions de q_j pour la toiture.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
F	1	1052,7	-1,5	0,25	-1,75	-1842,2
G	1	1052,7	-1,3	0,25	-1,55	-1631,7
H	1	1052,7	-0,66	0,25	-0,91	-957,9
I	1	1052,7	-0,56	0,25	-0,81	-852,6

Vent perpendiculaire long pan pour $C_{pi} = -0,39$:

Parois verticales :

Tab.II-7 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
A	1	1007,46	-1	-0,39	-0,61	-614,5
B	1	1007,46	-0,8	-0,39	-0,41	-413,05
C	1	1007,46	-0,5	-0,39	-0,11	-110,8
D	1	1007,46	0,8	-0,39	1,19	1198,9
E	1	1007,46	-0,3	-0,39	0,09	90,67

Toiture :

Tab.II-8 : Les pressions de q_j pour la toiture.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
F	1	1052,7	-1,44	-0,39	-1,05	-1105,3
G	1	1052,7	-1,07	-0,39	-0,37	-389,4
H	1	1052,7	-0,5	-0,39	0,94	989,5
Versant 2-3	1	1052,7	-1	-0,39	-0,44	-463,2
Versant 4	1	1052,7	-0,6	-0,39	-0,84	-884,2

Vent perpendiculaire pignon façade arrière $C_{pi} = -0,21$:

Parois verticales :

Tab.II-9 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
A	1	1007,46	-1	-0,21	-0,79	-795,9
B	1	1007,46	-0,8	-0,21	-0,59	-594,4
C	1	1007,46	-0,5	-0,21	-0,29	-292,1
D	1	1007,46	0,8	-0,21	1,01	1017,5
E	1	1007,46	-0,3	-0,21	-0,09	-90,5

Toiture :

Tab.II-10 : La pression de q_j pour la toiture.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
F	1	1052,7	-1,5	-0,21	-1,29	-1357,9
G	1	1052,7	-1,3	-0,21	-1,09	-1147,4
H	1	1052,7	-0,66	-0,21	-0,45	-473,7
I	1	1052,7	-0,56	-0,21	-0,35	-368,4

Atelier :

Notre hangar possède 11 fenêtres de dimension $(4 \times 1) \text{ m}^2$ et deux portails de dimension $(5 \times 5) \text{ m}^2$ d'un cote de long pan droite et 16 fenêtres de dimension $(4 \times 1) \text{ m}^2$ de cote long pan gauche, du cote de pignon est symétrique.

Surfaces totales des ouvertures : 306 m^2

Façade long pan droite de l'ouvrage : 50 m^2

Façade long pan gauche de l'ouvrage : 64 m^2

Façade pignon : 74 m^2 (symétries)

Les calculs :

$$\mu_{p1} = \frac{64 + (24 + 50) \times 2}{306} = 0,70 \quad \text{Donc : } C_{pi} = -0,1$$

$$\mu_{p2} = \frac{(24 + 50) \times 2}{306} = 0,8 \quad \text{Donc : } C_{pi} = -0,2$$

$$\mu_{p3} = \frac{94 + 64 + 74}{306} = 0,75 \quad \text{Donc : } C_{pi} = -0,15$$

$$\text{Parois verticales : } \frac{h}{d} = \frac{10}{96} = 0,1 \quad h/d \leq 0,25$$

$$\text{Toiture : } \frac{h}{d} = \frac{11,52}{96} = 0,12 \quad h/d \leq 0,25$$

D'après le graphe (5.14) on va utiliser la projection les valeurs de μ_p 1,2 et 3

Vent perpendiculaire pignon (symétrie) $C_{pi} = -0,1$:

Parois verticales :

Tab.II-11 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
A	1	1007,46	-1	-0,15	-0,85	-856,34
B	1	1007,46	-0,8	-0,15	-0,65	-654,84
C	1	1007,46	-0,5	-0,15	-0,35	-352,61
D	1	1007,46	0,8	-0,15	0,95	957,08
E	1	1007,46	-0,3	-0,15	-0,15	-151,12

Toiture :

Tab.II-12 : Les pressions de q_j pour la toiture.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
F	1	1052,7	-1,5	-0,15	-1,35	-1421,14
G	1	1052,7	-1,3	-0,15	-1,15	-1210,6
H	1	1052,7	-0,66	-0,15	-0,51	-536,87
I	1	1052,7	-0,56	-0,15	-0,41	-431,6

Vent perpendiculaire long pan (droite) $C_{pi} = -0,2$:

Parois verticales :

Tab.II-13 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
A	1	1007,46	-1	-0,1	-0,9	-906,71
B	1	1007,46	-0,8	-0,1	-0,7	-705,22
C	1	1007,46	-0,5	-0,1	-0,4	-403
D	1	1007,46	0,8	-0,1	0,9	906,71
E	1	1007,46	-0,3	-0,1	-0,2	-201,5

Toiture :

Tab.II-14 : Les pressions de q_j pour la toiture.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
F	1	1052,7	-1,44	-0,1	-1,34	-1410,6
G	1	1052,7	-1,07	-0,1	-0,97	-1021,12
H	1	1052,7	-0,5	-0,1	-0,4	-421,08
Versant 2-3	1	1052,7	-1	-0,1	-0,9	-947,43
Versant 4	1	1052,7	-0,6	-0,1	-0,5	-526,35

Vent perpendiculaire long pan (gauche) $C_{pi} = -0,15$:

Parois verticales :

Tab.II-15 : Les pressions de q_j dans la paroi verticale.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
A	1	1007,46	-1	-0,2	-0,8	-806
B	1	1007,46	-0,8	-0,2	-0,6	-604,47
C	1	1007,46	-0,5	-0,2	-0,3	-302,23
D	1	1007,46	0,8	-0,2	1	1007,46
E	1	1007,46	-0,3	-0,2	-0,1	-100,74

Toiture :

Tab.II-16 : Les pressions de q_j pour la toiture.

Zone	C_d	Q_{dyn}	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} - C_{pi}$	q_j
F	1	1052,7	-1,44	-0,2	-1,24	-1305,34
G	1	1052,7	-1,07	-0,2	-0,87	-915,85
H	1	1052,7	-0,5	-0,2	-0,3	-315,81
Versant 2-3	1	1052,7	-1	-0,2	-0,8	-842,16
Versant 4	1	1052,7	-0,6	-0,2	-0,4	-421,08

VI. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons fourni les principes généraux et procédures pour déterminer les charges agissantes sur la structure étudiée (charges permanentes, surcharges d'exploitations et surcharges climatique). Les résultats trouvés seront utilisés dans les chapitres prochains qui concernent le dimensionnement des éléments secondaires de la structure.

Chapitre III : Étude des éléments secondaires

I. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre on s'intéresse à définir les profils qui devront résister aux différentes sollicitations auxquelles ils sont travail aux règles de **L'EUROCODE3**, Les profils concernée par cette étude sont : les pannes et lisses de bardage.

II. LES PANNES :

Les pannes sont des éléments de profiles laminée qui ont pour rôle de prendre le poids de la couverture ainsi que les surcharges climatiques, elles sont disposées parallèlement à la ligne du faitage dans le plan de versant, et elles sont posées inclinée sur les membrures supérieures à un angle α et elles sont réalisées soit en profile en *I* en U ou en H.

Elles sont calculées pour pouvoir résister au propre de la couverture, leur poids propres, surcharge d'exploitation ainsi que les surcharges climatiques.

1) Hypothèse de calcul :

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

2) Dimensionnement des pannes :

- Chaque panne repose sur deux appuis de distance $L=6\text{ m}$.
- Le degré de chaque versant est : $\alpha=15\%$, avec une pente de $8,5^\circ$.
- On dispose de 07 ligne de panne sur chaque versant de toiture.
- Le porté entre axe des pannes $d=1,7\text{m}$ (espace entre deux panne)
- Les pannes sont en acier S275.
 - $F_y = 0,275\text{ KN/mm}^2$ (La limité élastique d'acier).
 - $E = 210\text{ KN/mm}^2$ (Le module élastique longitudinale de l'acier).

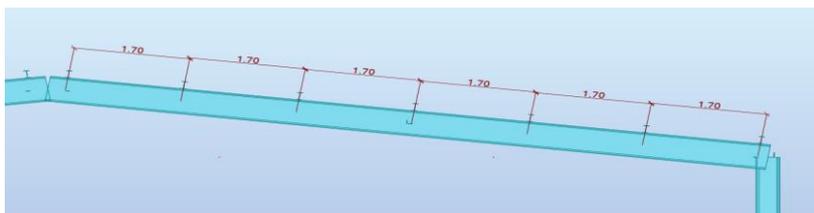


Fig.II-1 : Dispositions des pannes sur versants

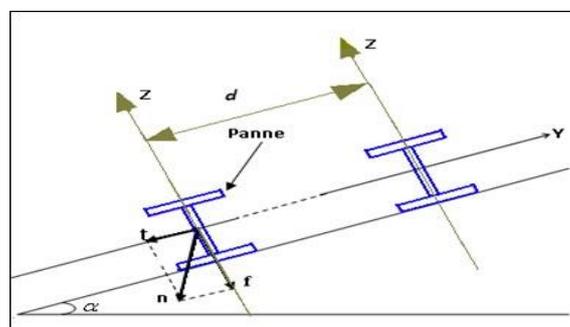


Fig.II-2 : Position de la panne sur traverse

3) Evaluation des charges :

Pour bien évaluer les charges, on va d'abord déterminer la section du profile :

➤ Détermination la section de la panne :

a) Les charges variables

1) Le vent (soulèvement) :

$$\circ W_s = Q_j \times d = -1,84 \times 1,7 = -3,12 \text{ KN/m}$$

2) La neige :

$$\circ S_n = S \times d = 0,585 \times 1,7 = 1 \text{ KN/m}$$

3) La charge d'exploitation :

$$\circ P_n = \frac{8p}{3l} = \frac{8 \times 100}{3 \times 6} = 0,44 \text{ KN/m}$$

b) Les charges permanentes :

→ Poids de panneau sandwich : $G_1 = 0,14 \text{ KN/m}^2$

→ Poids de l'accessoire : $G_2 = 0,03 \text{ KN/m}^2$

$$G = (G_1 + G_2) \times d = (0,14 + 0,03) \times 1,7 = 0,29 \text{ KN/m}^2$$

c) Combinaison des charges (ELS) :

On prend les combinaisons les plus défavorables :

$$\begin{aligned} yy' &= G \sin \alpha + 0,9 \times (S_n \sin \alpha + P_n \sin \alpha) \\ &= 0,29 \sin(8,23) + 0,29 \times (1 \sin(8,23) + (-3,12 \sin(8,23))) \\ &= 0,231 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$zz' = G \cos \alpha - W_s = -2,84 \text{ KN/m}$$

d) Prédimensionnement des pannes :

Dans notre cas on a une poutre posée sur deux appuis simples et une charge uniformément repartie donc la flèche : $f = \frac{5ql^4}{384EL}$ et la flèche admissible $f_{adm} = \frac{l}{200}$:

$$f_y = \frac{5q_y l^4}{384El_z} \leq \frac{l}{200} \quad \rightarrow I_z = \frac{1000q_y l^3}{384E} = \frac{1000 \times 2,84 \times 6000^3}{384 \times 21 \times 10^4} = 760,14 \text{ cm}^4$$

$$f_z = \frac{5q_z l^4}{384El_y} \leq \frac{l}{200} \quad \rightarrow I_y = \frac{1000q_z l^3}{384E} = \frac{1000 \times 0,226 \times 6000^3}{384 \times 21 \times 10^4} = 60,53 \text{ cm}^4$$

Donc le profilé qui correspondant est **IPE 160**.

Les caractéristiques et les dimensions qu'on peut utiliser sont résumées dans le tableau suivant :

Tab.III-1 : Caractéristiques et dimensions de IPE160

$h(mm)$	$b(mm)$	$t_w(mm)$	$t_f(mm)$	$r(mm)$	$d(mm)$	$p(Kg/m)$
160	82	5	7,4	9	127,2	15,8
$A(mm)$	$I_y(cm^4)$	$i_y(cm)$	$W_{pl,y}(cm^3)$	$I_z(cm^4)$	$i_z(cm)$	$W_{pl,z}(cm^3)$
21,1	869,3	6,58	123,9	68,31	1,84	26,1

➤ Evaluation des charges

a) Les charges variables :

1) La charges de vent : $w_s = Q_j \times d = -1,84 \times 1,7 = -3,12 \text{ KN/m}$

2) La charges de la neige : $s_n = s \times d = 0,585 \times 1,7 = 1 \text{ KN/m}$

3) La charges d'exploitation : $p_n = \frac{8p}{3l} = 0,44 \text{ KN/m}$

b) Les charges permanente :

- Poids de panneau sandwich +l'accessoire : **0,17 KN/m**

- Poids propre de IPE 160 : **0,158 KN/m**

$$G = (G_1 + G_2) \times d + G_3 = (0,14 + 0,03) \times 1,7 + 0,158 = 0,447 \text{ KN/m}$$

➤ La combinons des charges :

a) à ELU :

- $\sum \delta_G \cdot G + \delta_Q \cdot Q$ Pour une action variable la plus défavorable.
- $\sum \delta_G \cdot G + 0,9 \sum \delta_Q \cdot Q$ Pour plusieurs actions variables la plus défavorable.

• Suivant yy' :

- $\delta G \cdot G \sin \alpha = 1,35 \times 0,447 \times \sin(8,23) = 0,086$

- $\delta G \cdot G \sin \alpha + \delta Q \cdot S_n \sin \alpha = 1,35 \times 0,447 \sin(8,23) + 1,5 \sin(8,23) = 0,3$

- $\delta G \cdot G \sin \alpha + \delta Q \cdot P_n \sin \alpha =$

- $= 1,35 \times 0,447 \sin(8,23) + 1,5 \times 0,44 \sin(8,23) = 0,18$

- $\delta G \cdot G \sin \alpha + 0,9 \delta Q (S_n + P_n) \sin \alpha =$

- $= 1,35 \times 0,447 \sin(8,23) + 1,5(1 + 0,44) \sin(8,23) = 0,36$

La plus défavorable est : $T_y = 0,36 \text{ KN/m}$

• Suivant zz' :

- $\delta G \cdot G \cos \alpha - \delta Q \cdot W_S = 1,35 \times 0,447 \cos(8,5) - 1,5 \times (-3,12) = -4,30$

- $\delta G \cdot G \cos \alpha + \delta Q \cdot S_n \cos \alpha = 1,35 \times 0,447 \cos(8,5) + 1,5 \times 1 \cos(8,5) = 2,08$

- $\delta G \cdot G \cos \alpha + \delta Q \cdot P_n \cos \alpha =$

- $= 1,35 \times 0,447 \cos(8,5) + 1,5 \times 0,44 \cos(8,5) = 1,25$

La plus défavorable est : $T_z = -4,30 \text{ KN/m}$

a) à ELS :

- $\sum G + Q$ Pour une action variable la plus défavorable
- $\sum G + 0.9\sum Q$ Pour plusieurs actions variables la plus défavorable

• Suivant yy' :

- $G \sin\alpha = 0,447 \sin(8,5) = \mathbf{0,063}$
- $G \sin\alpha + S_n \sin\alpha = 0,447 \sin(8,5) + 1 \sin(8,5) = \mathbf{0,207}$
- $G \sin\alpha + P_n \sin\alpha = 0,447 \sin(8,5) + 0,44 \sin(8,5) = \mathbf{0,126}$
- $G \sin\alpha + 0.9(S_n + P_n)\sin\alpha = 0,447 \sin(8,5) + 0,9(1 + 0,44) \sin(8,5) = \mathbf{0,249}$

La plus défavorable est : $T_y = 0,249 \text{ KN/m}$

• Suivant zz' :

- $G \cos\alpha - WS = 0,447 \cos(8,5) - (3,12) = \mathbf{-2,67}$
- $G \cos\alpha + S_n \cos\alpha = 0,447 \cos(8,5) + 1 \cos(8,5) = \mathbf{1,43}$
- $G \cos\alpha + P_n \cos\alpha = 0,447 \cos(8,5) + 0,44 \cos(8,5) = \mathbf{0,87}$

La plus défavorable est $T_z = -2,67 \text{ KN/m}$

4) Vérification de la flexion biaxiale (ELU) :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$\left[\frac{M_{y.sd}}{M_{ply.rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z.sd}}{M_{plz.rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad \dots \dots \text{EC03 PAGE 163}$$

Avec : $\alpha=2$; $\beta=2$ pour les profile en *I O U H*.

$$M_{y.sd} = \frac{T_z \times l^2}{8} = 4,30 \times \frac{6^2}{8} = \mathbf{19,35 \text{ KN/m}}$$

$$M_{y.sd} \frac{T_y \times l^2}{8} = 0,36 \times \frac{6^2}{8} = \mathbf{1,62 \text{ KN/m}}$$

Et pour déterminer δM_0 on doit déterminer la classe du profile **IPE160**.

➤ Déterminations de la classe de profilé :

Ame :

$$\frac{d}{tw} = \frac{127}{5} = 25.4 < 72\varepsilon \quad \text{Ame de classe 1}$$

$$\text{Et } \varepsilon = \sqrt{\frac{23.5}{F_y}} = \sqrt{\frac{23.5}{275}} = 0,29$$

$$\text{Semelle } \frac{c}{tf} = \frac{b/2}{tf} = 5,54 \leq 10\varepsilon \quad \text{donc la semelle de classe 1.}$$

$$\delta M0 = 1,1$$

$$M_{PL.y.sd} = \frac{w_{pl.y} \times fy}{\delta M0} = \frac{124 \times 275}{1,1} = 31 \text{ KN.m}$$

$$M_{PL.z.sd} = \frac{w_{pl.z} \times fy}{\delta M0} = \frac{26,1 \times 275}{1,1} = 6,52 \text{ KN.m}$$

Et la condition sera :

$$\left[\frac{19.35}{31} \right]^2 + \left[\frac{1.62}{6.52} \right]^1 = 0,63 \leq 1$$

Donc la flexion biaxiale est vérifié.

5) Vérification au l'effort tranchant (cisaillement) :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$\rightarrow V_{sd.max} \leq V_{pl.rd} \dots \dots \dots \text{EC03 PAGE 158}$$

$$\rightarrow V_{sd} = \frac{ql}{2}$$

Avec :

$$\begin{cases} V_{sd.y} = \frac{t \times l}{2} = \frac{0,36 \times 6}{2} = 1,08 \text{ KN} \\ V_{sd.z} = \frac{f \times l}{2} = \frac{4,30 \times 6}{2} = 12,9 \text{ KN} \end{cases}$$

$$V_{sd.max} = 12,9 \text{ KN}$$

$$V_{PL.rd} = \frac{A_v \times f_y / \sqrt{3}}{\delta M0} = 138,97 \text{ KN}$$

$$A_v = a - 2btf + (tw + 2r)tf = (20,1 \times 10^2)(82 \times 7,4) + (5 + 18) \times 7,4 = 956,6 \text{ mm}^2$$

Donc la condition sera :

$$V_{sd.max} < V_{pl.rd}$$

$$12,9 \text{ KN} < 138,97 \text{ KN}$$

Donc l'effort tranchant est vérifié.

6) Vérification au moment fléchissant (déversement) :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$M_{sd.max} \leq M_{b.rd} \quad \dots \dots \text{EC03 PAGE 156}$$

$$\rightarrow M_{sd.max} = M_{y.sd} = 19,85 \text{ KN.m}$$

$$\rightarrow M_{b.rd} = \frac{\chi_{LT} \beta_w W_{PL.y} F_y}{\delta_{m1}} \quad \dots \dots \dots \text{EC03 PAGE 176}$$

Avec : $\beta_w = 1$ la section de classe 1 et $\delta_1 = 1,1$

$$\text{Et : } \chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + (\varphi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2)^{0,5}} \quad , \quad \varphi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}]$$

$\alpha_{LT} = 0,21$ Pour les profilés laminés **EC03 PAGE 170**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = \sqrt{\frac{23,5}{27,5}} = 0,92$$

$\bar{\lambda}_{LT}$ c'est l'élancement de déversement $\rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = \left(\frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1}\right) \times \sqrt{\beta_w}$

Avec : $\lambda_1 = 93,9$, $\varepsilon = 93,9 \times 0,92 \rightarrow \lambda_1 = 86,38 \dots \dots \dots \text{EC03 PAGE 424}$

Avec : $C_1 = 1,132$

$$\text{Donc : et } \lambda_{LT} = \frac{0,9l/i_z}{\sqrt{C_1 \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{l/i_z}{h/t_f} \right)^2 \right]^{0,25}}} = \frac{6000/18,4}{\sqrt{C_1 \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{6000/18,4}{160/7,4} \right)^2 \right]^{0,25}}} = 87,13$$

$$\text{Et : } \bar{\lambda}_{LT} = \frac{87,13}{86,76} \sqrt{1} = 1$$

Il y a un risque de déversement :

$$\Phi = 0,5 \times [1 + 0,21(1 - 0,2) + 1^2] = 1,08$$

$$\Phi_{LT} = 1,08$$

$$\Phi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,08 + \sqrt{1,08^2 - (1)^2}} = 0,67 < 1$$

$$\text{Donc : } M_{b.rd} = \frac{\chi_{LT} \beta_W W_{ply} f_y}{\delta_{M1}} =$$

$$M_{b.rd} = 20,75 \text{ KN.m}$$

$$\mathbf{M_{sd,max} = 19,35 \leq M_{b.rd} = 20,75 \text{ KN.m}}$$

III. LES LISSES DE BARDAGE :

On appelle bardage la confection d'une paroi ou le remplissage en matériaux léger tel que les tôles nervurées ou panneau sandwich. Dans notre cas nous avons utilisés des tôles en panneau sandwich. Les lisses de bardages sont espacées de 1,5 m, l'entre axe entre les portiques dans le sens du long pan représente la distance entre les deux appuis de la lisse.

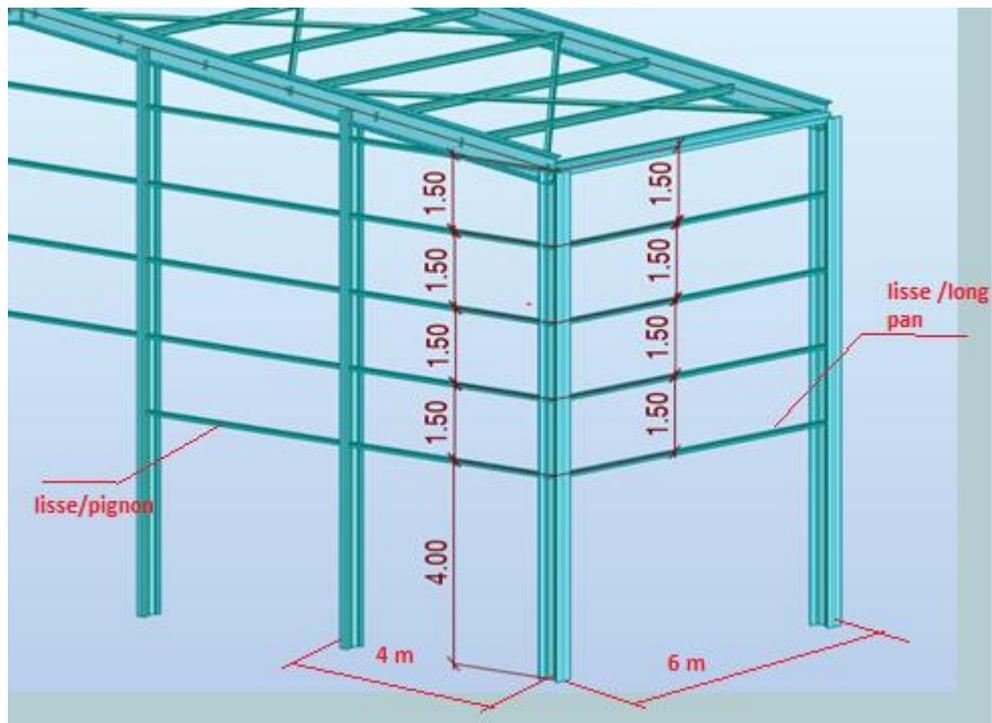


Fig.II-3 : Disposition des lisses de bardage

Le sens du représente la distance entre les deux appuis de la lisse.

1) Dimensionnements des lisses :

- Chaque lisse repose sur deux appuis de distance 6 m sur Lang pan et 5m pour le pignon.
- Espacement à l'écartements des lisses $d= 1,5m$
- Les lisses sont en acier S275.

Pour bien évaluer les charges, on va d'abord déterminer la section du profile :

➤ Sur Lang pan :

a) Les charges variables :

- Le vent (pression) :

$$W_{p,L} = Q_j \times d = 1259 \times 1,5 = \mathbf{1,888 \text{ KN/m}}$$

b) Les charges permanentes (sauf profilé) :

$$\text{Poids de panneau sandwich } G_1 = 0,14 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Poids de l'accessoire } G_2 = 0,03 \text{ KN/m}^2$$

$$G = (G_1 + G_2) \times d = (0,14 + 0,03) \times 1,5 = \mathbf{0,255 \text{ KN/m}}$$

c) Combinaison des charges ELS :

On prend les combinaisons les plus défavorables.

$$yy' = G = 0,255 \text{ KN/m}$$

$$zz' = W_{p,L} = 1,88 \text{ KN/m}$$

La combinaison la plus défavorable est : $W_{p,L} = \mathbf{1,88 \text{ KN/m}}$

Dans ce cas on a une poutre posée sur 2 appuis simples et une charge uniformément répartie, donc la flèche $f = \frac{5ql^4}{384EI}$ et la flèche admissible : $F_{adm} = \frac{l}{200}$.

$$\rightarrow I_y = \frac{5ql^4}{384EI_y} \leq \frac{l}{200} \quad \rightarrow I_y = \frac{1000 \times q \times l^3}{384E}$$

$$\rightarrow I_y = \frac{1000 \times 1,88 \times 6000^3}{384 \times 21 \times 10^4} = 503,57 \text{ cm}^4$$

$$\rightarrow I_z = \frac{5ql^4}{384EI_z} \leq \frac{l}{200} \quad \rightarrow I_z = \frac{1000 \times q \times l^3}{384E}$$

$$\rightarrow I_z = \frac{1000 \times 0,255 \times 6000^3}{384 \times 21 \times 10^4} = 68,30 \text{ cm}^4$$

➤ Sur pignon :

a) Les charges variables :

- Le vent (pression) :

$$W_{p,L} = Q_j \times d = 1259 \times 1,5 = \mathbf{1,888 \text{ KN/m}}$$

b) Les charges permanentes :

- Poids de panneau sandwich : $G_1 = 0,14 \text{ KN/m}^2$
- Poids de l'accessoire : $G_2 = 0,03 \text{ KN/m}^2$

$$G = 0,255 \text{ KN/m}^2$$

c) Combinaison des charges (ELS) :

- On prend la combinaison yy' : $G = 0,255 \text{ KN/m}$

Dans ce cas on a une poutre posée sur 2 appuis simple est une charge uniformément

repartie, donc la flèche est : $f = \frac{5ql^4}{384El}$ et la flache admissible : $f_{amd} = \frac{1}{200}$

$$\rightarrow f = \frac{5ql^4}{384El} \leq \frac{1}{200} \quad \rightarrow \frac{1000ql^3}{384 \times 21 \times 10^4}$$

$$\rightarrow I_y = \frac{1000 \times 1,88 \times 5000^3}{384 \times 21 \times 10^4} = 291,41 \text{ cm}^4$$

$$\rightarrow f = \frac{5ql^4}{384El} \leq \frac{1}{200} \quad \rightarrow \frac{1000ql^3}{384 \times 21 \times 10^4}$$

$$\rightarrow I_z = \frac{1000 \times 0,255 \times 5000^3}{384 \times 21 \times 10^4} = 39,52 \text{ cm}^4$$

Donc le profile qui correspond est UPN140

Les caractéristiques et les dimensions qu'on peut utiliser sont résume dans le tableau suivant :

Tab.III-2 : Caractéristiques et dimensions d'UPN 140

$h(\text{mm})$	$b(\text{mm})$	$t_w(\text{mm})$	$t_f(\text{mm})$	$r(\text{mm})$	$d(\text{mm})$	$p(\text{Kg/m})$
140	60	7	10	5	110	16
$A(\text{mm}^2)$	$I_y(\text{mm}^4)$	$i_y(\text{mm})$	$W_{pl,y}(\text{mm}^3)$	$I_z(\text{mm}^4)$	$i_z(\text{mm})$	$W_{pl,z}(\text{mm}^3)$
20,6	616,2	36,4	104,5	19,6	1,3	19,6

2) Evaluation des charges :

a) Les charges variables :

- La charge de vent suivante l'axe zz' :

$$W_{p,l} \times Q_{p,l} \times d = 1,259 \times 1,5 = 1,88 \text{ KN/m}$$

b) Les charges permanentes :

- Poids de panneau sandwich : $G_1 = 0,14 \text{ KN/m}^2$
- Poids de l'accessoire : $G_2 = 0,03 \text{ KN/m}^2$
- Poids propre de L'UPN140 : $G_3 = 0,16 \text{ KN/m}^2$

$$G = (G_1 + G_2) \times d + G_3 = (0,14 + 0,03) \times 1,5 + 0,16 = 0,415 \text{ KN/m}$$

3) Combinaison des charges :

➤ A L'ELU :

$$\Sigma \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$$

• Suivant yy' :

$$\gamma_G \cdot G = 1,35 \times 0,415 = 0,560 \text{ KN/m}$$

• Suivant zz' :

$$\gamma_Q \cdot W_{p.l} = 1,5 \times 1,88 = 2,82 \text{ KN/m}$$

➤ A L'ELS :

$$\Sigma G + Q$$

• Suivant yy' :

$$G = 0,560 \text{ KN/m}$$

• Suivant zz' :

$$W_{p.l} = 2,82 \text{ KN/m}$$

4) Vérification de la flèche (ELS) :

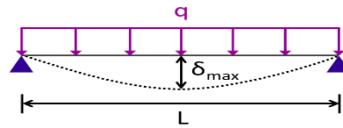
Pour cette vérification on utilise la condition suivante : $f \leq f_{adm} = \frac{1}{200} = 300 \text{ cm}$

La flèche est : $f = \frac{5ql^4}{384EL}$

• Sur Long pan $L = 6\text{m}$:

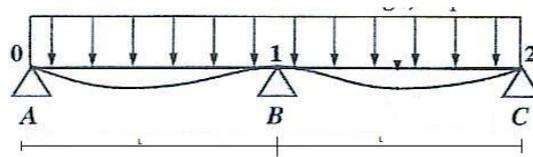
$$f_z = \frac{5q_z l^4}{384EL}$$

$$f_z = \frac{5 \times 2,82 \times 10^{-2} \times 600^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 616} = 3,67 \text{ cm} \quad \text{alors } f_{adm} = 300 \text{ cm} < f_z = 3,67 \text{ cm}$$



$$f_y = \frac{5 \times 0,415 \times 10^{-2} \times 600^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 36} = 9,26 \text{ cm} \quad \text{alors } f_{adm} = 300 \text{ cm} < f_y = 9,26 \text{ cm}$$

Donc la condition n'est pas vérifiée on va ajouter les suspentes au milieu de la lisse.



$$f = \frac{2,05 \times q l^4}{384 E L}$$

$$f_y = \frac{2,05 \times 0,415 \times 10^{-2} \times 300^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 616} = 0,57 \text{ cm} \quad \text{alors } f_{adm} > f_y$$

$$f_z = \frac{2,05 \times 0,415 \times 10^{-2} \times 300^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 616} = 0,23 \text{ cm} \quad \text{alors } f_{adm} > f_z$$

- **Sur pignon :** $f_{amd} = \frac{l}{200} = 2,5$

$$f_z = \frac{5 \times 2,82 \times 10^{-2} \times 500^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 616} = 1,77 \text{ cm} \quad \text{alors } f_{adm} > \delta_z$$

$$f_y = \frac{5 \times 0,415 \times 10^2 \times 250^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 36} = 4,46 \text{ cm} \quad \text{alors } f_{amd} = 2,5 \text{ cm} < f_y = 4,46 \text{ cm}$$

La condition n'est pas vérifiée on ajoute des liernes.

$$f_y = \frac{5 \times 0,415 \times 10^2 \times 250^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 36} = 0,27 \text{ cm} \quad \text{alors } f_{adm} > f_y$$

5) Vérification de la flexion biaxiale (ELU) :

La plus défavorable (Lang pan)

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

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

Avec : $\alpha=2, \beta=1$ pour les profile en I

$$M_{sd} = \frac{PL^2}{8}$$

$$M_{y.sd} = \frac{PL^2}{8} = \frac{2,82 \times 6^2}{8} = 12,69 \text{ KN/m}$$

$$M_{z.sd} = \frac{PL^2}{8} = \frac{0,415 \times 3^2}{8} = 0,63 \text{ KN/m}$$

et : $M_{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ pour déterminer γ_{M0} on doit déterminer la classe de profilé

❖ **Classe de section :**

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{t_w} = \frac{110}{7} = 15,71 < \varepsilon 72 ; \varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{27,5}} = 0,92 \dots \dots \dots \text{ame de classe 1} \\ \frac{C}{t_f} = \frac{(b \times t_w \times 2r)}{t_f} = \frac{43}{7} = 6,14 < 10\varepsilon \dots \dots \dots \text{selle de classe 1} \end{array} \right.$$

donc : $\gamma_{M0} = 1,1$ et $\gamma_{M1} = 1,1$

$$M_{pl.y.rd} = 0 \frac{W_{pl.y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{103 \times 0,275}{1,1} = 25,75 \text{ KN.m}$$

$$M_{ol.z.rd} = \frac{W_{pl.z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{28,3 \times 275}{1,1} = 7,075 \text{ KN.m}$$

$$\left[\frac{M_{y.sd}}{M_{pl.y.rd}} \right]^2 + \left[\frac{M_{z.sd}}{M_{pl.z.rd}} \right]^1 < 1$$

$$\left(\frac{15,71}{25,75} \right)^2 + \left(\frac{0,46}{7,075} \right)^1 = 0,46 < 1$$

Donc la condition est vérifiée.

6) Vérification à l'effort tranchant :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante : $V_{sd.max} < V_{pl.rd}$

$$V_{sd} = \frac{n \times L}{2} \text{ avec :}$$

$$\begin{cases} V_{y.sd} = T_y \times \frac{l}{2} = 0,560 \times \frac{6}{2} = 1,68 \text{ KN} \\ V_{z.sd} = T_z \times \frac{l}{2} = 3 \times 2,82 = 8,46 \text{ KN} \end{cases}$$

$$AV = A - 2bt_f + (t_w + 2r) = 20,6 - 2(60)(10) + (7 + 10)10 = 1560 \text{ mm}$$

$$V_{pl.rd} = \frac{A_V f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{1560 \times 275 / \sqrt{3}}{1,1} = 225,16 \text{ KN}$$

- Donc la condition est vérifiée.

$$V_{sd.max} = 8,46 \text{ KN} < V_{pl.rd} = 225,16 \text{ KN}$$

→ Si : $V_{sd.max} < V_{pl}$ pas de réduction du moment de flexion.

$$V_{sd.max} = 8,46 \text{ KN} < \frac{V_{pl.rd}}{2} = 112,58 \text{ KN}$$

- Donc la condition est vérifiée.

7) Calcul des efforts de tractions dans les tronçons des liernes :

$$R = 1,25 \times \frac{q_y \times L}{2} = 1,25 \times \frac{0,415 \times 6}{2} = 1,55 \text{ KN}$$

$$\text{lierne 1} = T_1 = R/2 = 0,77 \text{ KN}$$

$$\text{lierne 2} = T_2 = T_1 + R = 2,02 \text{ KN}$$

$$\text{lierne 3} = T_3 = T_2 + R = 3,27 \text{ KN}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{1,5} \rightarrow \alpha = 63,43^\circ$$

$$\text{lierne 4 et 5} \rightarrow T_4 = T_5 = \frac{T_3}{2 \times \cos(63,43^\circ)} = 3,65 \text{ KN}$$

Le tronçon le plus sollicité est T_4, T_5 donc il faut vérifier que : $A \geq \frac{T_{max}}{f_y} = \frac{3,65}{0,275} = 13,27 \text{ mm}^2$

$$\rightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \geq 4,11 \text{ mm}$$

Soit un rond de $\Phi = 10 \text{ mm}$ adapté pour les liernes des lisses.

IV. LES POTELETS :

Les potelets sont des éléments de profiler laminée, qui ont pour rôle de transmettre les différents efforts horizontaux à la poutre au vent et les efforts verticaux vers le sol.

1) Détermination des sollicitations :

Le potelet travaille à la flexion sous action de l'effort du vent provenant du bardage et des lisses, et à la compression sous l'effet due ou poids, ou du bardage et des lisses qui lui sont associés, et de ce fait il fonctionne à la flexion composée.

2) Dimensionnement des potelets :

- Chaque versant possède quatre (4) potelet.
- Les potelets sont en acier S275

$$\rightarrow f_y = 275 \text{ MPa (la limite élasticité d'acier)}$$

$$\rightarrow E = 210 \text{ MPa (le module d'élasticité longitudinale de l'acier)}$$

3) Evaluation des charges :

- a) Déterminations de la section de potelet :

La charges la plus des favorable est : $Q_j = 1259,3 \text{ N/m}^2$

$$W_s = Q_j \times d = 1259,3 \times 5 = 6,29 \text{ KN/m}$$

Les potelets étant articulés en tête et en pied, la flèche max est : $f = \frac{5ql^4}{384EL}$

Et la flèche admissible est : $F_{amd} = \frac{1}{200}$

$$f_z = \frac{5 \times q_{z.sd} \times l^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{1}{200}$$

$$f_y = \frac{1000 \times 6,27 \times 11200^3}{384 \times 21 \times 10^4} = 10923,733 \text{ cm}^4$$

$$I_y > 19023,733 \text{ cm}^4$$

Donc le profile qui correspond est **IPE330**

Tab.III-4 : Caractéristiques et dimensions d'IPE330

$h(mm)$	$b(mm)$	$t_w(mm)$	$t_f(mm)$	$r(mm)$	$d(mm)$	$p (KG/m)$
330	160	7,5	11,5	18	271	42,1
$A(cm^2)$	$I_y(cm^4)$	$I_z(cm)$	$W_{pl,y}(cm^3)$	$i_y(cm^4)$	$i_z(cm)$	$W_{pl,z}(cm^3)$
62,6	11766,9	788,1	804,3	13,7	3,5	153,7

➤ Les charges variables :

$$W_s = 6,29 \text{ KN/m}$$

➤ Les charges permanentes :

→ Poids de panneau sandwich $G_1 = 0,14 \times 11,2 = 7,84 \text{ KN}$

→ Poids de l'accessoire $G_2 = 0,03 \times 11,2 = 1,68 \text{ KN}$

→ Poids propre $G_3 = 1,60 \times 5 \times 5 = 4 \text{ KN}$

$$G_t = G_1 + G_2 + G_3 = 13,52 \text{ KN/m}$$

$$G_T = G_t + (G_4 \times H) = 13,52 + (0,491 \times 11,2) = 19,01 \text{ KN/m}$$

b) Les combinaisons des charges :

❖ À ELU :

$$\Sigma 1,35 - G + 1,5 - Q$$

- Suivant yy' : $1,35 \times G_T = 1,35 \times 19,01 = 25,66 \text{ KN}$

- Suivant zz' : $1,5 \times W_s = 1,5 \times 6,29 = 9,43 \text{ KN}$

❖ À ELS :

$$\Sigma G + Q$$

- Suivant yy' : $G = 14,37 \text{ KN} = Q_{sy}$

- Suivant zz' : $W_s = 6,29 \text{ KN} = Q_{sz}$

4) Vérification à l'effort tranchant (ELU) :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante : $V_{sd,max} \leq V_{pl,rd}$

$$V_{sd} = \frac{q \times l}{2} \quad \text{avec} \quad V_{sd,z} = \frac{q_z \times l}{2} = \frac{9,43 \times 11,2}{2} = 52,80 \text{ KN}$$

$$V_{sd,max} = 52,80 \text{ KN}$$

❖ Détermination de la classe de profile :

$$\text{Ame : } \frac{d}{t_w} = \frac{271}{7,1} = 36,13 \leq 72\varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0,92$$

Donc l'âme de la classe 1.

$$\text{Semelle : } \frac{c}{t_f} = \frac{(b-t_w-2r)}{2t_f} = \frac{160 \times 7,5 - 36}{20,5} = 5,68 \leq 10\varepsilon$$

Donc la semelle de la classe 1.

→ **Donc la section de la classe 1 $\gamma_{M0} = 1,1$**

$$AV = [A - 2bt_f + (t_w + 2r) \cdot t_f] = [62,6 - 2 \times 160 \times 11,5 + (7,5 + 38) \times 11,2] \\ = 31,03 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl.Rd} = \frac{AV \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{31,03 \cdot 0,275 / \sqrt{3}}{1,1} = 447,87 \text{ KN}$$

Donc : $447,87 \text{ KN} > 2 \times 52,80 \text{ KN}$ *verifiée*

5) Vérifications de moment fléchissant :

$$M_{sd} \leq M_{pl.sd}$$

$$M_{pl.rd} = W_{pl.y} \times f_y / \gamma_{M0} \\ = \frac{804 \times 10^3 \times 0,275}{1,1} = 201 \text{ KN}$$

$$M_{y.sd} = \frac{Q_{uz} \times p^2}{8} = \frac{9,43 \times 11,2^2}{8} = 147,86 \text{ KN}$$

$$M_{pl.y.rd} \geq M_{sd}$$

$$201 \text{ KN} > 147,86 \text{ KN}$$

Donc la condition est Vérifiée.

6) Vérification de l'effort axial de compression :

$$N_{sd} \leq N_{c.Rd}$$

On a :

$$N_{sd} = \gamma_G \cdot G = 1,35 \times 19,01 = 25,66 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6260 \times 0,275}{1,1} = 1345 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 25,66 < N_{c.Rd} = 1345 \text{ KN} \quad \text{donc la condition est vérifiée.}$$

7) Vérification au flambement :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times \left(\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \right)} + \frac{K_y \times M_{y.sd}}{W_{pl.y} \times \left(\frac{f_y}{\gamma_{M1}} \right)} + \frac{K_z \times M_{y.sd}}{W_{pl.z} \left(\frac{f_y}{\gamma_{M1}} \right)} \leq 1$$

$$N_{sd} = 25,66 \text{ KN} \quad , M_{y.sd} = 147,86 \text{ KN}$$

❖ Calcul de l'élancement :

$$\lambda_1 = \pi \times \left[\frac{E}{f_y} \right]^{0,5} = 93,9\varepsilon = 86,81$$

$$\lambda_y = \frac{l_{by}}{i_y} = \frac{11200}{137} = 81,87$$

$$\rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_\alpha} = \frac{81,75}{86,81} \times \sqrt{1} = 0,94$$

$$\lambda_z = \frac{1500}{35,5} = 42,25$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{42,25}{86,81} \times \sqrt{1} = 0,48$$

$$\begin{cases} \bar{\lambda}_y = 0,94 > 0,2 \\ \bar{\lambda}_z = 0,48 > 0,2 \end{cases} \rightarrow \text{risque de flambement.}$$

$$\begin{cases} \frac{h}{b} = \frac{330}{160} = 2,06 > 1,2 & \text{suivant } yy' \text{ courbe } a \\ f_t = 11,5 \text{ mm} < 140 \text{ mm} & \text{suivant } zz' \text{ courbe } b \end{cases}$$

Par interpolation :

$$\begin{cases} \bar{\lambda}_y = 0,94 \rightarrow x = 0,7065 \\ \bar{\lambda}_z = 0,48 \rightarrow x = 0,8925 \end{cases}$$

❖ **Calcul de K_y :**

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{sd}}{\chi_y \times N_{pl.rd}}$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y(2\beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl.y} - W_{el.y}}{W_{el.y}}$$

$$\beta_{My} = 1,3$$

D'ou :

$$\mu_y = 0,94(2 \times 1,3 - 4) + \left(\frac{804 - 713}{713} \right) = -1,44 < 0,9$$

Le moment sur l'axe zz' n'existe pas $M_{z.sd} = 0$ donc la formule devien

$$\rightarrow \frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{K_y \times M_{y.sd}}{W_{pl.y} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{K_z \times M_{z.sd}}{W_{pl.y} \times f_y / \gamma_{M1}}$$

$$\frac{25,66 \times 147,86}{0,7065 \times 6260 \times 0,275 / 1,1} + \frac{1,03 \times 147,86}{804 \times 10^3 \times 0,275 / 1,1} + \frac{1,03 \times 147,86}{153,7 \times 0,275 / 1,1} = 0,027 < 1$$

Donc L'IPE 330 a été vérifiée.

V. CONCLUSION :

L'étude que nous avons étudiée nous a permis de déterminer la nature des profils et des éléments secondaires, qui devront résister aux différentes sollicitations et voici les profilés qui ont été retenus après les vérifications pour différents éléments :

- ✚ **Les pannes : IPE 160**
- ✚ **Les lisses de bardage : UPN 140 (long pan et pignon)**
- ✚ **Les potelets : IPE 330**
- ✚ **Liernes : Rond : $\phi = 10 \text{ mm}$**

Chapitre IV : Plancher mixte

I. INTRODUCTION :

Une dalle mixte est une dalle pour laquelle on utilise des tôles profilées en acier comme coffrage permanent permettant de supporter le poids du béton frais, les charges de construction, par la suite les tôles profilées en acier se combinent structurellement avec le béton durci, la présence des dispositifs de liaison (connecteur) l'interface acier-béton solidarise dalle et solives entre elles et s'opposent à leur glissement mutuel.

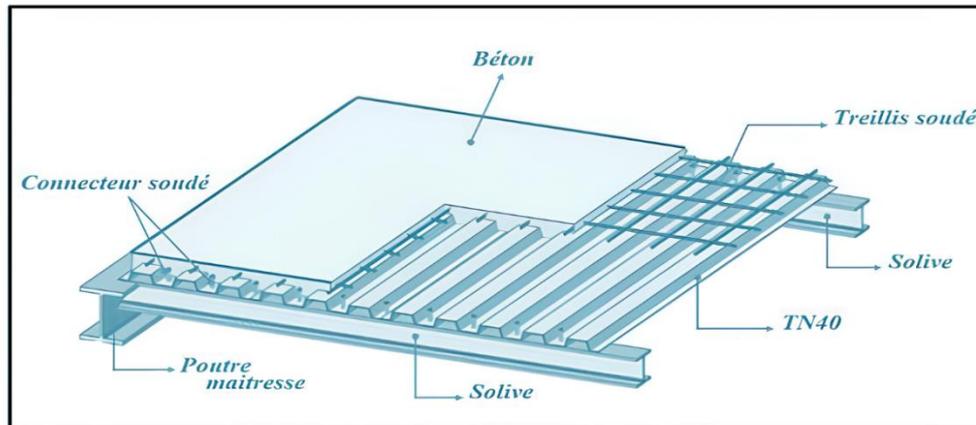


Fig.IV-1 : Plancher mixte

II. LES DONNÉES :

Caractéristiques des éléments de plancher.

a) Caractéristiques de l'acier (IPE 200) :

- Module de Young : $E_a = 210000 \text{ MPa}$
- La limite élastique du cisaillement : $\tau = 0,58$, $F_{ey} = 159,5 \text{ MPa}$, $I_a = 1943.2 \text{ cm}^4$
 $A = 28.5 \text{ cm}^2$.
- Longueur de la solive : $L = 6000 \text{ m}$.
- Distance entre solives : $d = 1000 \text{ mm}$.
- Poids de solive : $p = 0,224 \text{ KN/m}$.

b) Caractéristiques du béton (béton c20/25) :

- Résistance à la compression : $F_{c28} = 20 \text{ MPa}$
- Résistance à la traction : $F_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$
- La masse volumique : $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$
- Coefficient de retrait $\xi = 2 \times 10^{-4}$

Tab.IV-1 : Caractéristiques d'IPE200.

$h(mm)$	$b(mm)$	$t_w(mm)$	$t_f(mm)$	$r(mm)$	$d(mm)$	$A(cm^2)$	$p(Kg/m)$
200	100	5,6	8,5	12	159	28,5	22,4
$I_y(cm^4)$	$w_{el,y}(cm^3)$	$i_y(cm)$	$w_{pl,y}(cm^3)$	$I_z(cm^4)$	$w_{el,z}(cm^3)$	$i_z(cm)$	$w_{pl,z}(cm^3)$
1943,2	194,3	8,3	220,6	142,4	28,5	2,2	44,6

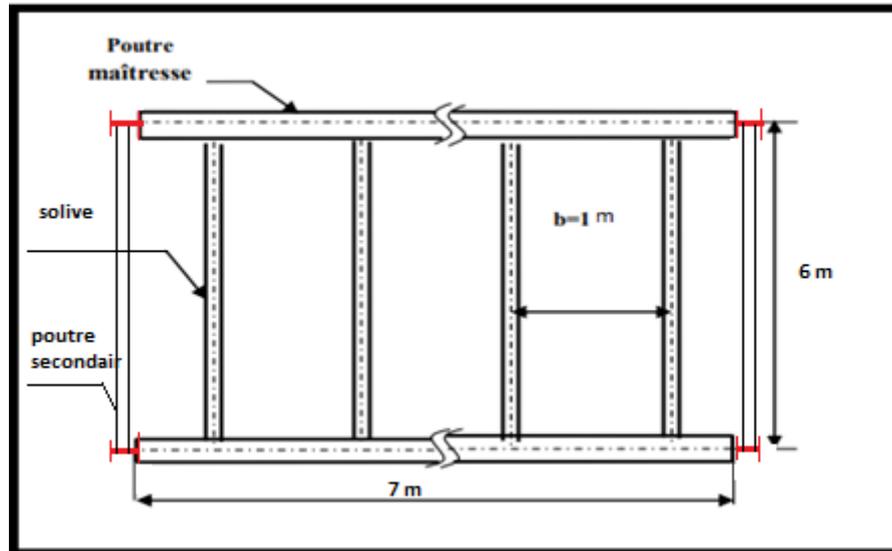


Fig.IV-2 : Éléments constructifs du plancher mixte.

III. ÉVALUATION DES CHARGES :

❖ Les charges permanents G :

→ Poids de la dalle en béton ($e=10cm$) :

$$G_1 = \rho \times e = 2500 \times 0,1 = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

→ Poids de TN40 et accessoires :

$$G_2 = 0,15 \text{ KN/m}^2$$

→ Poids de solive IPE200 :

$$G = (G_1 + G_2) \times d + p = (2,5 + 0,15) \times 1 + 0,224 = 2,874 \text{ KN/m}$$

❖ La charge d'exploitation :

Charge d'exploitation : $p = 2,5 \text{ KN/m}^2$ (usage administratif).

$$\rightarrow Q = p \times b = 2,5 \times 1 = 2,5 \text{ KN/m}$$

❖ Combinaisons des charges :

a) ELS :

$$q_s = \sum G_{ki} + Q_{ki}$$

$$q_s = G_T + Q = 2,874 + 2,5 = 5,374 \text{ KN/m}$$

b) ELU :

$$\sum \delta_G \cdot G + \delta_Q$$

$$q_u = (1,35 \times 2,87) + (1,5 \times 2,5) = 7,62 \text{ KN/m}$$

IV. VÉFICATION DE RÉSISTANCE D'IPE 200 :

a) Vérification au moment fléchissant :

Il faut vérifier que : $M_{y.sd} \leq M_{el.y.Rd}$

$$\rightarrow q_u = 7,62 \text{ KN/m}$$

$$M_{y.sd} = \frac{q_u \times l^2}{8} = \frac{7,62 \times 6^2}{8} = 34,29 \text{ KN/m}$$

$$M_{y.el.Rd} = \frac{W_{el} \times f_y}{\delta_{M0}} = \frac{194 \times 27,5}{1,1} = 48,5 \text{ KN/m} \quad \text{Avec : } \delta_{M0} = 1,1$$

$$M_{y.sd} = 34,29 \text{ KN/m} < M_{el.y.Rd} = 48,5 \text{ KN/m} \quad \text{Vérifiée}$$

b) Vérification au cisaillement :

$$q_u = 7,62 \text{ KN/m}$$

Il faut vérifier que : $V_{sd.max} \leq V_{pl.Rd}$

$$V_{sd.max} = \frac{q_u \times l}{2} = \frac{7,62 \times 6}{2} = 22,86 \text{ KN}$$

$$V_{pl.Rd} = A_v \times \frac{f_y / \sqrt{3}}{\delta_{M0}}$$

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

$$A_v = (2850) - (2 \times 100 \times (8,5)) + (5,6 \times 2 \times 12) \times (8,5) = 14,01 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl.Rd} = 14,01 \times \frac{27,5\sqrt{3}}{1,1} = 202,21 \text{ KN}$$

$$V_{sd.max} = 22,86 \text{ KN} < V_{pl.Rd} = 202,21 \text{ KN} \quad \text{Vérifiée.}$$

c) Vérification l'interaction moment fléchissant – effort tranchant

Il faut vérifier : $V_{sd,max} \leq \frac{1}{2} V_{pl,Rd}$

On a : $V_{sd,max} = 22,46 \text{ KN} \leq \frac{1}{2} V_{pl,Rd} = 101,10 \text{ KN}$ vérifiée.

V. VÉRIFICATION AU STADE FINAL (CALCUL DE LA SECTION MIXTE) :

1) Évaluation des charges :

- Les charges permanentes G :

- Poids de la dalle en béton : ($\rho = 2,5 \text{ KN/m}^3$, $e = 0,1 \text{ m}$)
- $G_1 = \rho \times e = 2,5 \text{ KN/m}^2$
- Poids de tôle **TN40** et les accessoires : $G_2 = 0,15 \text{ KN/m}^2$
- Poids de IPE200 : $G_3 = 0,224 \text{ KN/m}$
- Poids de revêtement de carrelage (monocouche $e = 2,5 \text{ mm}$) + sable + mortier
 $G_4 = 1,2 \text{ KN/m}^2$
- Poids de faux plafond : placo plâtre (25mm) : $G_5 = 0,48 \text{ KN/m}^2$
- Poids de cloison en brique 10cm : $G_6 = 0,90 \text{ KN/m}^2$
- Poids de l'enduit en mortier de ciment : $G_7 = 0,1 \text{ KN/m}^2$

$$\rightarrow G = (G_1 + G_2 + G_4 + G_5) \times d + (G_6 + G_7) \times h + G_3$$

$$\rightarrow G_T = (2,5 + 0,15 + 1,2 + 0,48) \times 1 + (0,9 + 0,1) \times 1 + 0,224 = 4,25 \text{ KN/m}^2$$

$$\rightarrow G_T = 4,25 \text{ KN/m}^2$$

- Les charges d'exploitation : $\rho = 2,5 \text{ KN/m}^2$

$$Q = 2,5 \times 1 = 2,5 \text{ KN/m}$$

2) Combinaison des charges :

- À ELS :

$$Q_s = \sum G_{ki} + Q_{ki}$$

$$Q_s = G_T + Q = 4,25 + 2,5 = 6,75 \text{ KN/m}$$

- A ELU :

$$\sum \delta_G \cdot G + \delta \cdot Q$$

$$Q_u = (1,35 \times 4,25) + (1,5 + 2,5) = 9,48 \text{ KN/m}$$

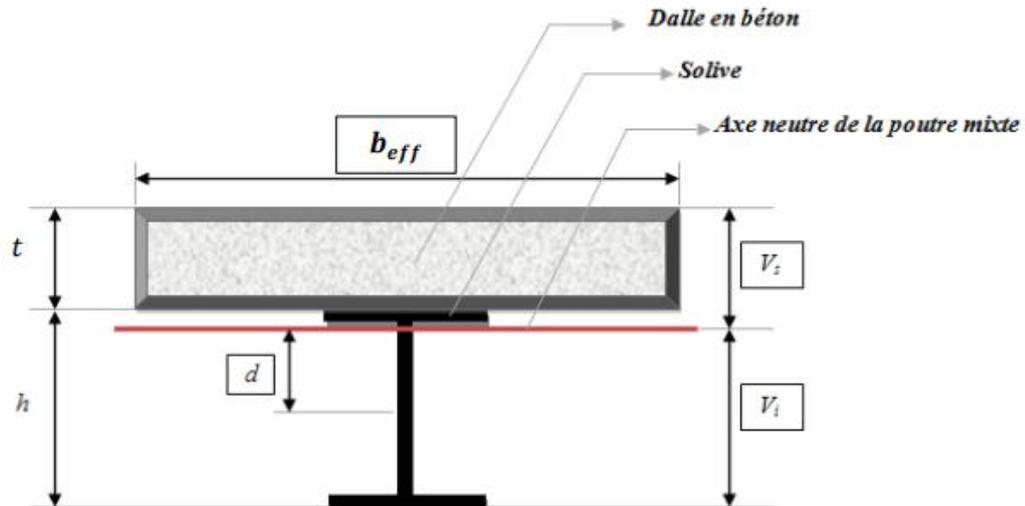


Fig.IV-3 : Section mixte acier-béton

3) Calcul de la longueur participante du béton :

La longueur collaborante de béton ; qui participe à l'inertie globale de la section mixte noté par b_{eff} est donnée selon :

$$b_{eff} = \min\left(2 \times \frac{L}{8} ; b\right) = \min\left(2 \times \frac{6}{8} ; 1\right) = \min(1,5; 1) = 1 \text{ m}$$

Où : b : l'entraxe des solives

L : la longueur de la solive

4) La position de l'axe neutre (centre de gravité G) :

$$d = \frac{b \times t}{n} \times \frac{t + h}{2 \times s}$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} S = A + B/n \\ B = b \times t \end{cases} \longrightarrow S = A + \frac{b \times t}{n} = 28,5 + \frac{100 \times 10}{15} = 95,16 \text{ cm}^2$$

Tel que

A : la section de la poutre et B : la section de béton.

$$d = \frac{100 \times 10}{15} \times \frac{10 + 20}{2 \times 95,16} = 10,50 \text{ cm}$$

Donc l'axe neutre est situé dans la semelle de l'acier.

5) Le moment d'inertie :

Le moment d'inertie de la partie mixte par rapport à son axe est donné par :

$$I/\Delta = I_A + A \cdot d^2 + \frac{I_B}{n} + \frac{b_{eff} \times t}{n} \times \left(\frac{t+h}{2} - d \right)^2$$

$$I/\Delta = \frac{b_{eff} \times t^3}{12} = \frac{100 \times 10^3}{12} = 8333,33 \text{ cm}^2$$

$$I_{\Delta} = 1943 + 28,5 \times (10,5)^2 + \frac{8333,33}{15} + \frac{100 \times 10}{15} \times \left(\frac{10+20}{2} - 10,5 \right)^2$$

$$I_{\Delta} = 6990,68 \text{ cm}^4$$

Et donc : $I_{\Delta} = 6990,68 \text{ cm}^4$

6) Les contraintes de flexion :

$$V_i = \frac{h}{2} + d = \frac{20}{2} + 10,5 = 20,5 \text{ cm}$$

$$V_s = \frac{t}{2} + \left(\frac{t+h}{2} - d \right) = \frac{10}{2} + 4,5 = 9,5 \text{ cm}$$

Le moment fléchissant maximum est égale à :

$$M_{max} = \frac{Q_u \times L^2}{8} = \frac{9,48 \times 6^2}{8} = 42,69 \text{ KN.m}$$

6.1) Calcul de la contrainte dans l'acier (IPE200) :

- A) Contrainte de traction (semelle inf) :

$$\sigma_{ai} = \frac{M_{max}}{I} \times (-V_s) = \frac{42,69 \times 10^3}{69990,68 \times 10^4} \times (-205)$$

$$\sigma_{ai} = -0,125 \text{ KN/mm}^2$$

$$\sigma_{ai} = -125 \text{ MPa}$$

- B) Contrainte de compression (semelle sup) :

$$\sigma_{as} = \frac{M_{max}}{I} \times (V_s - t) = \frac{42,69 \times 10^3}{6990,68 \times 10^4} \times (95 - 100) = -0,003 \text{ KN/mm}^2$$

$$\sigma_{as} = -3 \times 10^{-3} \text{ KN/mm}^2 = -3 \text{ MPa}$$

6.2) La contrainte dans la dalle de béton :

- A) contrainte de compression (fibre inf de la dalle) :

$$\sigma_{bi} = \frac{M_{max}}{n \times l} \times (V_s - t) = \frac{42,69 \times 10^3}{15 \times 6990,68 \times 10^4} \times (95 - 100) = -0,000203 \text{ KN/mm}^2$$

$$\sigma_{bi} = -2,03 \text{ KN/mm}^2 = -0,2 \text{ MPa}$$

- B) contrainte de compression (fibre sup):

$$\sigma_{bs} = \frac{M_{max}}{n \times l} \times V_i = \frac{42,69 \times 10^3}{15 \times 6990,68 \times 10^4} \times 205 = 0,00834 \text{ KN/mm}^2$$

$$\sigma_{bs} = 8,34 \times 10^{-3} \text{ KN/mm}^2 = 8,34 \text{ MPa}$$

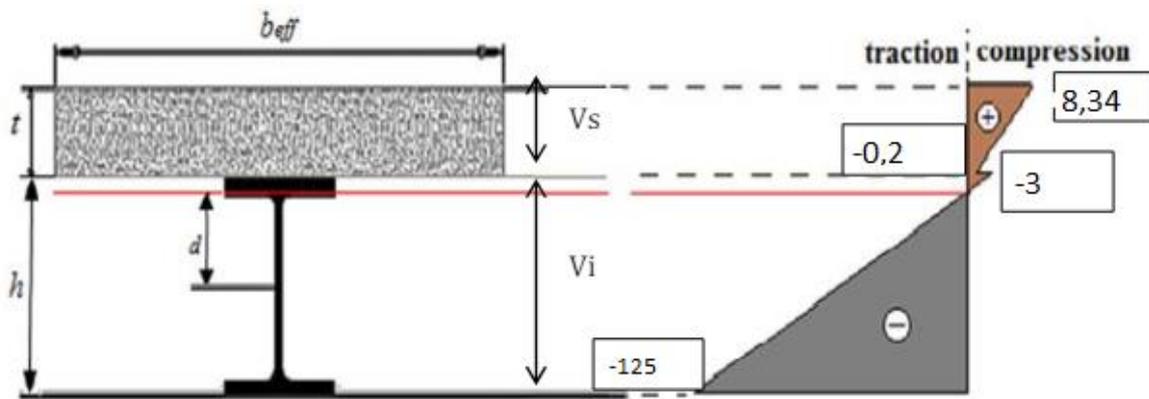


Fig.IV.4 : Diagramme des contraintes de flexion simple

7. Contrainte additionnelle des retraits :

Ces efforts provoquent :

- Un raccourcissement de la partie en acier.
- Un allongement Σ de la dalle de béton.

$$\beta = \frac{h + t}{2} = \frac{20 + 10}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{I_A}{A \times \beta} = \frac{1943}{28,5 \times 15} = 4,54 \text{ cm}$$

$$K = \frac{B \times E_a \times \xi \times \beta \times A}{(n \times I_A \times A) + (B \times I_A) + (b \times A \times \beta^2)}$$

$$K = \frac{(100 \times 10) \times (21 \times 10^6) \times (2 \times 10^{-2}) \times 15 \times 28,5}{(15 \times 1943 \times 28,5) + (100 \times 10 \times 1943) + (100 \times 10 \times 1943 \times 15^2)}$$

$$K = 0,408 \text{ KN/cm}^3$$

$$y_1 = \frac{h}{2} + \alpha = \frac{20}{2} + 4,54 = 14,54 \text{ cm}$$

$$y_2 = y_1 + t = 14,54 + 10 = 24,54 \text{ cm}$$

$$E_a \times \xi = 21 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-4} = 4,2 \text{ KN/cm}^2$$

Donc la contrainte de retrait est :

➤ **Dans l'acier :**

a) Semelle inf :

$$\sigma'_{ai} = -K \times (h - y) = -0,408 \times (20 - 14,54) = -2,22 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma'_{ai} = -22 \text{ MPa}$$

b) Semelle sup :

$$\sigma'_{as} = K \times y_1 = (0,408 \times 14,54) = 5,93 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma'_{as} = 59 \text{ MPa}$$

➤ **Dans le béton :**

a) Fibre inf :

$$\sigma'_{bi} = \frac{1}{n} \times (E_a \times \xi \times K \times y_1) = \frac{1}{15} \times (4,2 \times (-0,408) \times 14,54) =$$

b) Fibre sup :

$$\sigma'_{bs} = \frac{1}{n} \times (E_a \times \xi \times K \times y_2) = \frac{1}{15} \times (4,2 \times$$

8. Cumul des contraintes :

a) Dans l'acier :

$$\sigma_{ai} = -125 - 22 = -147 \text{ MPa} < f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{as} = -3 + 59 = 48 \text{ MPa} < f_y = 275 \text{ MPa}$$

b) Dans le béton :

$$\sigma_{bi} = -0,2 - 0,01 = -0,201 \text{ MPa} < 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bs} = 8,34 - 0,0038 = 8,33 \text{ MPa} < 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

9. Vérification au cisaillement :

$$q_u = 9,48 \text{ KN/m}$$

$$T = \frac{Q_u \times l}{2} = \frac{0,0948 \times 600}{2} = 28,44 \text{ KN}, \text{ Et } \tau = \frac{T}{t_w \times h}$$

$$\text{donc : } \tau_e = \tau \times f_y = \frac{T}{t_w \times h} \times f_y = \frac{28,44}{0,56 \times 20} \times 27,5 = 69,83 \text{ KN}$$

$$V_{sd,max} = 28,44 \text{ KN} < V_{pl,Rd} = 90,65 \text{ KN}$$

10. Vérification de la flèche :

$$Q_u = 9,48 \text{ KN/m}$$

$$\sigma_{max} = \frac{L}{250} = \frac{600}{250} = 2,4 \text{ cm}$$

$$I_y = \frac{5 \times q_2 \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 9,48 \times 6^4}{384 \times 210 \times 10^6 \times 6,99 \times 10^{-5}}$$

$$I_y = 1,08 \text{ cm} \leq 2,4 \text{ cm}$$

VI. CALCUL DES CONNECTEURS :

Les connecteurs ont pour rôle d'empêcher le glissement de béton sur le coffrage perdu en acier (tôle). On utilise des connecteurs à tête diamètre de fut $d = 20\text{mm}$ et de hauteur de $h = 85 \text{ mm}$.

❖ Calcul du nombre de connecteur ou (goujons) :

Il doit être égale au moins à l'effet de cisaillement de calcul déterminé dans la section 6.2 (EC4) divisé par la résistance de calcul d'un connecteur P_{Rd} section 6.3 (EC4).

$$N \geq \frac{V_1}{P_{Rd}}$$

V_1 : l'effort de cisaillement longitudinal

P_{Rd} : la résistance du connecteur

$$\text{avec: } P_{rd}: \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8f_u \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} \dots \dots \dots \text{formule (6.13)} \\ 0,29\alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_v} \dots \dots \dots \text{formule (6.14)} \end{array} \right. \rightarrow \text{EC4§(6.3.2.1)}$$

On note aussi :

$1\text{cm} \leq d \leq 3,2\text{cm}$, donc $d = 2\text{cm}$ (diamètre du fut du goujon).

f_u : la résistance ultime en traction spécifiée du matériau du goujon, sans dépasser 500 N/mm^2

$$f_u = 450 \text{ N/mm}^2$$

f_{ck} : La résistance caractéristique sur cylindre du béton à l'âge considéré

$f_{uk} = 25 \text{ N/mm}^2$ (La résistance à la compression à 28 jours de classe C 25/30 → EC4
Tableau (3.1)

E_{cm} : la valeur du module sécant du béton (pour un béton de masse volumique courante d'une classe de résistance donnée ou de résistance caractéristique à la compression f_{uk}).

Pour la classe c25/30 on a : $E_{cm} = 30,5 \text{ KN/mm}^2$ → EC4 Tableau (3.2)

$$\frac{h}{d} = \frac{85}{20} = 4,25 > 4 \rightarrow \alpha = 1$$

- γ_v : coefficient partiel de sécurité pris égal à 1,25 à l'état limite ultime.
- $D \geq 1,5d$, donc $D=3\text{cm}$
- $t \geq 0,20d$, donc on prend : $t=1\text{cm}$
- $d = 2\text{ cm}$

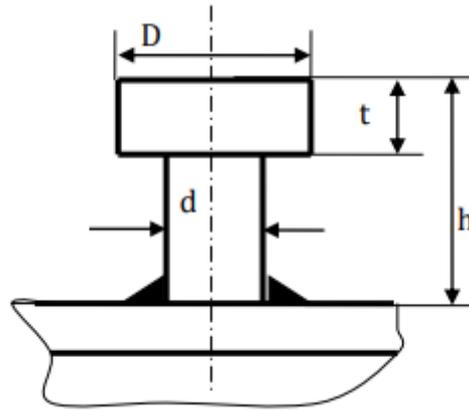


Fig.IV-5 : Caractéristiques du connecteur

$$\text{avec: } P_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \times 450 \times \frac{3;14 \times 20^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 90432\text{N} = 90,43\text{KN} \\ 0,29 \times 1 \times 20^2 \sqrt{25 \times 30500} \times \frac{1}{1,25} = 81034,1\text{N} = 81,03\text{KN} \end{array} \right.$$

Donc : $P_{Rd} = 81,03\text{ KN}$

❖ Calcul de l'effort de cisaillement longitudinal.

$$V_l = F_{cf}$$

$$F_{cf} = \min \left\{ \begin{array}{l} F_{cf} = \frac{A_a \times f_y}{\gamma_a} \\ F_{cf} = \frac{0,85 \times A_c \times F_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_{se}}{\gamma_s} \dots \dots \dots \rightarrow \text{EC4}\S(6.2.1.1) \end{array} \right.$$

A_a : l'aire de l'élément structural en acier ($A_a = 28,5\text{cm}^2$ pour IPE200).

A_c : l'aire de la section efficace de béton ($A_c = b_{eff} \times t = 100 \times 10 = 1000\text{cm}^2$).

A_{se} : l'aire de toute l'armature longitudinale comprimée qui été incluse .

Dans le calcul de la résistance en flexion. Pour notre dalle on pas d'armatures longitudinale, onc $A_{se} = 0$

$\gamma_a = 1,1$ et $\gamma_c = 1,5$

$$V_l = \min \left\{ \begin{array}{l} F_{cf} = \frac{28,5 \times 27,5}{1,1} = 712,5 \text{ KN} \\ F_{cf} = \frac{0,85 \times 1000 \times 2,5}{1,5} = 1416,66 \text{ KN} \end{array} \right.$$

Donc : $V_l = 712,5 \text{ KN}$

Alors le nombre de goujon N est :

$$N \geq \frac{V_l}{P_{Rd}} = \frac{712,5}{81,03} = 8,79 \rightarrow \text{On prend } N=9 \text{ goujons.}$$

On utilise 9 goujons sur $1/2$ longueur de solive.

❖ **L'espacement de goujons :**

$$S = \frac{L_{cR}}{N} \text{ avec, } L_{cR} = \frac{L_{solive}}{2} = \frac{6000}{2} = 3000 \text{ mm}$$

$$S = \frac{3000}{9} = 334 \text{ mm}$$

On prend $S = 355 \text{ mm}$

VII. CONCLUSION :

A travers cette étude nous avons démontré que le plancher mixte qui réaliser avec une dalle en béton d'épaisseur **10 cm** est posé sur des solives **IPE 200**.

La liaison entre la dalle et la solive est assurée des connecteurs de diamètre **2 cm**, espacées de **334 mm** entre eux.

Chapitre V : Escalier

I. INTRODUCTION :

L'escalier : est une construction permettant aux personnes de se déplacer d'un étage à un autre, grâce à une suite de marche. Dérivé de l'échelle au niveau étymologique, sa différence elle est d'être fixe.

Définitions :

- **Cage d'escalier** : c'est une pièce dans laquelle se trouve votre escalier.
- **Palier d'repos** : est un espace plat et spacieux qui marque un étage après une série des marches, dont la fonction est de permettre un repos pendant la montée.
- **Giron** : est une largeur d'une marche d'escalier mesurée entre l'aplomb de deux contremarches successives.
- **Volée** : est une partie droite ou courbé d'escalier comprise entre deux paliers successifs.
- **Limon** : est un élément incliné supportant les marches, pour les limons on emploie des profils ou de la tôle, le dispositif le plus simple consiste à utiliser un profilé en U sur l'âme verticale, situé sur le "côté" de l'escalier, parallèle au mur.
- **Marche** : est la partie sur laquelle vous posez les pieds. Elle est parallèle au sol.
- **Contremarche** : est la partie verticale de la marche.

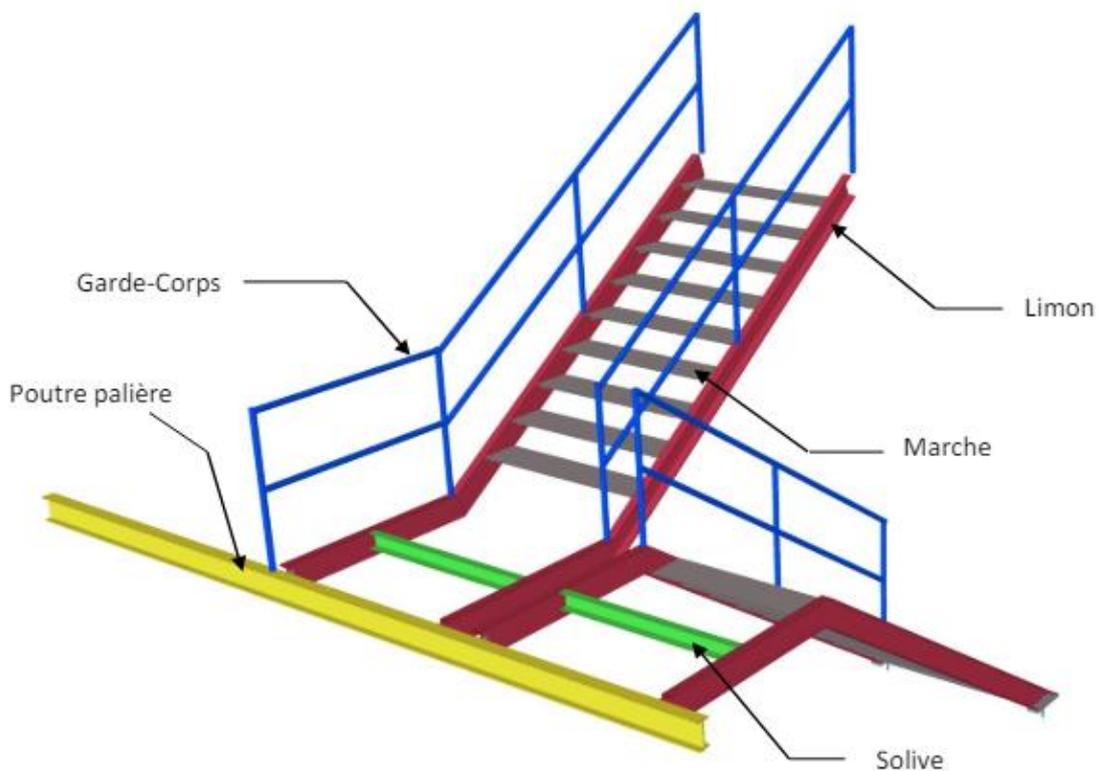


Fig.V-1 : Schéma d'escalier.

II. CHIOX DE DIMENSION :

❖ Formule de BLONDEL :

$$\begin{cases} 60 \leq 2H + G \leq 66 \text{ cm} \\ 27 \leq G \leq 30 \text{ cm} \\ 16,5 \leq H \leq 18,5 \text{ cm} \end{cases}$$

- G : La largeur de la marche.
- H : La hauteur de la marche.

• Caractéristiques géométriques de la cage d'escalier :

- La hauteur de la marche : $h = 5 \text{ m}$
- Les dimensions de plan de la cage d'escalier : $(6 \times 3) \text{ m}^2$
- On dispose de 03 volées dans la hauteur est : $h' = \frac{h}{3} = \frac{5}{3} = 1,66 \text{ m}$
- La largeur de volée est : $l = 1,3 \text{ m}$
- La longueur d'une volée : $L = 3 \text{ m}$
- L'angle $\beta = 34^\circ$
- On admet une hauteur de marche (contremarche) : $H = 16,6 \text{ cm}$
- Nombre des marches (n) est : $n = \frac{H}{h'} = \frac{16,6}{1,66} = 10 \text{ marches}$
- La largeur d'une marche, en prend $G = 27,4 \text{ cm}$

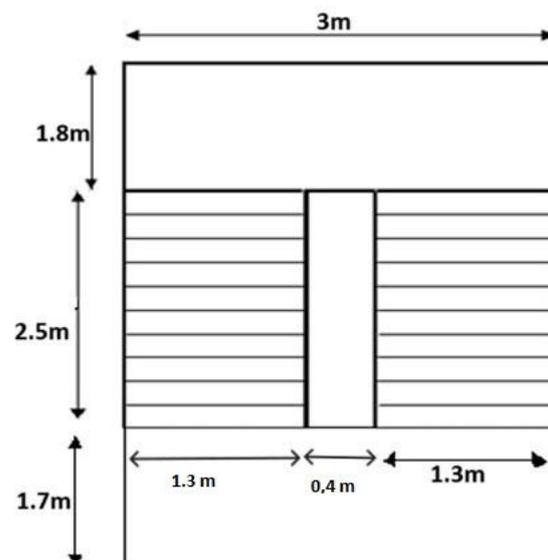


Fig.V-2 : Dimensions de l'escalier

- Vérifications par la formule de BLONDEL :

$$2H + G = 2 \times 16,6 + 27,4 = 60,6 \text{ cm} \quad \text{La formule de BLONDEL est vérifiée}$$

III. DIMENSIONNEMENT DE LA CORNIERE (SUPPORT DE LA MARCHE) :

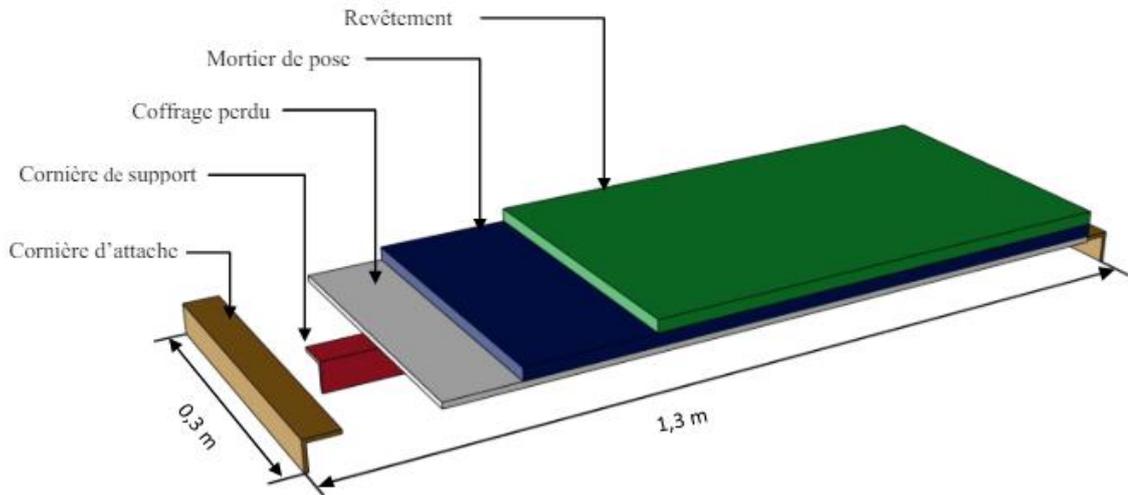


Fig.V-3 : Éléments constructif de la marche

Les marches sont construites par des tôles striées, d'épaisseurs 5 mm rigidifiées par des cornières jumelées soudées au milieu des tôles. Les cornières jumelées sont soudées avec les cornières d'attaches, ces derniers sont boulonnés avec le limon.

- La longueur de la marche
- La largeur de la marche
- Les cornières sont en acier

$$F_y = 0,275 \text{ KN/mm}^2 \quad (\text{la limite élastique d'acier})$$

$$E = 210 \text{ KN/mm}^2 \quad (\text{le module d'élasticité longitudinale de l'acier})$$

1) Détermination de la section de la cornière :

➤ Évaluation des charges :

⇒ Les charges permanentes : (sauf poids de profilé)

- Tôle striée 5 mm $G_1 = 0,45 \text{ KN/m}^2$
- Mortier de ciment 2 cm $G_2 = 0,4 \text{ KN/m}^2$
- Revêtement 2 cm $G_3 = 0,44 \text{ KN/m}^2$

$$G = (G_1 + G_2 + G_3) \times d = (0,45 + 0,4 + 0,44) \times 0,274 = 0,34 \text{ KN/m}$$

⇒ La charge d'exploitation :

$$Q = 2,5 \times 0,274 = 0,68 \text{ KN/m} \quad Q = 0,68 \text{ KN/m}$$

⇒ La combinaison des changes (ELS) :

$$Q_s = G + Q = 0,34 + 0,68 = 1,02 \text{ KN/m}$$

⇒ La combinaison des charges (ELU) :

$$Q_u = 1,35G + 1,5Q = (1,35 \times 0,34) + (1,5 \times 0,68) = 1,47 \text{ KN/m}$$

2) Condition de la flèche :

Dans notre cas on a une cornière pose sur 2 appuis simples et une charge uniformément répartie donc la flèche est : $f = \frac{5ql^4}{384EI}$ et la flèche admissible est : $f_{adm} = \frac{l}{300}$

$$\sigma_{adm} = \frac{l}{300} = \frac{130}{300} = 0,433 \text{ cm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{5 \times q_1 \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 1,37 \times 10^{-2} \times 130^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 0,433} = 5,60 \text{ cm}^4 \text{ prend } 6,01 \text{ cm}^4$$

Soit une cornière CAE :

Tab.V-1 : Caractéristiques de CAE 40× 6

$I_{y,z}(\text{cm}^4)$	$W_{el}(\text{cm}^3)$	$i_{y,z}(\text{cm})$	$A(\text{cm}^2)$	$d(\text{cm})$	$t(\text{mm})$	$r(\text{mm})$	$P(\text{Kg/m})$	$a(\text{mm})$
6,4	2,3	1,2	4,5	1,2	6	6	3,5	40

3) Évaluation des charges :

On a $G_T = G + P_{cornière} = 0,34 + 0,0298 = 0,36 \text{ KN/m}$

Et : $Q = 0,68 \text{ KN/m}$

Donc :

- Combinaison à ELS :

$$Q_s = G_T + Q = 0,68 + 0,36 = 1,04 \text{ KN/m}$$

- Combinaison à ELU :

$$Q_u = 1,35G_T + 1,5Q = 1,35 \times 0,28 + 1,5 \times 0,68 = 1,47 \text{ KN/m}$$

4) Condition de la résistance :

$$Q_u = 1,47 \text{ KN/m}$$

Il faut vérifier que : $M_{y.sd} \leq M_{el.y.Rd}$

$$M_{y.sd} = \frac{Q_u \times l^2}{8} = \frac{1,47 \times 1,3^2}{8} = 0,31 \text{ KN.m}$$

$$M_{el.y.Rd} = \frac{W_{el} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,26 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^3}{1,1} = 0,565 \text{ KN.m} \quad \text{avec : } \gamma_{M0} = 1,1$$

$$M_{y.sd} = 0,31 \text{ KN.m} < M_{el.y.Rd} = 0,565 \text{ KN.m} \quad \text{vérifier}$$

IV. DIMENSIONNEMENT DU LIMON :

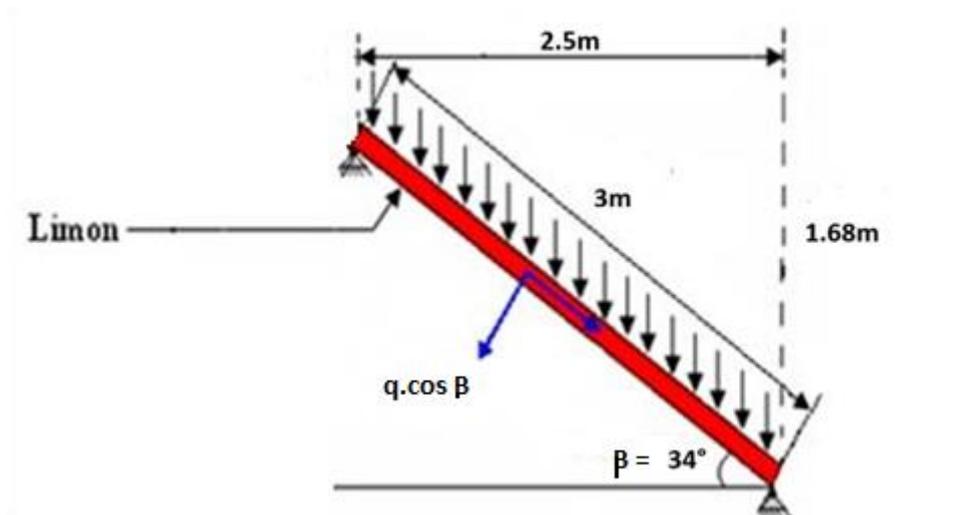


Fig.V-4 : Dimensions du limon

1) Détermination de la section du limon :

Il faut calculer la hauteur minimale qui répond à la condition de pente et de la largeur de marche pour avoir le profilé UPN minimum à adopter :

$$\cos \beta = \frac{x}{AC} = \frac{x}{h}$$

$$x = h \cdot \cos \beta = 16,6 \times \cos 34 = 13,76$$

Donc on adopté au minimum un UPN140

$$h = 140 \text{ mm}$$

2) Évaluation des charges et combinaisons :

➤ Les charges permanente :

- La tôle striée : $G_1 = \frac{1}{2} (0,42 \times l) = \frac{1}{2} (0,42 \times 1,3) = 0,273 \text{ KN/m}$
- Le mortier de pose : $G_2 = \frac{1}{2} (0,4 \times 1,3) = \frac{1}{2} (0,4 \times 1,3) = 0,26 \text{ KN/m}$
- Le revêtement : $G_3 = \frac{1}{2} (0,4 \times 1,3) = \frac{1}{2} (0,4 \times 1,3) = 0,26 \text{ KN/m}$
- Grande-corps : $G_4 = 0,5 \text{ KNK/m}$
- Le limon (UPN140) : $G_5 = 0,160 \text{ KN/m}$
- Poids de support des marches (G_6) : pour calculer la charge distribuée équivalente provoquée par l'ensemble de poids des supports, il faut calculer la charge concentrée puis on utilise la relation suivante : $G_6 = p \cdot n/l$

Avec :

- $l =$ la longueur de marche 1,3 m
- $n =$ le nombre de marche/volée 10
- $L =$ la longueur totale du limon 3,01 m

$$P = \frac{1}{2} (0,0297 \times l) = \frac{1}{2} (0,0297 \times 1,3) = 0,02 \text{ KN}$$

$$\text{Donc : } G_6 = \frac{0,02 \times 10}{3,01} = 0,06 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } G &= \sum G_i = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 \\ &= 0,276 + 0,26 + 0,26 + 0,5 + 0,160 + 0,06 = 1,51 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

➤ Les surcharges d'exploitation :

$$Q = 2,5 \text{ KN/m}$$

$$P = \frac{1}{2} \times (Q \times 1,3) = \frac{1}{2} \times (2,5 \times 1,3) = 1,625 \text{ KN/m}$$

➤ Combinaison des charges :

❖ À ELU :

$$Q_s = G + P = 1,51 + 1,625 = 3,135 \text{ KN/m}$$

❖ À ELS :

$$Q_u = 1,35G + 1,5P = 1,35 \times 1,51 + 1,5 \times 1,625 = 4,476 \text{ KN/m}$$

$$ELS \begin{cases} Q_{sx} = Q_s \times \sin \alpha = 3,1 \times \sin 34 = 1,73 \text{ KN/m} \\ Q_{sy} = Q_s \times \cos \alpha = 3,1 \times \cos 34 = 2,57 \text{ KN/m} \end{cases}$$

$$ELU \begin{cases} Q_{ux} = Q_u \times \sin \alpha = 4,4 \times \sin 34 = 2,47 \text{ KN/m} \\ Q_{uy} = Q_u \times \cos \alpha = 4,4 \times \cos 34 = 3,64 \text{ KN/m} \end{cases}$$

3) Vérification de la flèche (ELS) :

Il faut vérifier que : $\sigma_y < \sigma_{max}$ avec : $L/300 = 301/300 = 1\text{cm}$

La flèche dans le centre de limon due au chaque charge Q_{sy} est :

$$\sigma_y = \frac{5 \times Q_{sy} \times l^4}{384EI_y}$$

$$\sigma_y = \frac{5 \times 2,5710^{-2} \times 301^4}{384 \times 21 \times 10^5 \times 616} = 0,21\text{ cm}$$

$$\sigma_y = 0,21\text{ cm} < \sigma_{max} = 1\text{ cm} \dots \text{vérifier}$$

4) Vérification de l'effort tranchant (ELU) :

Il faut vérifier que : $V_{sd.max} < V_{pl.Rd}$

$$V_{sd.max} \text{ Est donnée par : } V_{sd.max} = \frac{Q_{uy} \times l}{2} = \frac{3,64 \times 3,01}{2} = 5,47\text{ KN}$$

❖ Détermination la classe de profiler :

$$\begin{cases} \frac{d}{t_w} = \frac{110}{7} = 15,71 < 33\varepsilon, \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0,92 \dots \text{âme classe 1} \\ \frac{c}{t_f} = \frac{b - t_w - 2r}{2t_f} = 2,15 < 10\varepsilon = 9,2 \dots \dots \dots \text{semelle classe 1} \end{cases}$$

Donc L'UPN 140 est à une section de classe 1 ; $\gamma_{M0} = 1,1$

$$V_{pl.Rd} = \frac{AV \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} ; \text{ et } AV = [A - 2bt_f + (t_w + 2r) \cdot t_f]$$

$$AV = [20,6 - 2(60)(0) + (7 + 10) \times 10] = ????$$

$$V_{pl.RD} = \frac{10,3 \times 27,5}{1,1 \sqrt{3}} = 148,66\text{ KN}$$

$$V_{sd.max} = 5,47\text{ KN} < V_{pl.Rd} = 148,66\text{ KN}$$

5) Vérification de la résistance (ELU) :

Il faut vérifier que : $M_{y.sd} \leq M_{c.Rdy}$

$$M_{y.sd} = \frac{Q_{uy} \times l^2}{8} = \frac{3,64 \times 3,01^2}{8} = 4,12 \text{ KN.m}$$

$$M_{c.Rdy} = W_{pl.y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 104,5 \times 10^{-6} \times \frac{27,5 \times 10^4}{1,1} = 26,125 \text{ KN.m}$$

$$M_{y.sd} = 4,12 \text{ KN.m} < M_{c.Rdy} = 26,125 \text{ KN.m}$$

6) Vérification au flambage :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times N_{pl.Rd} / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \times M_{y.sd}}{W_{pl.y} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{K_z \times M_{z.sd}}{W_{pl.z} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

$$N_{sd} = Q_{Ux} \times l = 2,46 \times 3,01 = 7,40 \text{ KN}$$

$$N_{pl.y} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{20,6 \times 27,5}{1,1} = 515 \text{ KN}$$

$$\lambda_1 = \pi \times \left[\frac{E}{f_y} \right]^{0.5} = 86,81$$

$$\lambda_y = \frac{l_{by}}{i_y} = \frac{301}{5,45} = 55,22 \quad \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_\alpha} = \frac{55,22}{86,81} \sqrt{1} = 0,63$$

$$\lambda_z = \frac{l_{bz}}{i_z} = \frac{301}{1,75} = 172 \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_\alpha} = \frac{172}{86,81} \sqrt{1} = 1,98$$

$$\begin{cases} \bar{\lambda}_y = 0,63 \\ \bar{\lambda}_z = 1,98 \end{cases} \quad \text{il y a un risque de flambement}$$

$$\begin{cases} yy' = \text{courbe c} \\ zz' = \text{courbe c} \end{cases} \quad \text{car le profile en U}$$

Par interpolation : $\begin{cases} 0,6 = 0,7854 \\ 0,7 = 0,7247 \end{cases}$

$$X_y = 0,7671$$

$$X_y = 1,98 \begin{cases} X_{1,9} = 0,2141 \\ X_2 = 0,1962 \end{cases}$$

$$X_3 = 0,2105$$

❖ Calcul K_y :

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{sd}}{x_y \times N_{pl.Rd}} \quad , \text{ avec: } \mu_y = \bar{\lambda}_y(2\beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl.y} - W_{el.y}}{W_{el.y}}$$

$$\beta_{My} = 1,3 \quad \text{formul EC3}$$

$$\text{D'ou : } \mu_y = 0,58 \times (2 \times 1,3 - 4) + \frac{103 - 86,4}{86,4} = -0,4 < 0,9$$

$$K_y = 1 - \frac{(-0,61) \times 7,40}{0,7671 \times 515} = 1,011 < 1,5$$

$$M_{y.sd} = 412 \text{ KN.cm}$$

$$\chi_{min} = \chi_z = 0,2105$$

Donc :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times N_{pl.Rd} / \gamma_{M1}} + \frac{K_y \times M_{y.sd}}{W_{pl.y} \times f_y / \gamma_{M1}} = \frac{7,40}{0,2105 \times 515 / 1,1} + \frac{1,011 \times 412}{103 \times 27,5 / 1,1} = 0,236$$

$$= 0,236 < 1 \quad \text{vérifier}$$

D'après les vérifications le profilé UPN140 est adopté comme limon.

V. DIMENSIONNEMENT DU PALIER DE REPOS :

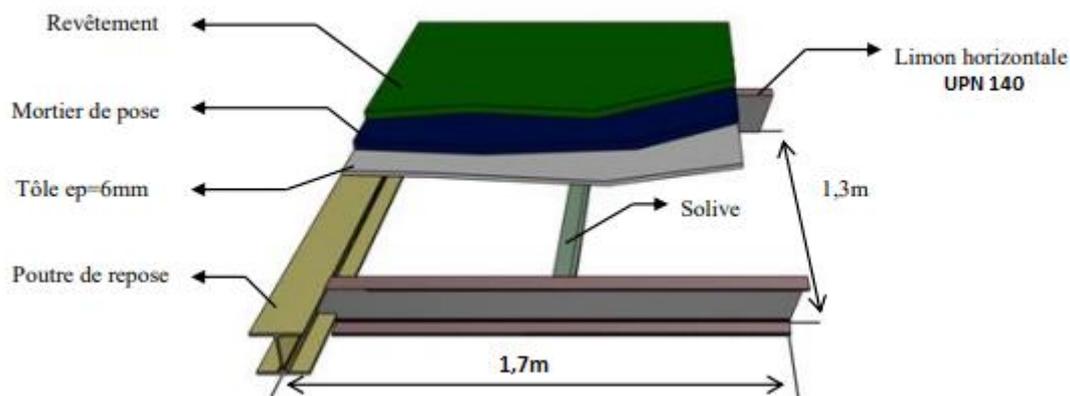


Fig.V-5 : Eléments constructifs du palier de repos

Calcul de la solive de palier de repos :

1) Estimation de profilé :

➤ Charge permanente :

- La tôle striée : $ep = 0,6 \text{ mm}$, $G_1 = 0,42 \text{ KN/m}^2$
- Le mortier de pose : $G_2 = 0,4 \text{ KN/m}^2$
- Le revêtement : $G_3 = 0,4 \text{ KN/m}^2$
- L'entraxe : $l = 1,5/2 = 0,75 \text{ m}$

$$\text{Total : } G = (G_1 + G_2 + G_3) \times l = (0,42 + 0,4 + 0,4) \times 0,75 = 0,92 \text{ KN/m}$$

➤ Surcharge d'exploitation :

$$q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \quad Q = q \times l = 2,5 \times 0,75 = 1,875 \text{ KN/m}$$

- La charge non pondérée (ELS) :

$$Q_s = G + Q = 0,92 + 1,875 = 2,8 \text{ KN/m}$$

- La charge pondérée (ELU) :

$$Q_u = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q = 1,35 \times 0,92 + 1,5 \times 1,875 = 4,05 \text{ KN/m}$$

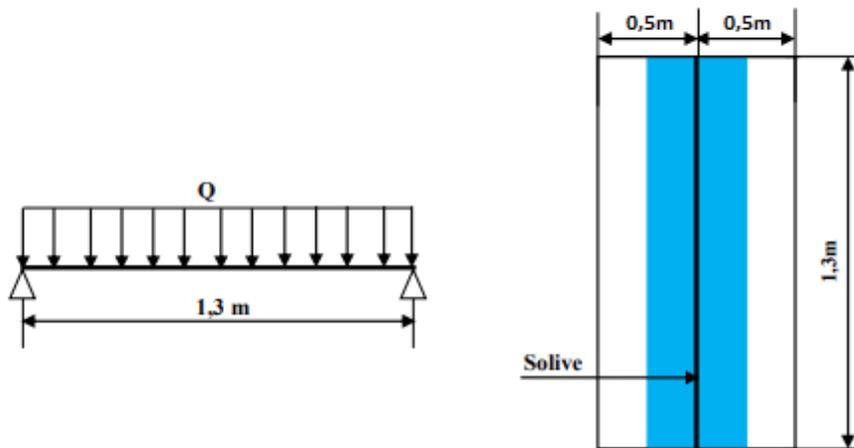


Fig.V-6 : Distribution des charges sur la solive de palier

La conduction de la flèche maximum peut écrire comme suit :

$$\sigma_y = \frac{5ql^4}{384EI_y} \leq \sigma_{max}$$

$$I_y = \frac{5 \times Q_s l^4}{384E \sigma_{max}} = \frac{5 \times 2,8 \times 130^4}{384 \times 210 \times 10^2 \times 0,433} = 11,45 \text{ cm}^4$$

$$\text{avec : } \sigma_{max} = \frac{L}{300} = \frac{130}{300} = 0,433 \text{ cm}$$

On adapte un UPN 80

❖ Classe de section :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{t_w} = \frac{47}{6} = 7,8 < 33\varepsilon \dots\dots \hat{a}me \text{ classe } 1 \\ \frac{c}{t_f} = \frac{23}{8} = 2,87 < 2,87 < 10\varepsilon \dots \text{semelle classe } 1 \end{array} \right. \rightarrow \text{section de classe } 1$$

$$\text{donc: UPN 80 section de classe } 1 \rightarrow \begin{cases} \beta_w = 1 \\ \gamma_{M0} = 1,1 \text{ et: } \varepsilon = 0,92 \\ \gamma_{M1} = 1,1 \end{cases}$$

2) Évaluation des charges :

$$G_t = G + P_{\text{profilé}} = 0,52 + 0,087 = 2 \text{ KN/m}$$

- La charge non pondérée (ELS) :

$$G_s = G + Q = 2 + 1,875 = 3,84 \text{ KN/m}$$

- La charge pondérée (ELU) :

$$Q_u = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q = 1,35 \times 2 + 1,5 \times 1,875 = 5,5 \text{ KN/m}$$

3) Vérification à l'effort tranchant :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$V_{sd,max} \leq V_{pl,rd}$$

$$V_{sd,max} = \frac{Q_u \times l}{2} = \frac{5,5 \times 1,3}{2} = 3,6 \text{ KN}$$

$$V_{pl,rd} = A_v \times \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} \quad \text{avec} \quad A_v = A - 2bt_f + (t_w + r) \times t_f$$

$$A_v = 11 - 2 \times 4,5 \times 0,8 + (0,6 + 0,8)0,8 = 4,92 \text{ cm}^2 \rightarrow V_{pl,rd} = \frac{4,92 \times 27,5\sqrt{3}}{1,1} = 71 \text{ KN}$$

$$V_{sd,max} = 3,6 \text{ KN} < V_{pl,rd} = 71 \text{ KN} \quad \text{vérifiée}$$

4) Vérification du moment fléchissant :

$$\text{il faut vérifier que : } M_{y,sd} \leq M_{c,Rdy}$$

$$M_{y,sd} = \frac{Q_u \times l^2}{8} = \frac{5,5 \times 1,3^2}{8} = 1,16 \text{ KN.m}$$

$$M_{c.Rdy} = W_{pl.y} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,8 \times 10^{-6} \times \frac{27,5 \times 10^4}{1,1} = 7,95 \text{ KN.m} \quad \text{vérifiée}$$

$$M_{y.sd} = 1,16 \text{ KN} < M_{c.Rdy} = 7,95 \text{ KN.m}$$

Donc le profiler UPN 80 sera adopté comme solive pour le palier de repose.

VI. CALCUL DE LA POUTRE DE PALIER :

1) Détermination les réactions due au poids des limons :

a) Calcul des charges agissant sur la partie verticale du limon (UPN 140) :

➤ Les charges permanentes G :

- La tôle $ep = 10 \text{ mm}$: $G_1 = 0,785 \text{ KN/m}^2$
- Le mortier de pose : $G_2 = 0,4 \text{ KN/m}^2$
- Le revêtement $G_3 = 0,4 \text{ KN/m}^2$
- Le garde-corps $G_4 = 0,15 \text{ KN/m}^2$
- Le poids de L'UPN 160 : $G_5 = 0,160 \text{ KN/m}^2$

$$G_A = (G_1 + G_2 + G_3) \times l + G_4 + G_5 = (0,785 + 0,4 + 0,4) \times 0,75 + 0,15 + 0,160 \\ = 1,50 \text{ KN/m}$$

- Le poids de L'UPN 80 est une charge linéaire, se transfère aux charges ponctuelles :

$$G_B = \frac{1}{2} (P_{UPN 80} \times L_{UPN 80}) = \frac{1}{2} (0,087 \times 1,3) = 0,057 \text{ KN}$$

➤ La charge d'exploitation Q :

$$q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \quad \rightarrow \quad Q = 2,5 \times 0,75 = 1,875 \text{ KN/m}$$

❖ Combinaison (ELS) :

$$\begin{cases} Q_s = G_A + Q = 1,50 \times 1,875 = 2,81 \text{ KN/m} & \text{charge uniforme} \\ P = G_B = 0,057 \text{ KN} & \text{charge ponctuelle (UPN 80)} \end{cases}$$

❖ Combinaison (ELU) :

$$\begin{cases} Q_u = 1,35 \cdot G_A + 1,5Q = 1,35 \times 1,5 + 1,5 \times 1,875 = \frac{4,83 \text{ KN}}{m} & \text{charge uniforme} \\ P = 1,35 \cdot G_B = 0,057 \times 1,35 = 0,076 \text{ KN} & \text{charge ponctuelle (UPN 80)} \end{cases}$$

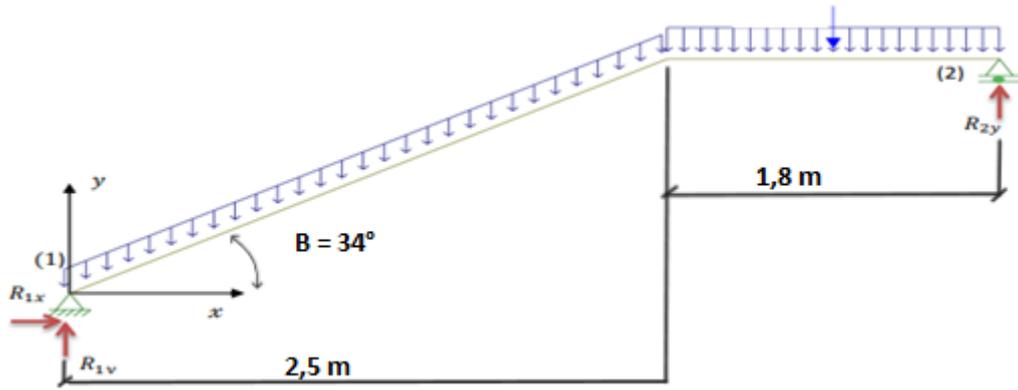


Fig.V-7 : La distribution des charges sur le limon

❖ Les réaction ELS :

$$\sum F_{ext} = 0 \rightarrow \begin{cases} x: R_{1x} = 0 \\ y: R_{1y} + R_{2y} + (-2,57 \times 3,01) + (-2,81 \times 1,5) - 0,057 = 0 \rightarrow R_{1y} \\ \hspace{10em} = 12 - R_{2y} \end{cases}$$

$$\sum M_{/A} = 0 \rightarrow 1,25(-2,57 \times 3,01) + 3,25(-2,81 \times 1,5) + 3,25(-0,057) + 4 \times R_{2y} = 0$$

$$R_{2y} = 5,88 \text{ KN} \quad \text{et} \quad R_{1y} = 6,12 \text{ KN}$$

❖ Les réaction (ELS) :

$$\sum F_{ext} = 0 \rightarrow \begin{cases} x: R_{1x} = 0 \\ y: R_{1x} + R_{2y} + (-3,64 \times 3,01) + (4,83 \times 1,5) - 0,07 = 0 \rightarrow R_{1x} = \\ \hspace{10em} 18,27 - R_{2y} \end{cases}$$

$$\sum M_{/A} = 0 \rightarrow 1,25 \times (-3,64 \times 3,01) + 3,25(-4,83 \times 1,5) - 3,25(0,07) + 4 \times R_{2y} = 0$$

$$R_{2y} = 9,36 \text{ KN} \quad \text{et} \quad R_{2y} = 9,91 \text{ KN}$$

❖ Donc les charges ponctuelles agissant sur les poutres palières sont :

$$\begin{cases} ELS = R_s = 6,12 \text{ KN} \\ ELU = R_u = 9,91 \text{ KN} \end{cases}$$

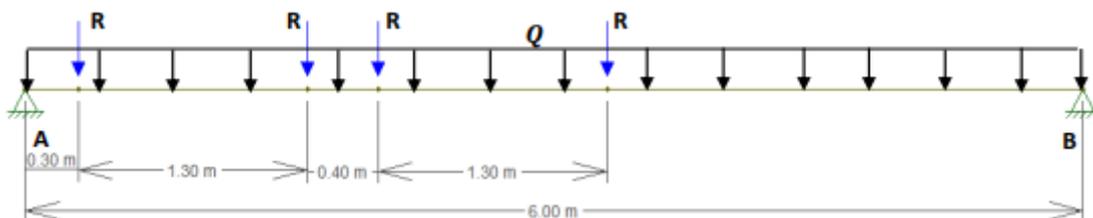


Fig.V-8 : La disposition des charges ponctuelles sur la poutre palière.

2) Estimation de profilé :

La flèche due aux réaction R et donnée par l'équation suivante :

$$\sigma = \frac{R \times a}{48EI_y} (3l^2 - 4a^2) \dots \dots \text{si } a < b$$

$$\sigma = \frac{R \times b}{48EI_y} (3l^2 - 4b^2) \dots \dots \text{si } a > b$$

$$\text{la flèche est vérifier si: } \sigma = \frac{R_s \times a}{48EI_y} (3L^2 - 4a^2) \leq \sigma_{max} \rightarrow I_y \geq \frac{R_s \times a}{48E\sigma_{max}} (3L^2 - 4a^2)$$

$$\text{avec: } \sigma_{max} = L/300 = 2$$

Mais dans ce cas on a quatre charges ponctuelles, pour estimer le profile on utilise le théorème de superposition qui annonce que la flèche totale au milieu de poutre est la somme de flèche dues à chacune de cas charge. Donc la formule sera :

$$I_y \geq \frac{R_s \times a}{48E\sigma_{max}} [a_1(3L^2 - 4a_1^2) + a_2(3L^2 - 4a_2^2) + a_3(3L^2 - 4a_3^2) + a_4(3L^2 - 4a_4^2)]$$

$$= \frac{6,12}{48 \times 21 \times 10^3} [(30 \times 600^2 - 4 \times 200^2) + (3 \times 600^2 - 4 \times 160^2) + 200(3 \times 600^2 - 4 \times 200^2) + 270(6 \times 600^2 - 4 \times 270^2)] = 1777,64 \text{ cm}^4$$

Donc : $I_y \geq 1777,64 \text{ cm}^4 \rightarrow$ on prend IPE 200

❖ Calcul de la section :

$$\begin{cases} \frac{d}{t_w} = \frac{177,6}{5,9} = 30,1 < 33\varepsilon = 30,36 \dots \dots \text{âme classe 1} \\ \frac{c}{t_f} = \frac{80,1}{9,2} = 8,7 < 10\varepsilon = 9,2 \dots \dots \text{semelle classe 1} \end{cases} \dots \dots \text{section de classe 1}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \beta_w = 1 \\ \gamma_{M0} = 1,1 \\ \gamma_{M1} = 1,1 \end{cases} \text{ et } \varepsilon = 0,92$$

Donc la charge agissante sue cette poutre devient :

$$ELS: \begin{cases} \text{charge ponctuelle} \rightarrow R_s = 6,12 \text{ KN} \\ \text{charge uniforme} \rightarrow q_s = P_{IPE 200} = 0,224 \text{ KN/m} \end{cases}$$

$$ELU: \begin{cases} \text{charge ponctuelle} \rightarrow R_u = 9,91 \text{ KN} \\ \text{charge uniforme} \rightarrow q_u = 1,35 \times P_{IPE 200} = 1,35 \times 0,224 = 0,30 \text{ KN/m} \end{cases}$$

3) Vérification de la flèche (ELS) :

La conduction de la flèche est : $\sigma \leq \sigma_{max} = L/300 = 2 \text{ cm}$

➤ Pour les charges ponctuelles :

$$\sigma_1 = \frac{R_s \times a_1}{48EI_y} (3L^2 - 4a_1^2) = \frac{6,12 \times 30}{48 \times 21 \times 10^3 \times 1943,2} (3 \times 600^2 - 4 \times 30^2) = 0,10 \text{ cm}$$

$$\sigma_2 = \frac{R_s \times a_2}{48EI_y} (3L^2 - 4a_2^2) = \frac{6,12 \times 160}{48 \times 21 \times 10^3 \times 1943,2} (3 \times 600^2 - 4 \times 160^2) = 0,48 \text{ cm}$$

$$\sigma_3 = \frac{R_s \times a_3}{48EI_y} (3L^2 - 4a_3^2) = \frac{6,12 \times 200}{48 \times 21 \times 10^3 \times 1943} (3 \times 600^2 - 4 \times 200^2) = 0,57 \text{ cm}$$

$$\sigma_4 = \frac{R_s \times b_4}{48EI_y} (3L^2 - 4b_4^2) = \frac{6,12 \times 270}{48 \times 21 \times 10^3 \times 1943} (3 \times 600^2 - 4 \times 270^2) = 0,66 \text{ cm}$$

➤ Pour la charge uniforme :

$$\sigma_5 = \frac{5 \times q_{1y} \times l^4}{384EI_y} = \frac{5 \times 0,224 \times 10^{-2} \times 600^4}{384 \times 21 \times 10^3 \times 1943} = 0,092 \text{ cm}$$

$$\text{donc : } \sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 = 0,10 + 0,48 + 0,57 + 0,66 + 0,092 = 1,90 \text{ cm}$$

$$1,90 \text{ cm} < 2 \text{ cm} \quad \text{véifier}$$

4) Vérification à l'effort tranchant :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$V_{sd,max} \leq V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \times \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} \quad \text{avec : } A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r) \times t_f$$

$$A_v = -(2 \times \times) + (+) \times = 14 \text{ cm}^4$$

$$V_{pl,Rd} = 14 \times \frac{27,5 / \sqrt{3}}{1,1} = 202,07 \text{ KN}$$

5) Calcul de $V_{sd,max}$:

Il faut d'abord calculer " R_A " ET " R_B "

$$\sum F_{ext} = 0 \rightarrow R_A + R_B + 4 \times (-9,91) - (0,30 \times 6) = 0 \rightarrow R_A + 41,44 - R_B$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -9,91(0,3 + 1,6 + 2 + 3,3) - 3 \times 6 \times 3,5 + (6R_B) = 0 \rightarrow R_B = 12,79 \text{ KN}$$

Donc : $R_A = 28,65 \text{ KN}$ et $R_B = 12,79 \text{ KN}$

Il faut calculer l'effort tranchant à chaque point "R" est appliquée :

$$A'X = 0 \text{ m} \rightarrow V(0) = R_A = 28,25 \text{ KN}$$

$$A'X = 0,3 \text{ m} \rightarrow V(0,3) = 20,25 - 9,91 - (0,3 \times 0,3) = 18,25 \text{ KN}$$

$$A'X = 1,6 \text{ m} \rightarrow V(1,6) = 18,25 - 9,91 - (0,3 \times 1,3) = 7,95 \text{ KN}$$

$$A'X = 2 \text{ m} \rightarrow V(2) = 7,95 - 9,91 - (0,3 \times 0,4) = -2,08 \text{ KN}$$

$$A'X = 3,3 \text{ m} \rightarrow V(3,3) = -2,08 - 9,91 - (0,3 \times 1,3) = -12,38 \text{ KN}$$

$$A'X = 6 \text{ m} \rightarrow V(6) = -12,38 - (0,3 \times 2,7) = 13,19 \text{ KN}$$

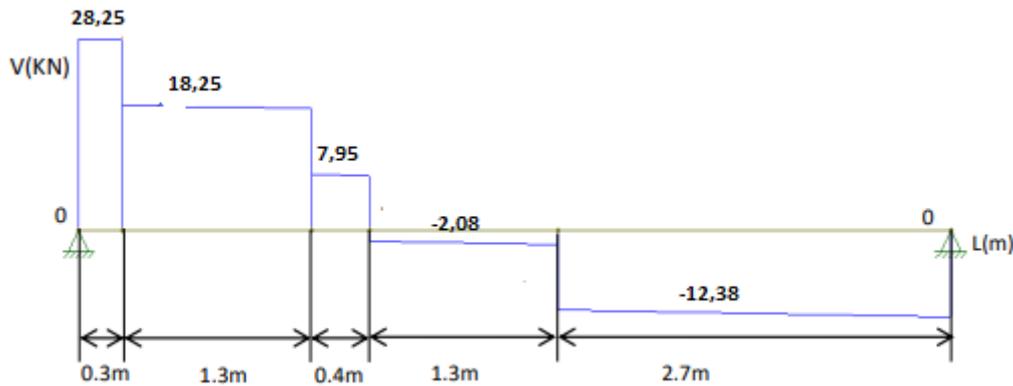


Fig.V-9 : Le diagramme des efforts tranchants

D'après la figure on a : $V_{sd,max} = 28,25 \text{ KN} < V_{pl,Rd} = 202,07 \text{ KN}$

6) Vérification du moment fléchissant :

Il faut vérifier que : $M_{sd} \leq M_{cRd}$

D'après la figure ; L'effort tranchant est passé d'une valeur positive à une valeur négative.

Les formules de moment fléchissant sont :

Pour la charge uniforme : $M(x) = \frac{q_u \cdot x}{2} (L - x)$

Pour une charge concentrée appliquée à un point quelconque :

$$M(x) = \frac{R_u \cdot b \cdot x}{L} \quad , \text{ si : } x < a \quad , \text{ et : } M(x) = \frac{R_u \cdot a \cdot (L - x)}{L} \quad , \text{ si : } x > a$$

$$M(L = 2 \text{ m}) = M_{sd} = \frac{q_u \cdot 2}{2} (L - 2) + \frac{R_u \cdot 2}{L} (b_4) + \frac{R_u \cdot (6 - 2)}{L} (a_1 + a_2 + a_3)$$

$$M_{sd} = \frac{0,30 \times 2}{2} (6 - 2) + \frac{9,91 \times 2}{6} (2 \times 7) + \frac{9,91(6 - 2)}{6} ((-0,3) + 1,6 + 2) = 35,88 \text{ KN.m}$$

$$\text{et : } M_{cRd} = W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 220,6 \times 10^{-6} \times \frac{275 \times 10^3}{1,1} = 55,15 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 35,88 \text{ KN.m} < M_{cRd} = 55,15 \text{ KN.m} \quad \text{vérifier}$$

⇒ Donc L'IPE 200 est adopté comme poutre de repos.

VII. CONCLUSION :

A partir de ces calculs, nous avons obtenu les dimensions des éléments principaux de l'escalier, à savoir

- Cornière de marche : **40 × 40 × 6**
- Limon : **UPN 140**
- Solive de palier : **UPN 80**
- Poutre palière : **UPN 200**

Chapitre VI : pont roulant

I. INTRODUCTION :

Ce chapitre représente le calcul de la voie de roulement d'une halle de **20 m** de portée pour chaque halle équipée de deux ponts roulant de **10 T** (de puissance), Pour cette étude on utilise :

- ✓ EUROCODE 1 ; partie 5, actions induites par les ponts roulants.
- ✓ EUROCODE 3 ; partie 6, chemins de roulements.

✚ Définition de pont roulant :

- ✓ **Le pont roulant** : est un engin de levage mobile circulant une voie de roulement. Il est constitué d'une ou plusieurs poutres sur lesquelles se déplace, traversement à la fois principale, un chariot de transfert équipé d'un treuil pour le levage de la charge.
- ✓ **La voie de roulement** : est la structure porteuse de l'engin de levage, constituée de deux poutres de roulement et ses supports, les deux poutres parallèles surmontées d'un rail spécial et sur lesquelles circule le pont roulant.
- ✓ **La poutre de roulement** : est l'élément porteur longitudinale de la voie les poutres de roulement sont des poutres simples ou continues. Leurs appuis sont constitués par des poteaux en H.

II. CARACTÉRISTIQUES DU PONT ROULANT :

Tab.VI-1 : Caractéristiques de pont roulant

Puissance	Portée	Vitesse			Poids			Dimensions				
		Levage	Direct	Trans	Q_{c1}	Q_{c2}	$Q_{c1} + Q_{c2}$	a_{min}	b	c	d	e
KN	m	m/min	m/min	m/min	KN	KN	KN	m	m	m	m	m
100	20	6	30	80	160	40	200	3,6	0,30	0,55	1,9	0,9

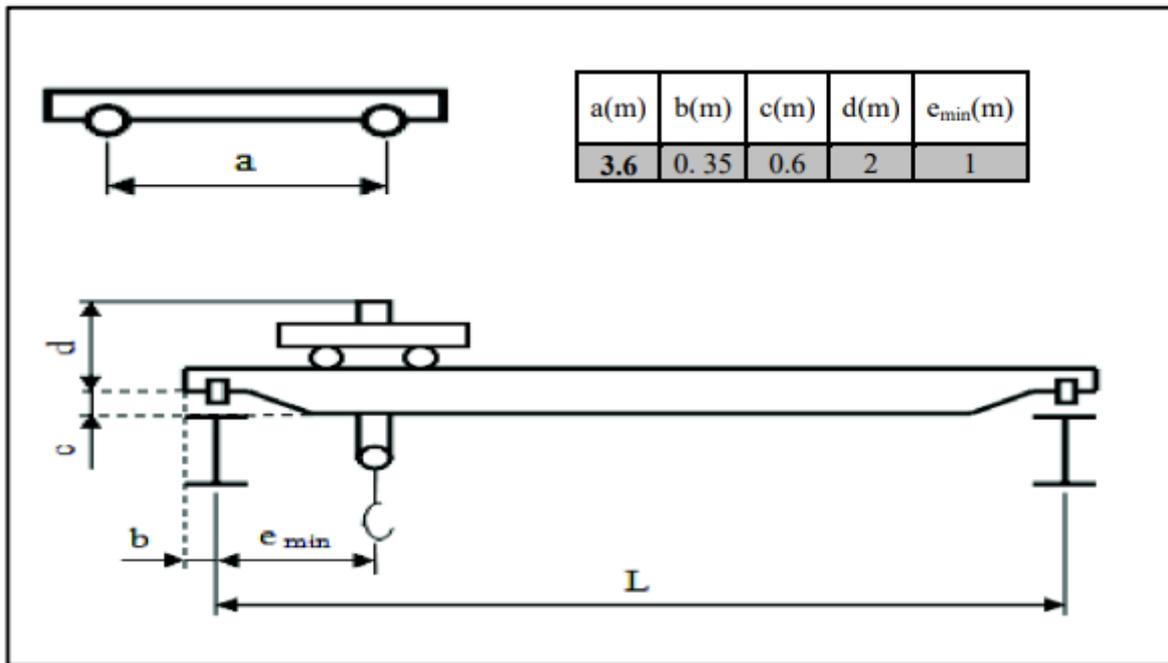


Fig.VI-1 : Les dimensions de pont roulant

III. ACTION INDUITE PAR LES APPAREILS DE LEVAGE SUR LES POUTRES DE ROULEMENT :

Classement des actions : les actions induites par des appareils de levage sont classées comme actions variable et accidentelles qui sont représentées par différents modèles.

a) Actions variables :

Il convient de diviser les actions variables induites par les appareils de levage en actions variables verticales dues au poids propre de l'appareil de levage et à la masse à lever et en actions variable horizontale dues aux accélérations au décélération au à la marche en crabe ou à d'autre effet dynamique.

Les composantes dynamiques induites par différentes charges dues à des masses et à des forces d'inertie sont données en général par des coefficients d'amplification dynamique ϕ_i à appliquer aux valeurs des charges statique. $F_k = \phi_i \cdot F$

Où : F_k : est la valeur caractéristique d'une action induite par un appareil de levage.
 ϕ_i : est le coefficient d'amplification dynamique (voir tableau IV-2).

Tab.VI-2 : Les coefficients d'amplification dynamique

Coefficients d'amplification Dynamique	Effet à prendre en compte	A applique à
\emptyset_1	Excitation variable de la structure d'un appareil de levage due au décollage de la masse à lever de sol	Poids propre de l'appareil de levage
\emptyset_2 ou \emptyset_1	Effet dynamique du transfert de la masse à lever du sol à l'appareil de levage	Masse à lever
\emptyset_3	Effet dynamique induits par le déplacement sur des rails ou des voies de roulement	Poids propre de l'appareil de levage et masse à lever
\emptyset_4	Effets provoqués par des forces d'entraînement	Force d'entraînement
\emptyset_5	Lorsqu'une charge d'essai est mue par les transmissions suivant le mode d'utilisation de l'appareil de levage	Charge d'essai
\emptyset_6	Prend en compte les effets élastiques de l'impact sur les tampons	Charge des tampons
\emptyset_7	Coefficient de réaction aux rafales	Charges dues u vent

1) Détermination de coefficient d'amplification dynamique :

D'après le tableau VI-2 dans Eurocode 1 partie 5 :

$$\emptyset_1 = 1 \pm \alpha \text{ et } 0 < \alpha < 0,1 \quad \text{on prend } \alpha = 0,1$$

$$\emptyset_1 = 1 + 0,1 = 1,1$$

$$\emptyset_2 = \emptyset_{2,min} + \beta_2 \cdot V_h$$

Avec :

Tab.VI-3 : Classe de pont roulant

Classe de levage de l'appareil	β_2	$\emptyset_{2,min}$	V_h
HC3 (Appareil de levage d'atelier)	0,51	1,15	5/60= 0,083

$$\phi_2 = 1,5 + 0,51 \times 0,083 = 1,19$$

$$\phi_3 = \left(1 - \frac{\Delta_m}{m}\right) \cdot (1 + \beta_3)$$

Δ_m : et la parite libérée ou tombée de la charge = 0

$$\phi_3 = 1$$

2) Disposition des charges

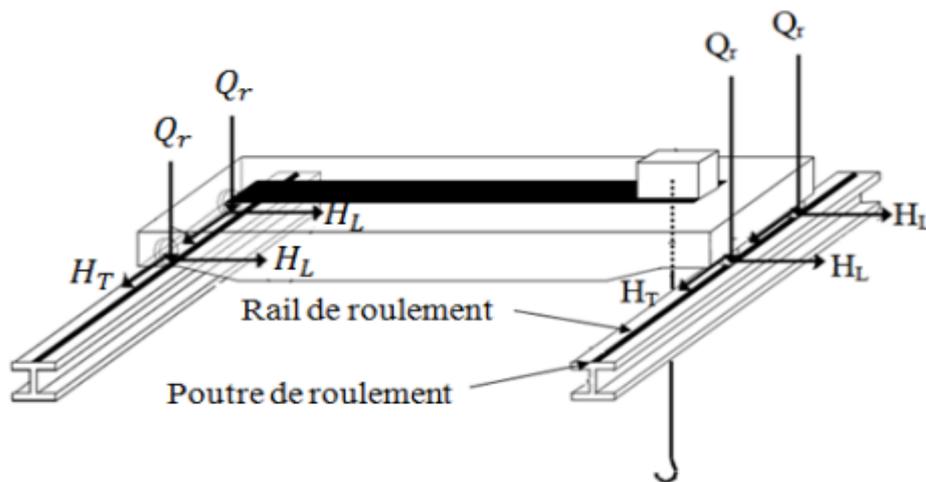


Fig.VI-2 : Dispositions des charges engendrées par le pont roulant

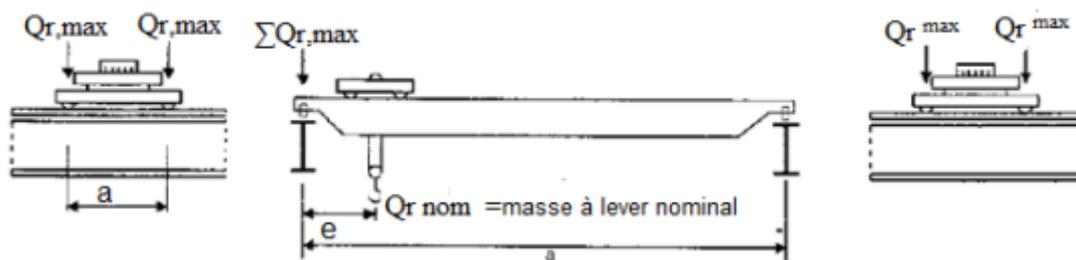


Fig.VI-3 : Dispositions des charges de l'appareil de levage en charge pour obtenir un Chargement maximal sur le pont roulant



Fig.VI-4 : Dispositions des charges de l'appareil de levage à vide pour obtenir un chargement maximal sur la poutre de roulement

Où :

- Qr, max : est la charge par galet maximal de l'appareil de levage en charge.
- Qr^{max} : est la charge par galet d'accompagnement de l'appareil de levage en charge.
- $\Sigma Qr, max$: est la somme des charges maximales Qr^{max} par poutre de roulement de l'appareil de levage en charge.
- ΣQr^{max} : est la somme des charges d'accompagnement Qr^{max} par poutre de roulement de l'appareil de levage en charge.
- Qr, min : est la charge par galet minimal de l'appareil de levage à vide.
- Qr^{min} : est la charge d'accompagnement de l'appareil de levage à vide.
- $\Sigma Qr, min$: est la somme des charges minimales Qr, min par poutre de roulement de l'appareil de levage à vide.
- ΣQr^{min} : est la somme d'accompagnement des charges minimale Qr^{min} par poutre de roulement de l'appareil de levage à vide

a) En charge (charge maximale) :

$$\Sigma Qr, max = \phi_1 \left[Qc/2 + Qc2 \frac{(L-e_{min})}{L} \right] + \phi_2 \cdot Qh \cdot \frac{(L-e_{min})}{L}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Qr, max &= 1,1 \left[\frac{160}{2} + 40 \frac{20 - 0,9}{20} \right] + 1,19 \times 100 \times \left(\frac{20 - 0,9}{20} \right) = 242,85 \text{ KN} \\ &= 242,84 \text{ KN pour deux galets} \end{aligned}$$

$$\Sigma Qr^{max} = \phi_1 \left[Qc1/2 + Qc2 \frac{e_{min}}{L} \right] + \phi_2 \cdot Qh \cdot \frac{e_{min}}{L}$$

$$\begin{aligned} \Sigma q^{max} &= 1,1 \left[\frac{160}{2} + 40 \frac{0,9}{20} \right] + 1,19 \times 100 \times \frac{0,9}{20} = 95,335 \text{ KN} \\ &= 95,335 \text{ KN pour deux galets} \end{aligned}$$

- Pour un galet :

Tab.VI-4 : Les charges verticales maximales sur un galet.

Charge verticale	La charge d'un galet en KN
La charge maximale en charge	121,42
La charge d'accompagnement	47,66

- b) A vide (charge minimale) :

$$\Sigma Qr, \min = \phi_1 \left[Q_{c1}/2 + Q_{c2} \cdot \frac{L-e_{\min}}{L} \right]$$

$$\begin{aligned} \Sigma Qr, \min &= 1,1 \left[\frac{160}{2} + 40 \frac{20 - 0,9}{20} \right] = 130,02 \text{ KN} \\ &= 130,02 \text{ KN pour deux galets} \end{aligned}$$

$$\Sigma Qr, \min = \phi_1 \left[Q_{c1}/2 + Q_{c2} \cdot \frac{e_{\min}}{L} \right]$$

$$\begin{aligned} \Sigma Qr, \min &= 1,1 \left[\frac{160}{2} + 40 \frac{0,9}{20} \right] = 89,98 \text{ KN} \\ &= 89,98 \text{ KN pour deux galets} \end{aligned}$$

- Pour un galet :

Tab.VI-5 : Les charges variables minimales pour un galet.

Charge verticale	La charge d'un galet en KN
La charge minimale à vide	65 ,01
La charge d'accompagnement	44,99

3) Charges longitudinales $H_{L,i}$ et charges transversales $H_{T,i}$

- Les charges longitudinales $H_{L,i}$ produites par les accélérations et les décélérations des structures des appareil de levage résultent de la face d'entraînement au niveau de la surface de contact du rail avec le galet entraîné (voir figure IV-5)

La charge longitudinale $H_{L,i}$ appliqué sur une poutre de roulement peut être calculée de la manière suivante : $H_{L,i} = \phi_5 \cdot K \cdot \frac{1}{n_r}$

Où :

n_f : est le nombre de poutre de roulement.

K : est la force d'entraînement.

ϕ_5 : est le coefficient d'amplification dynamique.

i : est le nombre entier servant à indentification la poutre de roulement ($i = 1,2$)

Le moment M résultant de la force d'entraînement qu'il convient d'appliquer au centre de la masse est contrebalancée par les charges horizontales transversale $H_{T,1}$ et $H_{T,2}$

➤ Les charges horizontales transversales peuvent être obtenues de la façon suivante :

$$\begin{cases} H_{T,1} = \phi_5 \cdot \zeta_2 \cdot M/a \\ H_{T,2} = \phi_5 \cdot \zeta_1 \cdot M/a \end{cases} \quad a : \text{l'espace des galets de guidage ou des flasques de galets.}$$

Où :

Tab.VI-6 : Les charges horizontales transversales

$\zeta_1 = \frac{\sum Qr, max}{\sum Qr}$ $\zeta_2 = 1 - \zeta_1$ $\sum Qr = \sum Qr, max + \sum Qr^{max}$ $M = K \cdot I_s$ $K = K_1 + K_2 = \mu \cdot \sum Qr, min$ $\sum Q^*r, min = m_w \cdot Qr, min$ $I_s = (\zeta_1 - 0,5)L$	<p>1 : la portée de la poutre.</p> <p>K : est la force d'entrainement</p> <p>μ : est le coefficient de frottement</p> <p>Avec : m_w : le nombre de système de l'entrainement à un seul galet, car les appareils de levage modernes ne sont pas équipés d'un système d'entrainement à galet central.</p>
--	---

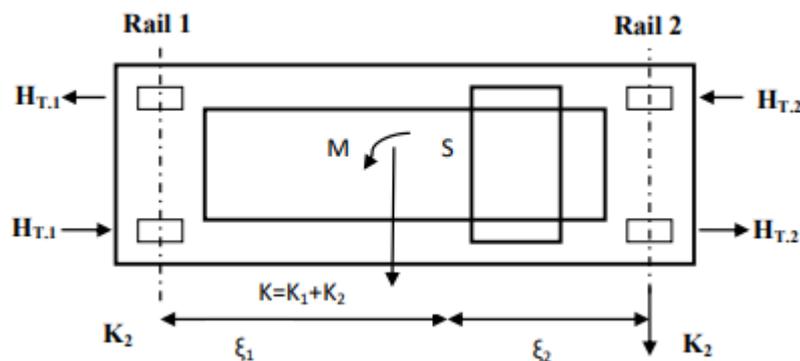


Fig.VI-5 : Les charges horizontales transversales $H_{T,i}$

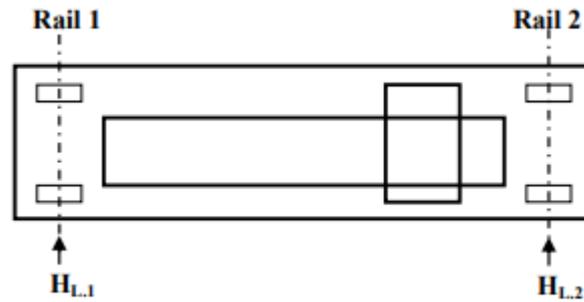


Fig.VI-6 : Les charges horizontales longitudinales $H_{L,i}$

a) Les charges horizontales transversales ($H_{T,i}$)

$$\zeta_1 = \frac{242,85}{242,85 + 95,33} = 0,71$$

$$\zeta_2 = 1 - 0,71 = 0,29$$

$$I_s = (0,71 - 0,5)20 = 4,2$$

$$m_w = 2 \text{ (deux systeme)}$$

$$\mu = 0,2 \text{ (acier sur acier)}$$

$$\sum Qr * min = 2 \times 44,99 = 90 \text{ KN}$$

$$K = 0,2 \times 90 = 18 \text{ KN}$$

$$M = 22 \times 4,2 = 92,4 \text{ KN}$$

$1 \leq \phi_5 \leq 1,5 \rightarrow$ Correspond aux systèmes dans les quels variaient sans coups $\phi_5 = 1,5$

$$H_{T,1} = 1,5 \times 0,29 \frac{92,4}{3,6} = 11,165 \text{ KN} \quad \rightarrow H_{T,1} = 11,165 \text{ KN}$$

$$H_{T,2} = 1,5 \times 0,71 \frac{92,4}{3,6} = 27,335 \text{ KN} \quad \rightarrow H_{T,2} = 27,335 \text{ KN}$$

b) Les charges horizontales longitudinales

$$n_r = 2$$

$$H_{L,1} = H_{L,2} = \phi_2 \frac{K}{2} = 1,5 \frac{18}{2} = 13,5 \text{ KN}$$

4) Charges horizontales ($H_{S,I,j,k}$) et force de guidage S :

La force de guidage S et les forces transversales $H_{S,I,j,k}$ dues à l'obliquité peuvent être obtenues d'après :

- $S = f \cdot \lambda_s \cdot \sum Qr_{max}$

- $H_{S,1,j,L} = f \cdot \lambda_{S,1,j,L} \cdot \sum Qr_{max}$
- $H_{S,2,j,L} = f \cdot \lambda_{S,2,j,L} \cdot \sum Qr_{max}$
- $H_{S,1,j,T} = f \cdot \lambda_{S,1,j,T} \cdot \sum Qr_{max}$
- $H_{S,2,j,T} = f \cdot \lambda_{S,2,j,T} \cdot \sum Qr_{max}$

Où :

f : est le coefficient non positif

$\lambda_{S,1,j,L}$: correspond aux coefficients de force

i : est le rail

j : est la paire de galets

K : la direction de la force (L : longitudinal T : transversal).

$$f = 0,3(1 - \exp(-250 \cdot \alpha)) \leq 0,3$$

α : est l'angle d'obliquité

$$h = m\xi_1\xi_2l^2 + \frac{\sum e_j^2}{\sum e_j}$$

$$\lambda_s = 1 - \frac{\sum e_j}{n \cdot h}$$

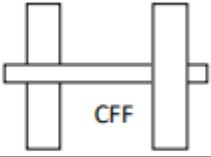
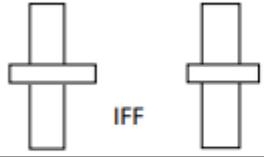
	Combinaison des paires de galets				h
	Coulés (C)		Indépendant (I)		
fixe/fixe FF					$\frac{m\xi_1\xi_2 + \sum e_j^2}{\sum e_i}$
Système	$\lambda_{s,j}$	$\lambda_{s,1,j,L}$	$\lambda_{s,1,j,T}$	$\lambda_{s,2,j,L}$	$\lambda_{s,2,j,T}$
CFF	$1 - \frac{\sum e_j}{nh}$	$\frac{\xi_1\xi_2 l}{n h}$	$\frac{\xi_2}{n} (1 - \frac{e_i}{h})$	$\frac{\xi_1\xi_2 l}{n h}$	$\frac{\xi_1}{n} (1 - \frac{e_i}{h})$

Fig.VI-7 : Définition des valeurs $\lambda_{s,i,j,K}$

Avec :

h : est la distance entre le centre de rotations instantanées et le système de guidage concerné

m : est le nombre de paires de galets accouplés ($m=0$ pour des paires de galets indépendants)

ε_1 : est la distance entre le centre de rotation instantané et le rail 1

ε_2 : est la distance entre le centre de rotation instantané et le rail 2

e_j : est la distance entre la paire de galets j et le système de guidage concerné.

n : est le nombre de paires de galets.

Application :

$f = 0,3$ (La plus défavorable)

$$Q_{r,max} = 242,85 \text{ KN}$$

$n = 2$ (deux paires de galets)

$m = 0$

$j=1 \rightarrow e_1 = 0$

$j=2 \rightarrow e_2 = e = 3,6$

$$h = \sum \frac{(0+3,6)^2}{3,6} = 3,6$$

$$\lambda_s = 1 - \frac{3,6}{2-3,6} = 0,5 \times \lambda_{s,1,j,L} = 0$$

$$\lambda_{s,2j,L} = 0$$

$$\lambda_{s,1,1,T} = \frac{0,29}{2} \times \left(1 - \frac{0}{3,6}\right) = 0,145$$

$$\lambda_{s,1,2,T} = 0$$

$$\lambda_{s,2,1,T} = \frac{\zeta_1}{n} \left(1 - \frac{e_p}{n}\right) = \frac{0,7\phi}{2} \left(1 - \frac{0}{3,6}\right) = 0,355$$

$$\lambda_{s,2,2,T} = 0$$

Tab.VI-7 : Les valeurs de $\lambda_{s,i,j,k}$

e_j	$\lambda_{s,1,j,L}$	$\lambda_{s,2,j,L}$	$\lambda_{s,1,j,T}$	$\lambda_{s,2,j,T}$
e_1	0	0	0,145	0,355
e_2	0	0	0	0

Donc :

Tab.VI-8 : Les charges horizontales $H_{s,i,j,T}$

e_j	$H_{s,1,j,L}$	$H_{s,2,j,L}$	$H_{s,1,j,T}$	$H_{s,2,j,T}$
e_1	0	0	10,56 KN	25,86 KN
e_2	0	0	0	0

IV. DIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE DE ROULEMENT (PDR) :

- Travée de $l = 6 \text{ m}$ (sur deux appuis simple)
- Distance entre galets $a = 3,6 \text{ m}$

1) Condition de la flèche

a) Flèche verticale :

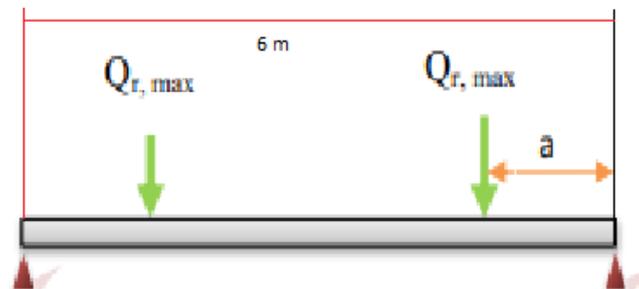


Fig.VI-8 : Position des charges sur la PDR

La flèche admissible est : $F_{adm} = \frac{600}{600} = 1 \text{ cm}$

$$\sigma_{max} = \frac{Qr_{max} \times a \times (3L^2 - 4a^2)}{24 \times E \times I_y} \leq \frac{600}{600}$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} l = 6 \text{ m} & a = 1,2 \text{ m} \\ Qr_{max} = 121,42 \text{ KN} \end{cases}$$

$$I_y \geq \frac{600 \times 121,42 \times 120(3 \times 1000^2 - 4 \times 120)}{24 \times 2,1 \times 10^4 \times 600}$$

Donc : $I_y \geq 29557,09 \text{ cm}^4$ HEA 360 ce qui correspond pour la poutre de roulement.

b) La flèche horizontale :

On tient compte seulement de la semelle supérieure qui est la plus sollicitée

$$H_{s,1,2,T} = 25,86 \text{ KN}$$

$$f_h = \frac{H_{S,1,2,T} \times I^3}{48EI_{z.semelle\ sup}}$$

Avec :

$$I_{z.semelle\ sup} = \frac{t_f b^3}{12} = \frac{17,5 \times 300^3}{12} = 3,93 \times 10^{-5}$$

$$f_h = \frac{25,86 \times 6^3}{48 \times 2,1 \times 10^8 \times 3,93 \times 10^{-5}} = 0,014\ m > f_{adm} = \frac{6}{600} = 0,01\ m$$

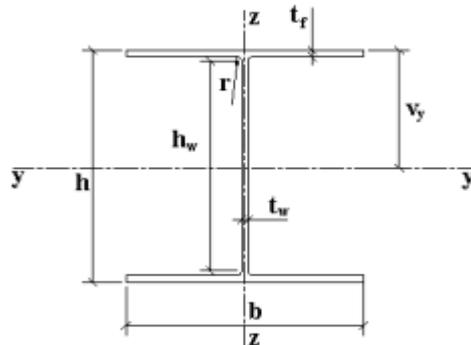


Fig.VI-9 : Caractéristiques de profilé

La flèche horizontale n'étant pas vérifiée, on doit augmenter l'inertie de la semelle supérieure du HEA 360 en soudant de part et d'autre des bords de la semelle des profilés.

2) Détermination du système de raidissage horizontal :

- Déterminer de l'inertie de la poutre (raidisseur) :

Tab.VI-9 : Détermination de l'inertie de la poutre.

<i>l</i>	<i>A(cm)</i>	<i>d(cm)</i>	<i>d_i(cm)</i>	<i>M_s = Ad_i</i>	<i>I₀(cm⁴)</i>
Cornière	4,8	1,8	66	316,8	17,38
Semelle 17,5 × 300	52	15	15	780	3937
Σ	56,8	16,5	81	1096,8	3954,38

$$Y_{G1} = \frac{\sum Ms}{\sum A} = \frac{1096,8}{56,8} = 19,30\ cm$$

$$Y_{G2} = 63,6 - (b + Y_{G1}) = 63,6(15 + 19,30) = 29,3\ cm$$

$$I_{eq} = I_{se}(HEA 360) + I_{cornière} + A_{se}(Y_{G1})^2 + A_{cornière}(Y_{G2})^2$$

$$I_{eq} = 3937 + 17,38 + 52(19,30)^2 + 4,8(29,3)^2 = 97444,6 \text{ cm}^4$$

Et la condition sera : $f_h = \frac{25,86 \times 6^3}{48 \times 2,1 \times 10^8 \times 2,744 \times 10^{-4}} = 0,0020 \text{ m} < 0,01 \text{ m}$ vérifiée

3) Choix du rail

Le choix de rail se fait en fonction de la charge de calcul au galets F_{wd} .

$$F_{wd} = (2F_{wk,max} + F_{wk,min}) / 3$$

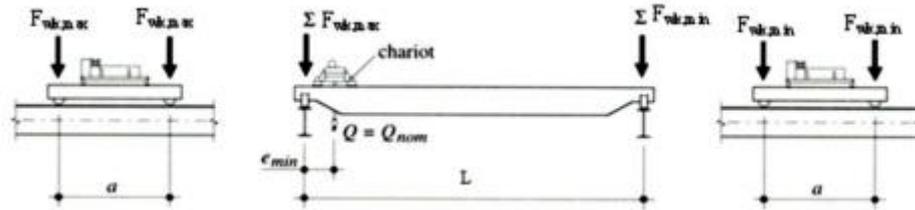


Fig.VI-10 : Charges de galet sur rail

$$\Sigma F_{wk,max} = \frac{1}{L} \left[(Q_c + Q_{nom}) \times (L - e_{min}) + Q_p \times \frac{L}{2} \right]$$

$$\Sigma F_{wk,max} = \frac{1}{20} \left[(40 + 100) \times (20 - 0,90) + \left(160 \times \frac{20}{2} \right) \right]$$

$$\Sigma F_{wk,max} = 213,7 \text{ KN (pour deux galet)}$$

$$F_{wk,max} = \Sigma F_{wk,max} / 2 \rightarrow F_{wk,max} = 106,85 \text{ KN}$$

$$\Sigma F_{wk,min} = \frac{1}{L} \left[(Q_c + Q_{nom}) \times e_{min} + \left(Q_p \times \frac{L}{2} \right) \right]$$

$$\Sigma F_{wk,min} = \frac{1}{20} \left[(40 + 100) \times 0,9 + \left(160 \times \frac{20}{2} \right) \right]$$

$$\Sigma F_{wk,min} = \Sigma F_{wk,min} / 2 = 86,30 \text{ KN} = 43,15 \text{ KN (pour un galet)}$$

$$F_{wd} = \frac{2 \times 106,85 + 43,15}{3} = 85,61 \text{ KN}$$

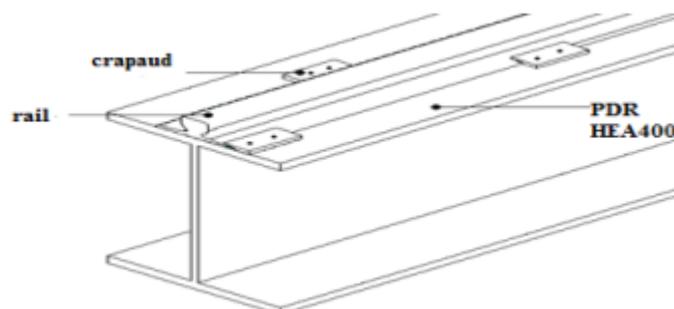
Tab.VI-10 : Caractéristiques des rails du type BURBACH

Désignation	Surf (cm^2)	Poids (Kg/m)	$I_y(cm^4)$	$W_y(cm^3)$	$I_z(cm^4)$	$W_z(cm^3)$	H(mm)	K(mm)
A65	55,4	43,5	327	73,7	609	69,6	75	65

Les caractéristiques du crapaud sont :

Tab.VI-11 : Caractéristiques du crapaud

Désignation	2 trous	B (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	G (mm)	h (mm)	J (mm)	K (mm)	
	Largeur mm	Poids G									
A65	120	820	97,5	60	22	38	17	7	24	22	29

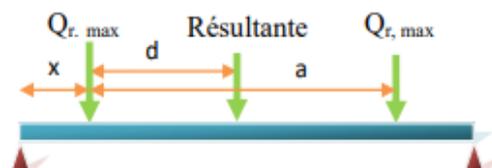
**Fig.VI-11** : Schéma (PDR+rail)

4) Evaluation des charges :

a) Charges variables :

✓ Calcul du M_{max}

En utilise le théorème de Barré :

**Fig.VI-12** : Charges sur la PDR

$$\begin{cases} \sum Q_{r,max} \cdot x \cdot d = Q_{r,max} \cdot x \cdot a \\ d = \frac{Q_{r,max} \cdot x \cdot a}{\sum Q_{r,max}} \end{cases}$$

$$d = 1,8 \text{ m} \quad x = 2,1 \text{ m}$$

$$M_{max} = R_B - [\sum Q_{max}(d + x)] = 0$$

$$R_B = (\sum Q_{max}(d + x))L$$

$$R_B = [242,85(1,8 + 2,1)/6] = 157,85 \text{ KN}$$

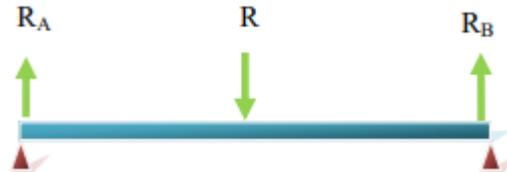


Fig.VI-13 : Réaction de PDR

$$R_A = \sum Q_{max} - R_B = 85 \text{ KN}$$

$$M_{max} = R_A \times x = 85 \times 2,1 = 178,5 \text{ KN}$$

$$\text{Donc : } \begin{cases} R_A = 85 \text{ KN} \\ R_B = 157,85 \text{ KN} \\ M_{max} = 175,5 \text{ KN} \end{cases}$$

✓ Calcul de T_{max} :

$$\sum M_{/B} + [(Q_{r,max} \times (l \times a) + (Q_{r,max} \times l) - (T_{max} \times l)] = 0$$

$$T_{max} = \frac{1}{L} \cdot [(Q_{r,max} \cdot (l - a)) + (Q_{r,max} \times l)]$$

$$T_{max} = \frac{1}{6} [(121,42 \times (6 - 3,6)) + (121,42 \times 6)]$$

$$T_{max} = 170 \text{ KN}$$

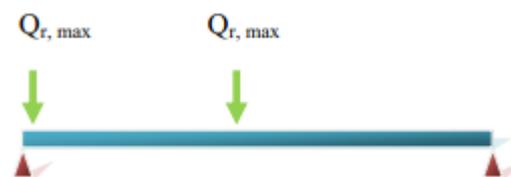


Fig.VI-14 : Charges d'exploitation

b) Charges horizontales transversales :

$$H_{T.2} = 25,86 \text{ KN}$$

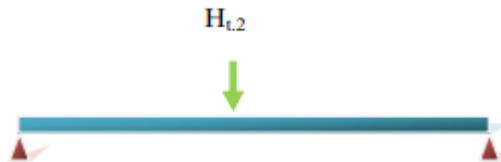
✓ Calcul du M_{max} :

Fig.VI-13 : Charge horizontale transversale

$$M(x) = x \left(l - \frac{x}{l} \right) H_{T.2}$$

$$M_{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{l}{2} \times \left(l \times \frac{l}{2} \right) \times H_{T.2} = \frac{l}{4} \times H_{T.2}$$

$$M_{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{6}{4} \times 25,85 = 38,77 \text{ KN.m}$$

$$M_{max} = 38,77 \text{ KN.m}$$

✓ Calcul de T_{max} :

L'effort tranchant est max lorsque la charge sera sur l'un des appuis

$$T_{max} = H_{T.2} = 25,86 \text{ KN}$$

c) Charge horizontale longitudinale :

$$N = H_{L,i} = 13,5 \text{ KN}$$

Donc le tableau des charges sera :

Tab.VI-12 : Résumé des charges V

Les charges	Verticales	Horizontales transversales	Horizontales longitudinales
R_A	85 KN	/	/
R_B	157,85 KN	/	/
M_{max}	175,5 KN	38,77 KN	/
T_{max}	170 KN	25,86 KN	/
N	/	/	13,5 KN

V. VÉRIFICATION :

1) Les combinaisons des charges :

a) Les charges verticales :

✓ Charges permanentes :

- Charge de rail $G_1 = 0,435 \text{ KN/m}$
 - Charge de la poutre de roulement $G_2 = 1,123 \text{ KN/m}$
 - Charge des accessoires 10% de poids propre du profilé $G_3 = 0,112 \text{ KN/m}$
- $$G = (G_1 + G_2 + G_3) \times m = (0,435 + 1,123 + 0,112) \times 6 \text{ m} = 10,02 \text{ KN}$$

$$M_G = \frac{G \times L^2}{8} = \frac{10,02 \times 6}{8} = 7,515 \text{ KN/m}$$

✓ Charges variables :

$$M_{max} = 175,5 \text{ KN}$$

$$T_{max} = 170 \text{ KN}$$

Tab.VI-13 : Les combinaisons des charges verticales (les efforts)

	Combinaison des efforts	Résultat
ELU	$1,35(G)+1,5T_{max}$	268,57 KN
ELS	$G + T_{max}$	180,02 KN

Tab.VI-14 : Les combinaisons des charges verticales (les moments)

	Combinaison des moments	Résultat
ELU	$1,35(G)+1,5M_{max}$	273,39 KN.m
ELS	$G + M_{max}$	183,01 KN.m

b) Les charges horizontales :

✓ Transversales

$$T_{max} = 25,86 \text{ KN}$$

$$M_{max} = 38,77 \text{ KN}$$

Tab.VI-15 : Les combinaisons des charges horizontales transversales (les efforts)

	Combinaison des efforts	Résultat
ELU	$1,5 T_{max}$	38,77 KN
ELS	T_{max}	25,86 KN

Tab.VI-16 : Les combinaisons des charges horizontales transversales (les moments)

	Combinaison des moments	Résultat
ELU	$1,5 M_{max}$	58,155 KN
ELS	M_{max}	35,77 KN

✓ Longitudinale :

$$N = 13,5 \text{ KN}$$

2) Vérification de la flexion bi-axiale :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

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

$$M_{y.sd} = 273,39 \text{ KN}$$

$$M_{z.sd} = 38,77 \text{ KN}$$

Avec :

$M_{y.sd}$: moment fléchissant maximal vertical

$M_{z.sd}$: moment fléchissant maximal transversal

$M_{el.rd} = \frac{W_{el.fy}}{\gamma_{M0}}$ Pour déterminer γ_{M0} on doit déterminer la classe du profilé.

$$\begin{cases} \frac{d}{t_w} = \frac{261}{10} = 26,1 < 72\varepsilon & \rightarrow \text{âme de classe 1} \\ \frac{c}{t_f} = \frac{b/2}{t_f} = \frac{150}{17,5} < 10\varepsilon & \rightarrow \text{semelle de classe 1} \end{cases}$$

Donc la section de classe 1 $\rightarrow \gamma_{M0} 1,1$

$$\begin{cases} M_{pl.y.sd} = W_{pl.Y} \times f_Y / \gamma_{M0} = 522,1 \text{ KN.m} \\ M_{pl.z.rd} = W_{pl.Z} \times f_Y / \gamma_{M0} = 200,5 \text{ KN.m} \end{cases} \quad \text{et } f_Y = 275 \text{ KN/mm}^2$$

$$\left(\frac{273,39}{522,1} \right) + \left(\frac{38,77}{200,5} \right) = 0,71 < 1 \quad \text{donc la conduction est vérifiée}$$

3) Vérification de la résistance à l'effort tranchant :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$V_{sd,max} \leq V_{pl,rd}$$

$$V_{sd,1} = 268,75 \text{ KN}$$

$$v_{sd,2} = 38,77 \text{ KN}$$

$V_{sd,1}$: l'effort tranchant vertical

$V_{sd,2}$: l'effort tranchant transversal

$$V_{pl,rd} = A_v \times \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} \quad \text{Avec : } A_v = A - 2 \times t_f + (t_w + 2r) \times t_f \quad \rightarrow A_v = 4900 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\begin{cases} V_{sd,1} = 268,75 \text{ KN} \\ V_{sd,2} = 38,77 \text{ KN} \end{cases} < V_{pl,rd} = 707,25 \text{ KN}$$

$$V_{sd} < V_{pl,rd} \quad \text{donc la condition est vérifiée}$$

4) Vérification de moment fléchissant et l'effort axial :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$\left[\frac{M_{sd}}{M_{pl,rd}} \right]^1 + \left[\frac{N_{sd}}{N_{pl,rd}} \right]^2 \leq 1$$

a) L'axe (y-y') :

$$M_{y,sd} = 273,39 \text{ KN.m}$$

$$M_{pl,y,sd} = 522,1 \text{ KN.m}$$

N_{sd} : L'effort axial (N=13,5 KN)

$$N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 14280 \times \frac{275}{1,1} = 3570 \text{ KN}$$

$$N_{pl,rd} = 3570 \text{ KN}$$

$$\left[\frac{273,39}{522,1} \right]^1 + \left[\frac{13,5}{3570} \right]^2 = 0,52 < 1 \quad \text{la condition est vérifiée}$$

b) L'axe (z-z') :

$$M_{z,sd} = 38,77 \text{ KN}$$

$$M_{pl,rd} = 200,5 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 13,5 \text{ KN}$$

$$N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 14280 \times \frac{275}{1,1} = 3570000 \text{ N} = 3570 \text{ KN}$$

$$N_{pl,rd} = 3570 \text{ KN}$$

Donc :

$$\left[\frac{38,71}{200,5} \right]^1 + \left[\frac{13,5}{3570} \right]^2 = 0,19 < 1 \quad \text{Donc la condition est vérifiée}$$

5) Vérification au déversement :

Pour cette condition on utilise la condition suivante :

$$M_{sd} \leq M_{b,rd} \dots \dots \dots \text{(EC03 – formule 5.48 page 176)}$$

$$M_{sd} = M_{y,sd} = 273,39 \text{ KN.m}$$

$$M_{b,rd} = \frac{x_{LT} \cdot \beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot F_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\beta_w = 1 \text{ (section de la classe 1)}$$

$$\Phi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 + \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{avec: } x_{LT} \leq 1$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \times [1 + \alpha_{LT} \times (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\alpha_{LT} = 0,21 \text{ (Profilé laminé)}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left[\frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \right] \cdot \sqrt{\beta_w} \quad \text{ET : } \lambda_1 = 93,9\varepsilon = 86,38$$

$$\lambda_{LT} = \left[\frac{0,9K \frac{L}{i_z}}{\sqrt{C_1} \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 \times \frac{1}{20} \times \left(\frac{K \frac{L}{i_z}}{\frac{h}{t_f}} \right)^2 \right]^{0,25}} \right]$$

$$C_1 = 1,132 \quad ; K = 1 \quad ; K_w = 1 \quad ; L = 6 \text{ m}$$

$$\lambda_{LT} = 71,95$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left[\frac{71,95}{86,38} \right] \times \sqrt{1} \rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 0,83$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,83 - 0,2) \pm 0,85]^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,91$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,91 + \sqrt{0,91^2 - 0,83^2}} = 0,77 < 1 \quad \text{Donc la condition est vérifiée.}$$

$$\overline{\lambda_{max}} = \max(\overline{\lambda_y}, \overline{\lambda_z})$$

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{6000}{152} = 39,47$$

$$\lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{6000}{74,3} = 80,75$$

$$\overline{\lambda_y} = \frac{39,47}{86,38} = 0,47$$

$$\overline{\lambda_z} = \frac{80,75}{86,38} = 0,93$$

$$\overline{\lambda_{max}} = (0,41; 0,93) \quad 0,93 > 0,2 \quad \text{La condition est vérifiée.}$$

$$M_{b,rd} = \frac{0,77 \times 1 \times 2080 \times 0,275}{1,1} = 273,39 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = 273,39 \text{ KN.m} < M_{b,rd} = 400,4 \text{ KN.m} \quad \text{La condition est vérifiée.}$$

6) Vérification de la résistance à l'écrasement :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$R_{sd} \leq R_{yRd}$$

Avec :

$$R_{sd} = Q_{max} = 121,42 \text{ KN}$$

$$R_{ysd} = \frac{S_y \cdot t_w \cdot f_{s,w}}{\gamma_{M0}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{t_w} < 69\varepsilon \\ \frac{d}{t_w} < 30\varepsilon\sqrt{K_t} \end{array} \right.$$

$$\sigma_{fEd} = \frac{M_{max}}{W_{ely}} = \frac{175,5}{189} = 9,28 \text{ cm}^2$$

$$S_y = 2(h_R + t_f) \left[1 - \left(\gamma_{M0} \cdot \frac{\sigma_{fEd}}{f_{yf}} \right)^2 \right]^{0,5}$$

$$S_y = 2(7,5 + 1,75) \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1 \times 1 \times 9,28}{27,5} \right)^2 \right)}$$

$$S_y = 17,17 \text{ cm}$$

$$R_{ysd} = 17,17 \times 1 \times \frac{27,5}{1,1} = 429,25 \text{ KN}$$

Donc : $R_{sd} = 121,42 \text{ KN} < R_{yRd} = 429,25 \text{ KN}$ la condition est vérifiée .

7) Vérification de la résistance à l'enfoncement local :

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$F_{sd} < R_{aRd}$$

$$M_{sd} < M_{cRd}$$

Et :

$$\frac{F_{sd}}{R_{aRd}} + \frac{M_{sd}}{M_{cRd}} \leq 1,5$$

Avec :

$$F_{sd} = Q_{r,max} = 121,42 \text{ KN}$$

$$R_{a,Rd} = 0,5 \cdot (t_w)^2 (E \cdot f_{yw})^{0,5} \left[\left(\frac{t_f}{t_w} \right)^{0,5} + 3 \left(\frac{t_w}{t_f} \right) \cdot \left(\frac{S_s}{d} \right) \right] / \gamma_{M1}$$

$$M_{sd} = M_{max} = 175,5 \text{ KN}$$

$$M_{cRd} = W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}$$

$$R_{a,Rd} = 456,95 \text{ KN}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{1890 \times 27,5}{1,1} = 472,5 \text{ KN.m}$$

$$F_{sd} = 121,42 \text{ KN} < R_{a,Rd} = 456,95 \text{ KN} \quad \text{condition vérifiée}$$

$$M_{sd} = 175,5 \text{ K.m} < M_{c,Rd} = 472,5 \text{ KN.m} \quad \text{condition vérifiée}$$

Donc :

$$\frac{121,42}{456,95} + \frac{175,5}{472,5} = 0,63 \leq 1,5 \quad \text{condition vérifiée}$$

8) Vérification de la résistance au voilement :

La résistance de calcul $R_{b,Rd}$ ou voilement d'âme d'un profilé I ou H est déterminé en étudiant le flambement de l'âme considérée comme élément virtuel comprimé.

$$\frac{d}{t_w} = \frac{261}{10} = 26,1 < 30\varepsilon\sqrt{K_t} = 63,77 \quad \text{la condition est vérifiée}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{261}{10} = 26,1 < 69\varepsilon = 63,48 \quad \text{la condition est vérifiée}$$

9) Vérification de la résistance au flambement :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{K_y \times M_{sd,y}}{W_{pl,y} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{K_z \times M_{sd,z}}{W_{pl,z} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\overline{\lambda_{max}} > 0,2 \quad \text{Et} \quad \frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A f_y / \gamma_{M1}} > 0,1$$

La première condition :

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \quad \text{avec} : \lambda_1 = 86,38$$

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{6000}{152} = 39,47 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda} = 0,41$$

$$\lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{6000}{174,3} = 80,75 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda} = 0,93$$

$$\overline{\lambda_{max}} = \max(\overline{\lambda}_y; \overline{\lambda}_z) = 0,93 > 0,2 \quad \text{condition vérifiée}$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A f_y / \gamma_{M1}} > 0,1 \quad \text{Avec} : \chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z)$$

$$N_{sd} = H_{L1} = H_{L2} = 13,5 \text{ KN}$$

Suivant (y-y') :

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}}$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\overline{\lambda}_y - 0,2) + \overline{\lambda}_y^2]$$

$$\frac{h}{b} = \frac{350}{300} = 1,16 < 1,2$$

$$t_f = 17,5 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm} \rightarrow \text{courbe a} \rightarrow \alpha = 0,21$$

$$\phi_y = 0,5[1 + 0,34(0,45 - 0,2) + 0,45^2] = 0,64$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,45^2}} = 0,91$$

$$\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z) \quad \chi_{min} = 0,91$$

Suivant (z-z') :

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}}$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\overline{\lambda}_z - 0,2) + \overline{\lambda}_z^2]$$

$$\frac{h}{b} = \frac{350}{300} = 1,16 < 1,2$$

$$t_f = 17,5 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm} \rightarrow \text{courbe } c \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$\phi_3 = 0,5[1 + 0,49(0,93 - 0,2) + 0,93^2] = 1,11$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,11\sqrt{1,11^2 - 0,93^2}} = 0,58$$

$$\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z) \quad \chi_{min} = 0,58$$

$$\frac{13,5}{0,58 \times 143 \times 10 \times \frac{0,275}{1,1}} = 0,006 < 1$$

VI. CONCLUSION :

Les chemins de roulement sont sollicités par des charges fortes, généralement ponctuelles et mobiles. Le profile **HEA 360** résiste aux différentes charges roulantes verticales, et les charges horizontales, donc on l'adopte comme poutre de roulement, et sur les PDR le Rail (**A65**) du type **BURBACH**.

Chapitre VII : Étude sismique

I. INTRODUCTION :

L'étude sismique est une étape qu'on ne peut négliger dont le but est d'estimer les valeurs caractéristiques les plus défavorables de la réponse sismique et de déterminer Ou de dimensionner les éléments de résistance afin de garantir la sécurité des occupants Et d'assurer la pérennité de l'ensemble de l'ouvrage. La symétrie de notre structure par rapport aux deux plans nous a permet d'appliquer la méthode statique équivalente conformément aux règles parasismiques **RPA99 (corrigé 2003)**.

II. FORCE SISMIQUE CONFORMÉMENT (RPA99.V2003)

1) Règlement de calcul (RPA) :

C'est un document technique réglementaire qui fixe les règles générales de conception et de calculer des structures en zone sismique.

2) Caractéristiques de site :

Catégorie S_3 (site meuble); on retrouve les dépôt épais de sable et graviers moyennement denses ou d'argile moyennement raide caractérisés par une vitesse de l'onde de cisaillement $v_s \geq 200 \text{ m/s}$ à partir de **10 m** de profondeur.

3) Classification de l'ouvrage :

- Classification de la zone sismique : **Bouira zone IIa.**
- L'ouvrage est implanté sur un site qui appartient à la catégorie **S3** (site meuble).
- Le bâtiment étudié est à usage industriel de hauteur de **11,50 m.**
- Le bâtiment étudié est appartient au **Groupe 2.**

4) Choix de la méthode de calcul :

Le règlement **RPA 99 (Version 2003)** propose trois méthodes différentes de calcul :

- Méthode statique équivalente.
- Méthode d'analyse modale spectrale.
- Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes.

5) Conditions d'application de la méthode statique équivalente

- a) Le bâtiment ou bloc étudié satisfaisait aux conditions de régularité en plan et en élévation prescrites au chapitre III paragraphe **3,5** avec une hauteur au plus égale à 65m en zones I et IIa à 30 m en zones IIb et III.

- b) Le bâtiment ou bloc étudié présente une configuration irrégulière tout en respectant, outre conditions de hauteur énoncées en condition a). Pour zone III groupe d'usage 2 si la hauteur est inférieure ou égale 5niveaux ou 17m.

On adapte la méthode statique équivalente :

III. LA MÉTHODE STATIQUE ÉQUIVALENTE :

1) Calcul de l'effort tranchant V à la base :

La force sismique totale V appliquée à la base de la structure doit être calculée successivement dans deux directions horizontale et orthogonale selon la formule :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$$

- **A** : coefficient d'accélération de zone, donnée en fonction de la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment. Donnée par le **(RPA99.Tab4.1 Page37)**.
- **D** : Facteur d'amplification dynamique moyen ; en fonction de la catégorie de site, et de la période fondamentale de la structure (**T**).
- **R** : Coefficient de comportement globale de la structure donné en fonction du système de contreventement.
- **Q** : Facteur de qualité.
- **W** : Poids totale de la structure.

2) Détermination des coefficients de la force sismique totale :

2.1) Coefficient d'accélération de zone IIa, A :

Donné par le **tableau 4.1 RPA99 Page 37**, On le prend selon la zone sismique e la groupe d'usage du bâtiment.

- Zone sismique **IIa**.
 - Groupe d'usage **2**.
- Donc : **A = 0,15**

2.2) Facteur de correction d'amortissement η :

Donné par la formule **(RPA.99 FORMULE 4.3 Page 38)**

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{(2 + \zeta)}} \geq 0,7$$

Ou ζ % : pourcentage d'amortissement critique fonction du matériau constitutif, du type de structure et de l'importance des remplissages donné au **(RPA.99 tab 4.2 Page 38)**

$$\eta = 1$$

Les périodes caractéristique associées à la catégorie de site :

$$T_2 = 0,5 \text{ sec (Site meuble)}$$

2.3) Facteur d'amplification dynamique moyen D :

Le facteur d'amplification dynamique moyen donné en fonction de la catégorie de site, de la facture de correction d'amortissement (η), et de la période fondamentale de la structure (T).

$$D = \begin{cases} 2,5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3\text{sec} \\ 2,5\eta \left(\frac{T_2}{3}\right)^{2/3} \times \left(\frac{3}{T}\right)^{5/3} & T \geq 3\text{sec} \end{cases}$$

Avec :

T_2 : Période caractéristique, associée à la catégorie su site donnée par **(RPA99.Tab4.7 Page 48)**

η : Facture de correction d'amortissement donné par la formule.

$$D = 2,5 \cdot \eta = 2,5 \times 1 = 2,5$$

$$\mathbf{D = 2,5}$$

2.4) Facteur de qualité Q :

Il est fonction de :

- La redondance et de géométrie des éléments qui la constituent.
- La régularité en plan et en élévation.
- La qualité du contrôle de construction.

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^{q=6} p_q \dots \dots \dots \text{(RPA99.Tab4.4 Page 44)}$$

$P_q = 0$ Pour un critère observé.

$P_q = 0,05$ Ou $0,1$ Pour un critère non observé.

On a 3 critères non observés :

- Redondance en plan : $q_1 = 0,05$
- Régularité en plan : $q_2 = 0,05$
- Contrôle de qualité des matériaux : $q_3 = 0,05$
- Contrôle de la qualité de l'exécution : $q_4 = 0,1$

$$Q = 1 + 0,05 + 0,05 + 0,05 + 0,1 = 1,25$$

$$\mathbf{Q = 1,25}$$

2.5) Coefficient de comportement R :

D'après (RPA99 Page 41) les valeurs de R sont représentées dans le tableau (Tab4.3)

- Suivant l'axe OX : portique auto stable ordinaire R = 4
- Suivant l'axe OY : L'ossature contreventement par palée triangulée en X ; R = 4

2.6) La période fondamentale de la structure (T) :

$$T = C_T \times h_N^{3/4} \dots \dots \dots (4.6 \text{ Page } 45)$$

h_N : Hauteur mesurée en mètre de la base de la structure jusqu'au dernier niveau N.

$$h_N = 11,50 \text{ m}$$

C_T : Coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage donné au (Tab 4.6 page 45)

Tab.VII-1 : Valeur de coefficient de C_T

Cas n°	Système de contreventement	C_T
1	Portiques autos table en acier sans remplissage en maçonnerie	0,085

❖ Suivant l'axe OX :

Portique auto-stable en acier avec un remplissage en maçonnerie.

$$C_{T1} = 0,085$$

$$T_X = C_{T1} \times h_N^{3/4} = 0,085 \times 11,50^{3/4} = 0,53$$

❖ Suivant l'axe OY :

Portique auto-stable en acier avec un remplissage en maçonnerie.

$$C_{T2} = 0,05$$

$$T_y = C_{T2} \times h_N^{3/4} = 0,05 \times 11,50^{3/4} = 0,31$$

3) Évaluation de poids pour chaque niveau :

Le poids actif de la structure est soumis au séisme est donné par la formule :

$$w = \sum w_i \quad \text{Avec :} \quad w_i = w_{Gi} + \beta w_{Qi}$$

w_{Gi} : Poids due aux charges permanent de la structure.

w_{Qi} : Charges d'exploitations.

β : Coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation donné par (Tab 4.5page 44). $\beta = 0,50$

Bloc administratif :

➤ Niveau de plancher :

Evaluation des charges permanentes : niveau 1 : h = 5 m

Tab.VII-2 : Poids propre de niveau 1 (plancher)

Profilé	Poids unitaire (Kg/m)	Poids Totale (Kg)
Poteau HEA 320	97,67	17580,6
Poteau intérimaire HEA 200 (estimé)	42,27	2536
Poutre Mitres IPE 500	90,72	23100
Solive IPE 200	22,36	11671,9
(Poutre secondaire) IPE 200	22,36	2683,2
Stabilité 2 CAE 70*7	14,76	1384
Potelet IPE 330	49,17	1180
Plancher	/	244800
Cloison (Brique 10 cm)	3	40200
SOMME	/	345135,7

➤ Niveau de toiture :

Evaluation des charges permanente : niveau 2 : h = 11,50 m

Tab.VII-3 : Poids propre de niveau 2 (toiture)

Profilé	Poids unitaire (KN/m)	Poids totale (Kg)
Panne IPE 160	15,78	13252
Ferme IPE 500	90,72	23100
Contreventement 2 CAE 70*7	14,76	3219
Sablère HEA 140	24,67	2369
Lisse long pan UPN 140	16,02	4806
Lisse pignon UPN 140	16,02	6536
Couverture TN 40	17	36074
SOMME	/	89357

➤ Poids totale de la structure :

Evaluation des charges variables.

Tab.VII-4 : Poids de structure par niveau avec charges variables

Niveau	$W_{GI}(Kg)$	$W_{OI}(Kg)$	$\beta \cdot W_{OI}(Kg)$	$W_K(KN)$
1	345135,7	250	125	3452,607
2	89357	200	100	89457
Poids totaux de structure				4347,177

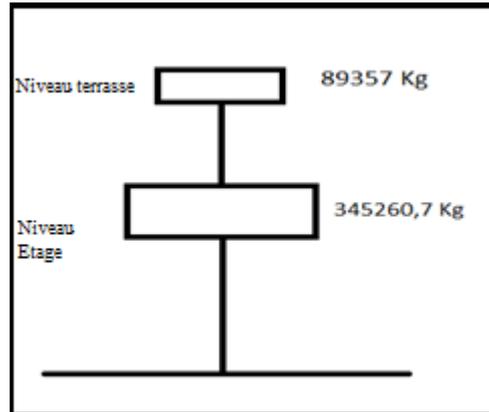


Fig.VI- 2 : Répartition des poids par niveau (bloc administratif)

- **Sens transversal :**

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \times W = \frac{0,15 \times 2,5 \times 1,25}{4} \times 4347,177 = 509,44 \text{ KN}$$

La force sismique globale agissant à la base : $V = 509,44 \text{ KN}$

- **Sens longitudinale :**

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \times W = \frac{0,15 \times 2,5 \times 1,25}{4} \times 4347,177 = 509,44 \text{ KN}$$

La force sismique globale agissant à la base : $V = 509,44 \text{ KN}$

- **Atelier :**

- **Niveau de pont roulant :**

Evaluation des charges parmanetes : niveau 1 : $h = 7,3 \text{ m}$

Tab.VII-5 : Poids propre de niveau 1 (pont roulé)

Profilé	Poids unitaire (Kg/m)	Poids totale (Kg)
Poteau HEA 340	104,41	1345,28
Sablière HEA 140	24,67	14212
PDR HEA 360	112,11	43450
Pont	2 × 10 T	32000
Poteles IPE 330	49,17	2871,53
Rail	A65	16550,4
Lisse de bardage UPN 140 longpan	16,02	1135,42
Lisse de bardage UPN 140 pignon	16,02	961,2
Couverture TN 40	17	69360
Stabilité 2 CAE 80*8	19,27	2186
SOMME	/	182206,2

➤ Niveau de toiture :

Evaluation des charges permanente : niveau 2 : h = 11,50 m

Tab.VII-6 : Poids propre de niveau 2 (toiture)

Profilé	Poids unitaire(Kg/m)	Poids totale
Ferme IPE 500	90,72	69237,5
Lisse de bardage UPN 140 Logpan	16,02	1025,3
Lisse de bardage UPN 140 pignon	16,02	320,4
Poteles IPE 330	49,17	2081
Sablière HEA 140	24,67	7106
Stabilité 2 CAE 80*8	19,27	231,24
Couverture TN 40	17	11543,7
SOMME	/	91545,2

➤ Poids totale de la structure :

Evaluation des charges variable

Tab.VII-7 : Poids de la structure par niveau avec charges variables

Niveau	$W_{GI}(Kg)$	$W_{QI}(Kg)$	$\beta \cdot W_{QI}(Kg)$	$W_K(KN)$
1	182206,2	20000	10000	1922,032
2	91545,2	200	100	916,452
			Poids totaux de structure	2838,484

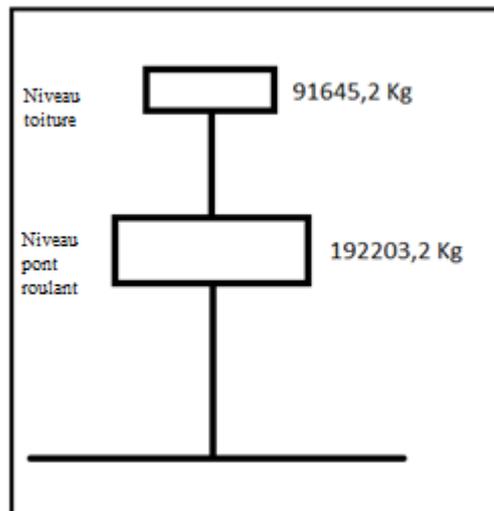


Fig.VII-3 : Répartition des poids par niveau (Atelier)

- Sens transversal :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \times W = \frac{0,15 \times 2,5 \times 1,25}{4} \times 2838,484 = 332,63 \text{ KN}$$

La force globale agissant à la base : $V = 332,63 \text{ KN}$

- Sens longitudinal :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \times W = \frac{0,15 \times 2,5 \times 1,25}{4} \times 2838,484 = 332,63 \text{ KN}$$

La force globale à la base : $V = 332,63 \text{ KN}$

IV. DISTRIBUTION DE LA FORCE SISMIQUE :

1) Combinaison de réponses modale :

✚ Bloc administratif

L'effort sismique la base est :

$$V_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n V_i^2}$$

- Suivant l'axe OX :

$$V_{tx} = \sqrt{(62884,826)^2} = 62884,826 \text{ KN}$$

- Suivant l'axe OY :

$$V_{ty} = \sqrt{(60822,091)^2} = 60822,091 \text{ KN}$$

Atelier

Suivant l'axe OX :

$$V_{tx} = \sqrt{(39025,806)^2} = 39025,806 \text{ KN}$$

Suivant l'axe OY :

$$V_{ty} = \sqrt{(37641,64)^2} = 37641,64 \text{ KN}$$

2) Distribution des forces latérales :

La force latérale totale V doit être distribuée sur la hauteur de la structure.

Suivant la formule :

$$V_t = F_t + \sum_{i=1}^h F_i$$

F_t : La force concentrée au sommet de la structure est donnée par :

$$F_t = 0,07 \times T \times V_i \text{ Pour } T \geq 0,7s$$

$$F_t = 0 \text{ pour } T = 0,48s \leq 0,7s$$

La partie restante de l'effort horizontal V doit être répartie sur la hauteur de la structure

Suivant la formule :

$$F_i = \frac{V \times w_i h_i}{\sum_{i=1}^n W_j h_j}$$

F_i : L'effort au niveau considéré « i »

W_i : Poids de niveau « i »

$$F_t = 0$$

Bloc administratif

➤ Suivant l'axe OX :

Tab.VII-8 : Force sismique transversale de chaque niveau

Niveau	$h_i(m)$	$W_i(Kg)$	$W_i \cdot h_i$	$V_{tx}(KN)$	$F_i(KN)$
1	5	3455260,7	17276303,5	62884,826	59350,656
2	11,50	89457	1028755,5	62884,826	3534,165

➤ Suivant l'axe OY :

Tab.VII-9 : Force sismique longitudinale de chaque niveau

Niveau	$h_i(m)$	$W_i(Kg)$	$W_i \cdot h_i$	$V_{tx}(KN)$	$F_i(KN)$
1	5	345260,7	17276303,5	60822,091	57403,852
2	11,50	89457	1028755,5	60822,091	34186,376

Atelier

➤ Suivant l'axe OX :

Tab.VII-10 : Force sismique transversale de chaque niveau

Niveau	$h_i(m)$	$W_i(Kg)$	$W_i \cdot h_i$	$V_{tx}(KN)$	$F_i(KN)$
1	7,3	192203,2	1403083,36	39025,806	2229,779
2	11,50	91645,2	1053919,8	39025,806	16740,886

➤ Suivant l'axe OY :

Tab.VII-11 : Force sismique longitudinale de chaque niveau

Niveau	$h_i(m)$	$W_i(Kg)$	$W_i \cdot h_i$	$V_{tx}(KN)$	$F_i(KN)$
1	7,3	192203,2	1403083,36	37641,64	21495,437
2	11,50	91645,2	1053919,8	37641,64	16146,202

V. REPARTITION DE LA FORCE SISMIQUE SUR LES ÉTAGES

Atelier :

❖ Répartition des efforts entre les portiques :

Cette répartition essentiellement de l'excentricité.

➤ Centre de masse :

Les coordonnées du centre de masse $C_g(X_g, Y_g, Z_g)$ sont données par la formule suivante :

$$\begin{cases} X_g = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} \\ Y_g = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i} \end{cases}$$

Pour notre projet on a les coordonnées suivantes de centre de gravité :

Pour niveau 1 :

$$X_g = 21 \text{ m}$$

$$Y_g = 45,15 \text{ m}$$

Pour niveau 2 :

$$X_g = 21 \text{ m}$$

$$Y_g = 47,1 \text{ m}$$

➤ **Centre de torsion :**

Les coordonnées du centre de torsion $C_t(X_t, Y_t, Z_t)$ sont données par la formule suivante :

$$\begin{cases} X_t = \frac{\sum I_{xi} \times x_i}{\sum I_{xi}} \\ Y_t = \frac{\sum I_{yi} \times y_i}{\sum I_{yi}} \end{cases}$$

Pour niveau 1 :

$$X_t = 21 \text{ m}$$

$$Y_t = 47,8 \text{ m}$$

Pour niveau 2 :

$$X_t = 21 \text{ m}$$

$$Y_t = 47,91 \text{ m}$$

➤ **Excentricité :**

Les excentricités théoriques sont données par la relation suivante :

$$\begin{cases} e_x = X_g - X_t \\ e_y = Y_g - Y_t \end{cases}$$

Pour niveau 1 :

$$\begin{cases} e_x = X_g - X_t = 15 - 15 = 0 \\ e_y = Y_g - Y_t = 45,15 - 47,8 = -2,65 \end{cases}$$

Pour niveau 2 :

$$\begin{cases} e_x = X_g - X_t = 0 \\ e_y = Y_g - Y_t = -0,8 \end{cases}$$

Le RPA99 v2003 limité l'excentricité accidentelle à une de valeur de 5 % de la plus grande dimension de la structure, donc on va prendre comme excentricité accidentelle la valeur maximale des deux valeurs et 5 % de la grande dimension (RPA99 v 2003 §4.2.7P.33)

$$\begin{cases} e_{xth} = 5\% \times L_x = 2,1 \text{ m} \\ e_{yth} = 5\% \times L_y = 4,8 \text{ m} \end{cases}$$

$$L_x = 42 \text{ m} ; L_y = 96 \text{ m}$$

DONC : L'excentricité sera prise égale :

Pour niveau 1 :

$$e = \begin{Bmatrix} e_x \\ e_y \end{Bmatrix} = \text{MAX} \left\{ \begin{array}{l} \begin{Bmatrix} e_{tx} = 0 \\ 5\%[45] = 2,1 \end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix} e_{ty} = -2,65 \\ 5\%[96] = 4,8 \end{Bmatrix} \end{array} \right\} = \begin{Bmatrix} e_x = 2,1 \text{ m} \\ e_y = 4,8 \text{ m} \end{Bmatrix}$$

Pour niveau 2 :

$$e = \begin{Bmatrix} e_x \\ e_y \end{Bmatrix} = \text{MAX} \left\{ \begin{array}{l} \begin{Bmatrix} e_{tx} = 0 \\ 5\%[42] = 2,1 \end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix} e_{ty} = -0,8 \\ 5\%[96] = 4,8 \end{Bmatrix} \end{array} \right\} = \begin{Bmatrix} e_x = 2,1 \text{ m} \\ e_y = 4,8 \text{ m} \end{Bmatrix}$$

La force sismique appliquée au niveau de chaque étage, suivant les directions (O_x, O_y), se répartie sur le système de contreventement et sur les portiques auto stable respectivement.

Cette répartition est basée sur le principe suivant :

- ✓ L'élément le plus rigide et le plus lion du centre de torsion prend le pourcentage le plus grand de l'effort sismique. La distribution des forces sismiques se faites a l'aide de la formule suivante :

$$F_i^k = F_i \times \left[\left(\frac{I_i}{\sum I_i} \right) + \left(\frac{e \times I_i \times d_i}{\sum I_i \times d_i^2} \right) \right]$$

Avec :

- ✓ F_i^k : La force sismique qui revient à la file (k) du niveau i.
- ✓ $\frac{F_k \times I_i}{\sum I_i}$: contribution due à la translation.
- ✓ $\frac{F_k \times e \times I_i \times d_i}{\sum I_i \times d_i^2}$: contribution due à la rotation.
- ✓ d_i : La distance entre la file i et le centre de torsion suivant la direction (xx ou yy).

⇒ Répartition des forces sur l'axe (Ox/Oy).

SENS PIGNON (OX) :

On a :

Niveau 1 :

$$F_i = 322,62 \text{ KN} \quad ; \quad e_y = 4,8$$

Niveau 2 :

$$F_i = 142,4 \text{ KN} \quad ; \quad e_y = 4,8$$

$$\frac{I_i}{\sum I_i} = 0,11 \quad ; \quad \sum I_i \times d_i^2 = 0,033 \times 0,57 = 0,018$$

Tab.VII-12 : Distribution des forces sismique sur les files

File	I_i (m)	d_i (m) Niv 1	d_i (m) Niv 2	Niv 1	Niv 2
1	HEA 340	23,8	23,91	55,34	23,14
2	HEA 340	17,8	17,91	50,69	21,29
3	HEA 340	11,8	11,91	46,05	19,43
4	HEA 340	5,8	5,81	41,40	17,58
5	HEA 340	0,2	0,09	37,07	15,78
6	HEA 340	6,2	6,09	41,71	17,64
7	HEA 340	12,2	12,09	46,20	19,49
8	HEA 340	18,2	18,09	51,00	21,34
9	HEA 340	24,2	24,08	55,64	23,19

SENS LONG PAN (Oy) :

On a :

$$e_x = 48,21 \quad ; \quad I_z = 0,7436 \times 10^{-4}$$

Les forces de niveau :

$$F_1 = 332,62 \text{ KN}$$

$$F_2 = 142,4 \text{ KN}$$

Fig.VII-13 : Distribution des forces sismique sur les files

Fils	I_i	d_i (m)	Niv 1	Niv 2
1	HEA 340	21	127,75	54,55
2	HEA 340	0	109,77	46,99
3	HEA 340	21	127,75	54,55

Bloc administratif

❖ Répartition des efforts entre les portiques :

Cette répartition essentiellement de l'excentricité.

➤ Centre de masse :

Les coordonnées du centre de masse $C_g(X_g, Y_g, Z_g)$ sont données par la formule suivante :

$$\begin{cases} X_g = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} \\ Y_g = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i} \end{cases}$$

Pour notre projet on a les coordonnées suivantes de centre de gravité :

Pour niveau 1 :

$$X_g = 30,62 \text{ m}$$

$$Y_g = 15,44 \text{ m}$$

Pour niveau 2 :

$$X_g = 21,50 \text{ m}$$

$$Y_g = 14,94 \text{ m}$$

➤ Centre de torsion :

Les coordonnées du centre de torsion $C_t(X_t, Y_t, Z_t)$ sont données par la formule suivante :

$$\begin{cases} X_t = \frac{\sum I_{xi} \times x_i}{\sum I_{xi}} \\ Y_t = \frac{\sum I_{yi} \times y_i}{\sum I_{yi}} \end{cases}$$

Pour niveau 1 :

$$X_t = 19,28 \text{ m}$$

$$Y_t = 14,90 \text{ m}$$

Pour niveau 2 :

$$X_t = 19,16 \text{ m}$$

$$Y_t = 15,10 \text{ m}$$

➤ **Excentricité :**

Les excentricités théoriques sont données par la relation suivante :

$$\begin{cases} e_x = X_g - X_t \\ e_y = Y_g - Y_t \end{cases}$$

Pour niveau 1 :

$$\begin{cases} e_x = X_g - X_t = 30,62 - 19,28 = 11,34 \\ e_y = Y_g - Y_t = 15,44 - 14,90 = 0,54 \end{cases}$$

Pour niveau 2 :

$$\begin{cases} e_x = X_g - X_t = 21,5 - 19,16 = 2,34 \\ e_y = Y_g - Y_t = 14,94 - 15 = -0,06 \end{cases}$$

Le RPA99 v2003 limite l'excentricité accidentelle à une valeur de 5 % de la plus grande dimension de la structure, donc on va prendre comme excentricité accidentelle la valeur maximale des deux valeurs et 5 % de la grande dimension (RPA99 v 2003 §4.2.7P.33)

$$\begin{cases} e_{xth} = 5\% \times L_x = 2,1 \text{ m} \\ e_{yth} = 5\% \times L_y = 1,5 \text{ m} \end{cases}$$

DONC : L'excentricité sera prise égale :

Pour niveau 1 :

$$e = \begin{Bmatrix} e_x \\ e_y \end{Bmatrix} = \text{MAX} \left\{ \begin{array}{l} \begin{Bmatrix} e_{tx} = 0 \\ 5\%[45] = 2,1 \end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix} e_{ty} = -2,65 \\ 5\%[96] = 4,8 \end{Bmatrix} \end{array} \right\} = \begin{Bmatrix} e_x = 11,34 \text{ m} \\ e_y = 1,5 \text{ m} \end{Bmatrix}$$

Pour niveau 2 :

$$e = \begin{Bmatrix} e_x \\ e_y \end{Bmatrix} = \text{MAX} \left\{ \begin{array}{l} \begin{Bmatrix} e_{tx} = 0 \\ 5\%[42] = 2,1 \end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix} e_{ty} = -0,8 \\ 5\%[96] = 4,8 \end{Bmatrix} \end{array} \right\} = \begin{Bmatrix} e_x = 2,34 \text{ m} \\ e_y = 1,5 \text{ m} \end{Bmatrix}$$

La force sismique appliquée au niveau de chaque étage, suivant les directions (O_x, O_y), se répartie sur le système de contreventement et sur les portiques auto stable respectivement.

Cette répartition est basée sur le principe suivant :

- ✓ L'élément le plus rigide et le plus loin du centre de torsion prend le pourcentage le plus grand de l'effort sismique. La distribution des forces sismiques se fait à l'aide de la formule suivante :

$$F_i^k = F_i \times \left[\left(\frac{I_i}{\sum I_i} \right) + \left(\frac{e \times I_i \times d_i}{\sum I_i \times d_i^2} \right) \right]$$

Avec :

- ✓ F_i^k : La force sismique qui revient à la file (k) du niveau i.
- ✓ $\frac{F_k \times I_i}{\sum I_i}$: contribution due à la translation.
- ✓ $\frac{F_k \times e \times I_i \times d_i}{\sum I_i \times d_i^2}$: contribution due à la rotation.
- ✓ d_i : La distance entre la file i et le centre de torsion suivant la direction (xx ou yy).

SENS PIGNON (Ox) :

$e_y = 1,5$ Pour :

Niveau 1 et 2 $I_{y(HE320)} = 2,29828 \times 10^{-4}$

Les forces de chaque niveau :

$$F_1 = 509,49 \text{ KN} \quad , \quad F_2 = 190,15 \text{ KN}$$

Tab.VII-14 : distribution des forces sismique sur les files.

File	I_i	$d_i(m)$		Niv 1	Niv 2
		Niv 1	Niv 2		
1	I (HEA 320)	15,44	14,94	104,8	38,96
2	I (HEA 320)	9,44	8,94	96,56	35,99
3	I (HEA 320)	3,44	2,94	88,94	33,02
4	I (HEA 320)	2,56	3,06	87,94	33,08
5	I (HEA 320)	8,56	9,06	95,44	36,05
6	I (HEA 320)	14,56	15,06	103,06	39,02

$$\frac{I}{\sum I_z} = 0,166 \quad ; \quad \sum I \times D^2 \begin{cases} \text{Niv 1} = 0,138 \\ \text{Niv 2} = 0,132 \end{cases}$$

SENS LONG PAN

$$I_z = 6,988 \times 10^{-4}$$

$$\begin{cases} \text{Niv 1} = e_x = 11,34 \\ \text{Niv 2} = e_x = 2,34 \end{cases}$$

Les faces de chaque niveau :

$$F_1 = 509,49 \text{ KN} \quad ; \quad F_2 = 190,15 \text{ KN}$$

Tab.VII-15 : *Distribution des forces sismique sur les files*

File	I_i	$d_i(m)$		Niv 1	Niv 2
		Niv 1	Niv 2		
1	HEA 320	30,62	21,5	99,1	39,89
2	HEA 320	0	0	0	0
3	HEA 320	11,32	20,5	95,05	37,00

VI. CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons déterminer les efforts sismique maximum qui agissant sur notre structure lors d'un séisme, les efforts obtenus dans ce chapitre serrant utilisés pour le dimensionnement des portiques et des contreventements.

Chapitre VIII : Stabilité et contreventement

I. INTRODUCTION :

Les contreventements sont des dispositifs conçus pour reprendre les efforts dus au vent, séisme, freinage longitudinale du pont roulant et les acheminer vers les fondations. Ils sont disposés en toiture, dans le plan des versants (poutre au vent), et en façade (palées de stabilité).

Les stabilités peuvent avoir différentes formes et elles peuvent être, en X, en K, en V ou en V inversé.

Pour notre hangar on a utilisé des palées de stabilité en X et des poutres au vent en X.

- **Sens longitudinale** : dans ce sens la stabilité verticale est assurée par des palées de stabilités.
- **Sens transversale** : dans ce sens la stabilité verticale est assurée par des portique auto-stable ordinaires.
- **Toiture** : la stabilité de toiture est assurée par des poutre au vent.

II. CONTREVENTEMENT DE TOITURE (POUTRE AU VENT) :

Définition : les contreventements sont disposés généralement suivant les versant de la toiture comme le montre la figure ci-dessous. Ils sont placés dans les travées de rive, leur diagonale sont généralement formées de cornières qui sont fixées sur les traverses. Leur rôle est de reprendre les efforts du vent en pignon et de transmettre aux palées de stabilité :

La figure représente un versant des poutres au vent Bloc administratif et l'atelier (elle sont symétriques)

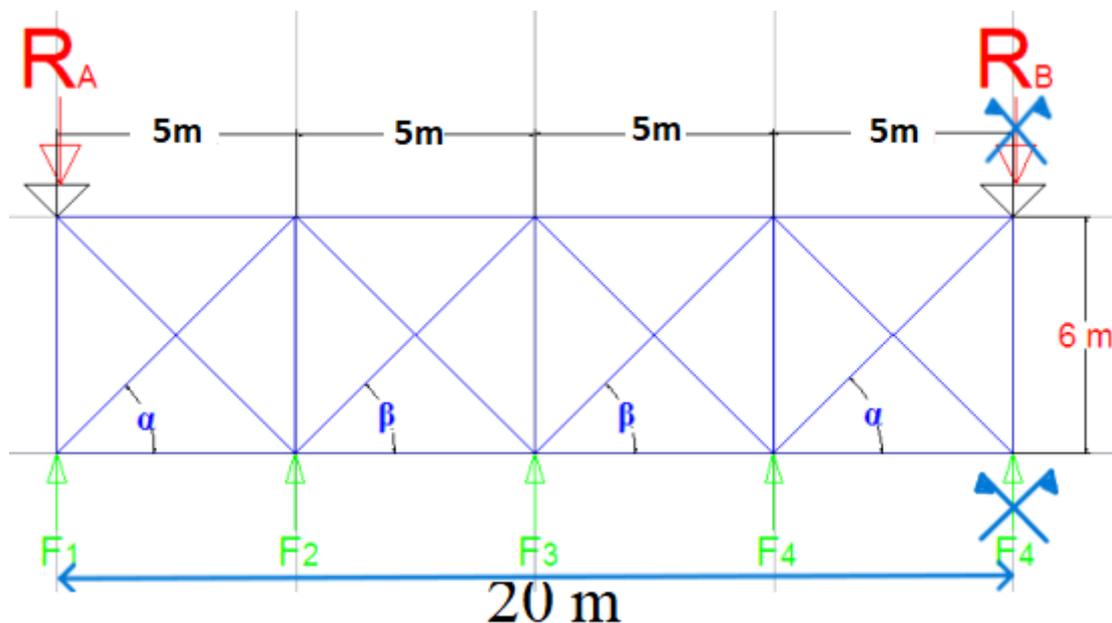


Fig.VIII-1 : Schéma des poutres au vent.

1) Evaluation des efforts horizontaux :

On a : $F_i = (V_e \times S_i) + \frac{F_{fr}}{n}$ Avec : $i = 1, 2, \dots, 5$ (RNV99.V2003Page44[f.2.9])

V_e : Vent extrême suivant le pignon $V_e = 0,96 \text{ KN/m}^2$

S_i : La surface sous le vent.

F_{fr} : Force de frottement.

2) Les forces de frottement :

Dns le cas des structures allongées, ou élancées ; on tient compte d'une force complémentaire due au frottement qui s'exerce sur parois parallèle à la direction du vent dans le cas ou lune des condition suivantes est vérifiée.

$$\frac{d}{b} \geq 3; \text{ ou } \frac{d}{h} \geq 3$$

Avec :

d : Dimension (en m) de la construction // au vent.

b : Dimension (en m) de la construction \perp au vent.

h : Hauteur (en m) de la construction.

$$\frac{d}{b} = \frac{96}{42} = 2,28 < 3 \quad \text{ET} \quad \frac{d}{h} = \frac{96}{11,5} = 8,34 > 3$$

L'une des conditions est vérifiée donc on va considérer les forces de frottement.

Donc notre cas l'état de surfaces est très rugueux (ondulation, perpendiculaire au vent nervure...) $\rightarrow C_f = 0,04$

Dans la toiture :

$$S_f = 96 \times 42,4 + 4070,4 \text{ m}^2$$

$$F_{fr} = q_{dy} \times C_{fr} \times S_{fr} = 1,05 \times 0,04 \times 4070,4 = 170,95 \text{ KN}$$

Dans la paroi verticale :

$$S_f = 96 \times 10 \times 2 = 1920 \text{ m}^2$$

$$F_{fr} = q_{dy} \times C_{fr} \times S_{fr} = 1 \times 0,04 \times 1920 = 76,8 \text{ KN}$$

Donc la force de frottement est :

$$F_{fr} = 76,8 + 170,94 = 247,74 \text{ KN}$$

$$S_i = h_i \times \frac{t_i}{2} \quad \text{Avec} \quad t_1 = 5,3 \quad t_2 = 5,3$$

$$- S_1 = 10 \times \frac{5,3}{2} = 26,5 \text{ m}^2$$

- $S_2 = 10,75 \times \frac{5,3+5,3}{2} = 56,97 \text{ m}^2$
- $S_3 = 11,5 \times \frac{5,3+5,3}{2} = 62,27 \text{ m}^2$
- $F_1 = (V_e \times S_1) + \frac{F_{fr}}{n} = (0,95 \times 26,5) + \frac{247,74}{16} = 40,65$
- $F_2 = (V_e \times S_1) + \frac{F_{fr}}{n} = (0,95 \times 56,97) + \frac{247,74}{16} = 69,60$
- $F_3 = (V_e \times S_1) + \frac{F_{fr}}{n} = (0,95 \times 62,27) + \frac{247,74}{16} = 74,64$

3) Calcul des réactions :

$$\sum F_{ext} = 0$$

$$R_A + R_B + \frac{2F_1 + 2F_2 + 2F_3}{2} = \frac{40,65 + 69,6 + 74,64}{2} = 184,89 \text{ KN}$$

4) Calcul des efforts dans les diagonales

$$\cos \alpha = \frac{6}{5,3} = 1,13 \rightarrow \alpha = 48,54^\circ$$

Les efforts internes :

Nœud 1 :

$$\begin{cases} y \rightarrow -R_A - F_{12} = 0 \\ X \rightarrow F_{13} \end{cases} \rightarrow F_{12} = -147,55 \text{ KN}$$

Nœud 2 :

$$\begin{cases} y \rightarrow F_1 + F_{21} + F_{23} \cdot \sin \alpha = 0 \\ X \rightarrow F_{24} + F_{23} \cdot \cos \alpha = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} F_{23} &= 251,15 \text{ KN} \\ F_{24} &= 166,28 \text{ KN} \end{aligned}$$

Nœud 3 :

$$\begin{cases} y \rightarrow -F_{34} - F_{32} \cdot \sin \alpha = 0 \\ X \rightarrow F_{35} - F_{31} - F_{32} \cdot \cos \alpha = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} F_{34} &= -152,13 \text{ KN} \\ F_{35} &= 166,28 \text{ KN} \end{aligned}$$

Nœud 4 :

$$\begin{cases} y \rightarrow F_2 + F_{23} + F_{45} \times \sin \beta = 0 \\ X \rightarrow F_{46} - F_{42} + F_{45} \cdot \cos \beta = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} F_{45} &= -295,56 \text{ KN} \\ F_{46} &= 29,60 \text{ KN} \end{aligned}$$

D'après la méthode d'isolation des méthodes, la diagonale la plus sollicitée est D_2

Avec : $N_{sd} = 295,86 \text{ KN}$

5) Prédimensionnement des diagonales :

$$N_{sd} = 295,86 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{avec } \gamma_{M0} = 1,1$$

$$A \geq \frac{N_{sd} \times \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{295,86 \times 1,1}{27,5} = 10,76 \text{ cm}^2$$

Donc on prend une cornière (CAE 90×8) avec une section de boulant $\varnothing = 13,8 \text{ mm}$ et classe de 8.8

6) Vérification des diagonales a la traction :

✓ Les diagonales tendues doivent résister en vérifiée la condition suivante :

$$N_{sd} \leq N_{t,Rd}$$

$$N_{sd} = 295,36 \text{ KN}$$

$$N_{t,Rd} = \min[N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd} ; N_{net,Rd}]$$

- $N_{p,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$
- $N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}}$
- $N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \times f_y}{\gamma_{M0}}$

Avec : $\gamma_{M0} = 1,1$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{net} = A - (e \times d_0) = 13,30 - (0,9 \times 2) = 12,7 \text{ cm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13,80 \times 27,5}{1,1} = 345 \text{ KN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 12,7 \times 43}{1,25} = 371,52 \text{ KN}$$

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{12 \times 27,5}{1,1} = 300 \text{ KN}$$

$$N_{t,Rd} = \min[N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd} ; N_{net,Rd}] = \min [345 ; 371,51 ; 300]$$

$$N_{t,Rd} = 300 > N_{sd} = 295,86 \text{ KN}$$

Donc la traction est vérifiée pour les diagonales.

Alors la cornière (CEA90*8) est vitrifiée comme diagonale pour la poutre au vent.

III. ÉTUDE DES PALEES DE STABILITÉ :

Les palées de stabilité doivent reprendre les efforts de vent sur pignons ou les efforts de séisme transmis par le contreventement des versant (pout au vent) on ne fait travailler que les diagonales tendues, comme dans le cas de la poutre au vent.

Dans ce sens la stabilité verticale est assurée par des palées de stabilité en X

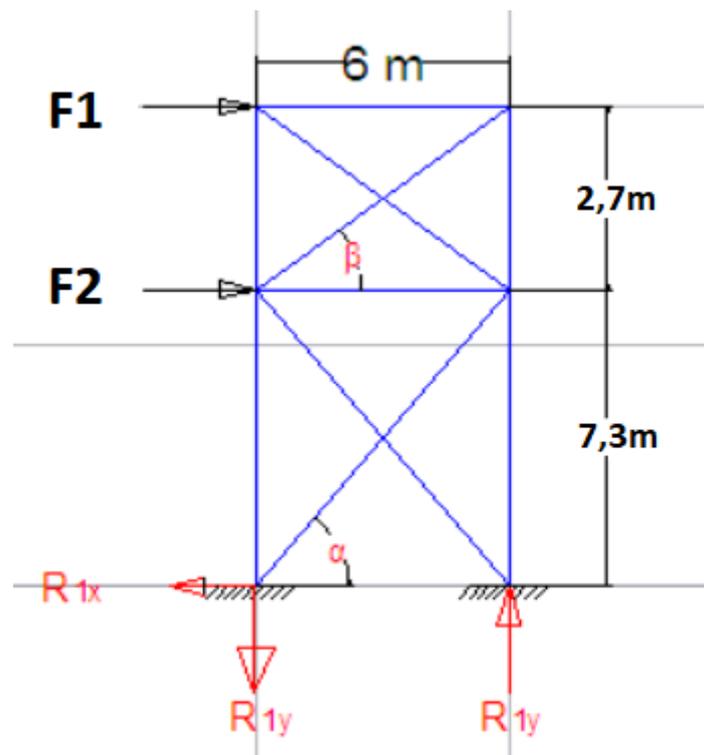


Fig.VIII-2 : Dimensions de la palée de stabilité (Atelier).

Atelier :

1) Calcul d'angle et de longueur de diagonale :

$$D_1 \begin{cases} \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{2,7}{6} \right) = 24,22^\circ \\ D = 6,58 \text{ m} \end{cases}$$

$$D_2 \begin{cases} \beta = \tan^{-1} \left(\frac{7,3}{6} \right) = 50,58^\circ \\ D = 9,45 \text{ m} \end{cases}$$

2) Evaluation des forces horizontales :

L'effort horizontale qui agit sur la structure est :

- ✓ L'effort sismique.

- ✓ L'effort horizontale longitudinale du pont roulant H_l
- ✓ La réaction de la poutre au vent.

$$F_1 = 1,25 \times E_{y1} = 1,25 \times 127,75 = 159,68 \text{ KN}$$

$$F_2 = 1,25 \times E_{y2} + H_{Ll} = 1,25 \times 54,55 + 13,5 = 81,68 \text{ KN}$$

$$R_B = 147,57 \text{ KN}$$

Avec :

H_{Ll} : L'effort horizontale longitudinale de pont roulant.

E_{y1} : c'est la force sismique au niveau (1) ; au niveau de plancher.

E_{y2} : c'est la force sismique u niveau (2)

R_B : c'est la réaction aux poutres au vent

Le cas le plus défavorable est : $F = 147,75 \text{ KN}$

3) Calcul les réactions :

$$\sum F/x = 0 \rightarrow R_x = F_1 + F_2 = 241,36 \text{ KN}$$

$$\sum M/x = 0 \rightarrow 6,58F_1 + 9,45F_2 = 6R_{y2}$$

$$R_{y2} = \frac{6,58F_1 + 9,45F_2}{6}$$

$$R_{y2} = 303,76 \text{ KN}$$

$$\sum F/y = R_{y1} = -R_{y2} = -303,76 \text{ KN}$$

4) Calcul des efforts intérieurs :

$$N_{sd} \times \cos\alpha = F_1 + F_2 = R_{1x}$$

$$N_{sd} = \frac{R_{1x}}{\cos\beta} = \frac{241,36}{\cos 24,22} = 450,7 \text{ KN}$$

5) Prédimensionnement des diagonales :

$$N_{sd} = 380,09 \text{ KN}$$

Avec :

$$N_{sd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} \text{ AVEC } \gamma_{M0} = 1,1$$

$$A \geq \frac{N_{sd} \times \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{380,09 \times 1,1}{27,5} = 15,20 \text{ KN}$$

Donc pour le palière de stabilité en prendre des double cornière DCED 80*8 ; $A = 18,8 \text{ cm}^2$

Avec des boulons 16 cm et de classe 10,9

Donc $d_0 = 16 \text{ cm}$

6) Vérification des diagonales a la traction :

Il faut vérifier que : $N_{sd} \leq N_{t,Rd} \dots \dots \dots$ (ER 3 ; F. 5.3, Page 154)

$$N_{sd} = 380,09 \text{ KN}$$

Avec :

$$N_{t,Rd} = \min[N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd} ; N_{net,Rd}]$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{AVEC } \gamma_{M0} = 1,1$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{22,9 \times 27,5}{1,1} = 572,5 \text{ KN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \times A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$A_{net} = 20,34 \times \frac{27,5}{1,1} = 508,5 \text{ KN}$$

$$N_{t,Rd} = \min[572,5 ; 629,8 ; 508,5 ; 2]$$

$$N_{t,Rd} = 502,5 \text{ KN} > N_{sd} = 380,69 \text{ KN}$$

✚ Bloc administratif :

1) Calcul les diagonales :

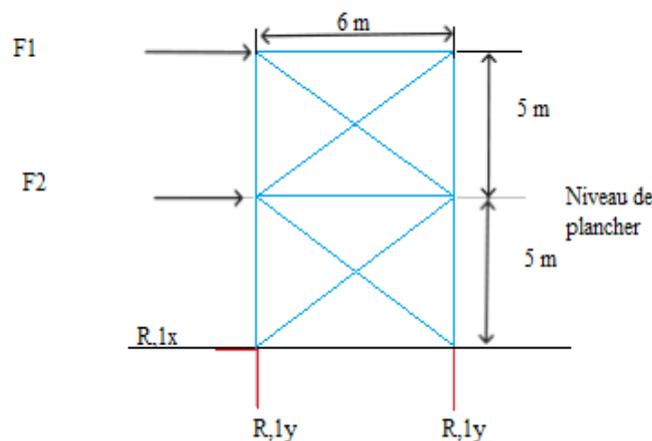


Fig.VIII-2 : dimension de la palée de stabilité (Bloc administratif)

$$\begin{cases} \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{5}{6}\right) = 39,80^\circ \\ D = 7,81 \end{cases}$$

$$\text{L'effort sismique : } \begin{cases} F_3 = 249,33 \text{ KN} \\ F_2 = 32,60 \text{ KN} \end{cases}$$

La réaction de la poutre au vent : $R_B = 147,87 \text{ KN}$

$$F_A = 1,25 \times (249,33 + 32,60) = 352,41 \text{ KN}$$

$$F_B = \max[2R_B ; 1,25F_A] = [295,14 ; 311,66]$$

$$R_B = 311,66 \text{ KN}$$

2) Calcul les réactions :

$$\sum F/x = 0 \rightarrow R_{1x} = F_a + F_b = 644,07 \text{ KN}$$

$$\sum M/x = 0,5 \rightarrow F_a + 4F_b + F_b = 6R_{2,y}$$

$$R_{2,y} = \frac{5F_a + 4F_b}{6} = 501,44 \text{ KN}$$

$$R_{1,y} = -R_{2,y} = -501,44 \text{ KN}$$

3) Calcul l'effort de traction dans les diagonales :

$$N_{sd} \times \cos\alpha = F_a + F_b = R_{1x}$$

$$N_{sd} = \frac{R_{1,x}}{\cos\alpha} = 864,35 \text{ KN}$$

4) Vérification les diagonales à la traction :

La diagonale la plus sollicité : $N_{sd} \leq N_{pl.Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} \geq \frac{\gamma_{M0} \times N_{sd}}{f_y}$

$$A \geq \frac{1,1 \times 864,35}{27,5} = 36,99 \text{ cm}^2$$

On prendra une double cornière **DCEA100×100×10** DE SECTION 19,1

Avec : des boulons de $\varnothing = 20 \text{ mm}$

✓ Les diagonales tendues doivent résister en vérifiant la condition suivante :

$$N_{sd} \leq N_{t.Rd} \dots \dots \dots (EC03. pAGE 154)$$

- $N_{sd} = 864,35 \text{ KN}$
- $N_{t.Rd} = \min[N_{pl.Rd} ; N_{u.Rd} ; N_{net.Rd}]$

- $N_{pl.Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$
- $N_{u.Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$

$$\bullet N_{net.Rd} = \frac{A_{net} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

Avec :

$$A_{net} = 2A - 2 \cdot (e \times d_0) = 38,2 - 2 \times (1 \times 2) = 34,2 \text{ cm}^2$$

$$N_{pl.Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{38,2 \times 27,5}{1,1} = 95 \text{ KN}$$

$$N_{pl.Rd} = 95 \text{ KN}$$

$$N_{u.Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 34,2 \times 43}{1,25} = 1058,83 \text{ KN}$$

$$N_{u.Rd} = 1058,83 \text{ KN}$$

$$N_{net.Rd} = \frac{A_{net} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{34,2 \times 27,5}{1,1} = 870,05 \text{ KN}$$

$$N_{net.Rd} = 870,05 \text{ KN}$$

$$N_{t,Rd} = \min[N_{pl.Rd} ; N_{u.Rd} ; N_{net.Rd}] = \min[95 ; 1058,83 ; 870,05]$$

$$N_{sd} = 864,35 \text{ KN} < N_{net,Rd} = 870,05 \text{ KN} \dots \dots \dots \text{OK vérifié}$$

5) Vérification de la sablière :

Les poutres sablières qui sont des poutres de rives travaillent simultanément à la flexion sous l'action des charges verticales provenant du poids du plancher, des murs, et de la compression sous l'effet de l'effort sismique. Pour notre structure, On utilise le profilée HEA140 comme poutre sablière.

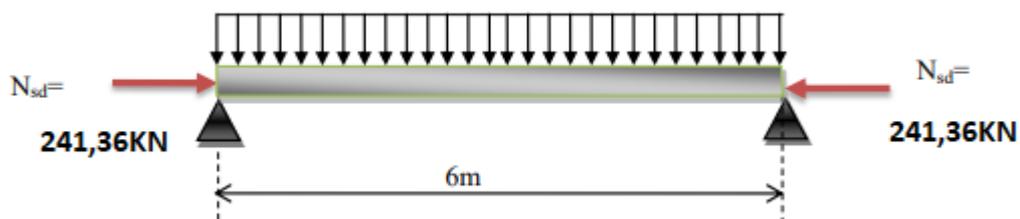


Fig.VIII-4 : Représentation des efforts dans la sablière.

6) Vérification au flambement :

On prend l'effort normale le plus sollicité qu'il au niveau du plancher :

$$N_{sd} = 241,36 \text{ KN}$$

$$G_{HEA 140} = 0,247 \text{ KN/m}$$

Il faut vérifier que :

$$\frac{N_{sd}}{X_{min} \times N_{pl,y}} + \frac{K_y \times M_{y,sd}}{M_{pl,y}} + \frac{K_z \times M_{z,sd}}{M_{pl,z}} \leq 1$$

$$\begin{cases} N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = 785 \text{ KN} \\ N_{sd} = 241,36 \text{ KN} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{y,sd} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{0,247 \times 6^2}{8} = 1,11 \text{ KN} \\ M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173,5 \times 27,5 \times 10^{-2}}{1,1} = 43,37 \text{ KN} \end{cases}$$

$$M_{z,sd} = 0$$

⇒ Détermination de la facture d'imperfection (α) :

$$\begin{cases} \frac{h}{b} = \frac{133}{140} = 0,95 < 1,2 & \{yy \rightarrow \text{courbe } b: a = 0,34 \\ t_f = 8,5 < 10 \text{ cm} & \{zz \rightarrow \text{courbe } c: a = 0,49 \end{cases}$$

⇒ Détermination de ($\bar{\lambda}_i$) élancement réduit :

$$\begin{cases} \lambda_y = \frac{l_{by}}{i_y} = \frac{600}{8,7} = 105,26 \rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_a} = 1,21 > 0,2 \\ \lambda_z = \frac{l_{bz}}{i_z} = \frac{600}{3,5} = 171,42 \rightarrow \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_y}{\lambda_z} \sqrt{\beta_a} = 1,98 > 0,2 \end{cases}$$

⇒ Détermination de (χ_i) le coefficient de réduction :

$$\chi_y = \frac{1}{\varphi_y + \sqrt{[\varphi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2]}} \quad \text{ET } \varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$\varphi_y = 1,05 \rightarrow \chi_y = 1,89$$

$$\varphi_z = 2 \rightarrow \chi_z = 0,39$$

$$\chi_{min} = \min\{\chi_y - \chi_z\} = 0,39$$

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y N_{sd}}{\chi_y A f_y} \leq 1,5 \quad \text{et} \quad \mu_y = \lambda_y (2\beta_{M,y} - 4) + \left(\frac{W_{pl,y} - W_{el,y}}{W_{el,y}} \right) \leq 0,90$$

$$\mu_y = (2 \times 1,3 - 4) + 1,045 = -0,64 \leq 0,90 \quad ; \beta_{M,y} = 1,3$$

$$K_y = 1 - \left[-0,64 \times \frac{241,36}{1,89 \times 31,4 \times 27,5} \right] = 1,09 \leq 1,5$$

$$M_{z,sd} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{241,36}{0,39 \times 3140 \times 0,275 / 1,1} + \frac{1,09 \times 1,1}{43,37} = 0,81 < 1 \dots \dots \text{ ok vérifié}$$

Donc : HEA 140 convient comme sablière.

IV. CONCLUSION :

Afin de pouvoir stabiliser notre structure, nous avons eu recours à des palées de stabilités verticales et à des contreventements sous versant pour reprendre et transmettre aux fondations les efforts dues aux forces horizontales sollicitant nos ouvrages, les calculs ont donné les résultats suivants :

- Pour contreventement horizontale cornière : **CAE 80X8**
- Pour les palées de stabilité nous avons :
 - Bloc administratif : **DCED100X100X10**
 - Atelier : **DCED80X80X8**
- Pour la sablière **HEA 140**, Les éléments étudiés dans ce chapitre servent à stabiliser la structure dans le sens longitudinal contre les différentes actions de la nature, dans l'autre sens la stabilité est assurée par le portique auto stable ordinaire qu'on étudiera dans le chapitre suivant.

Chapitre IX : Etude des portiques

I. INTRODUCTION :

Les portiques sont les éléments principaux d'une ossature. Ils reprennent les différentes forces agissant sur la structure. Les forces sont celles de l'action permanente, actions d'exploitations, et forces sismiques ou climatique.

D'où l'étude des portiques nécessite au préalable l'évaluation de toutes ces actions. La dimension est faite sous la combinaison d'action la plus défavorable aux quelles il pourrait être soumis durant toute la période d'exploitation des éléments (poteaux, poutre) elles servent également au calcul des assemblages, ainsi qu'à de l'infrastructure.

Le calcul est effectué par le **logiciel ROBOT STRUCTURAL ANALYSE 2023**, la modélisation de portique s'effectuée en plan (2D), ce modèle est pour le portique le plus sollicité.

II. MODÉLISATION DE PORTIQUE EN 2D

1) Caractéristiques mécaniques des matériaux :

Les caractéristiques mécaniques des matériaux :

Tab.IX-1 : *Caractéristiques des matériaux*

Matériaux	E [MPa]	G[MPa]	NU	LX [1°/C]	RO[KN/M ³]	Re [MPa]
ACIER S275	21000	80800	0,3	0	77,01	275

1) Données des barres :

✚ Bloc administratif :

Tab.IX-2 : *Données des barres*

Barre	Noeud	Noeud	Section	Acier	Louangeur	[Deg]	Type	
1	1	2	HEA 320	S 275	10	0	Poteau 1	Barre
8	848	849	UPN 140	S 275	6	270	Poutre	Barre
37	72	460	2 CAE 100x10	S 275	7,81	180	STABILITES	Barre
43	4	49	IPE 500	S 275	10,61	0	Ferme	Barre
82	6	56	HEA 140	S 275	6	0	SABLIERE	Barre
97	103	104	IPE 160	S 275	6	8,2	Panne	Barre
246	286	287	IPE 330	S 275	10,57	90	POTELET	Barre
400	452	453	IPE 500	S 275	7	0	Poutre principale	Barre
422	512	515	IPE 200	S 275	6	0	Poutre	Barre
1451	209	234	CAE 70x7	S 275	7,87	0	CONTREVENTEMENT SOUS VERSANT	Barre
1466	1492	457	HEA 200	S 275	5	0	Poteau plancher	Barre
1709	3437	3438	HEA 140	S 275	6	0	SABLIERE	Barre

Atelier :

Tab.IX-3 : Données des barres

Barre	Nœud	Nœud	Section	Acier	Louangeur	[Deg]	Type	
1	1	2	HEA 340	S 275	10	0	Poteau centre	Barre
4	4	7	IPE 500	S 275	10,61	0	Ferme	Barre
64	180	190	CAE 80x8	S 275	7,87	0	CNT	Barre
121	4	12	HEA 140	S 275	6	0	Sablière	Barre
168	150	151	IPE 160	S 275	6	0	Panne	Barre
696	701	702	IPE 330	S 275	10,57	90	Potelet	Barre
1048	1094	1095	HEA 360	S 275	0,5	0	Console	Barre
1084	1156	1149	HEA 360	S 275	6	0	Poutre de roulement	Barre
1180	150	145	CAE 80x8	S 275	7,87	0	CNT	Barre
1336	762	1033	UPN 140	S 275	6	270	Barre	Barre

III. BILAN DES CHARGES

1) Charges permanentes :

Bloc administratif :

Plancher + solive.....400.00 KN
 Panneaux sandwich toiture17.00 KN
 Brdage.. 17.00KN

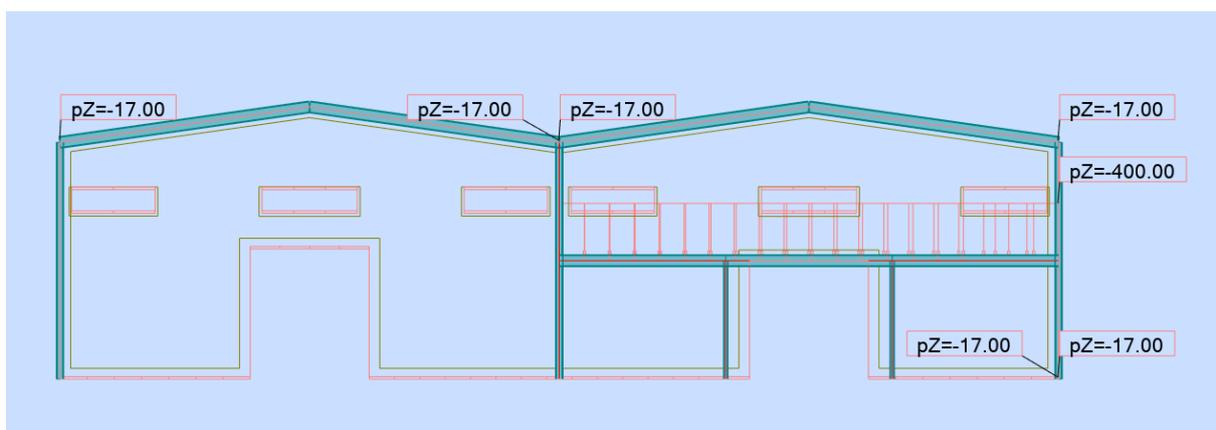
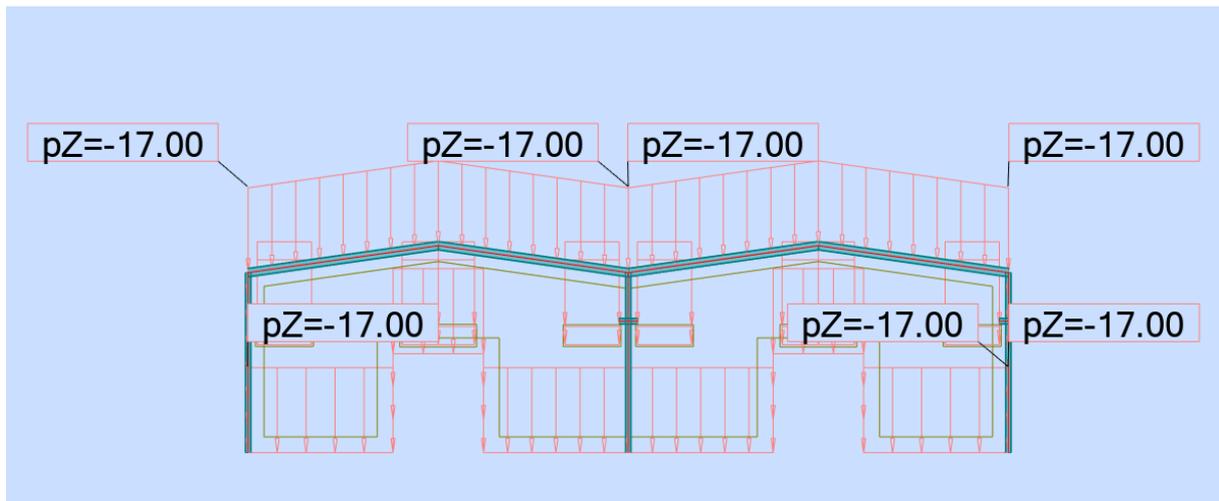
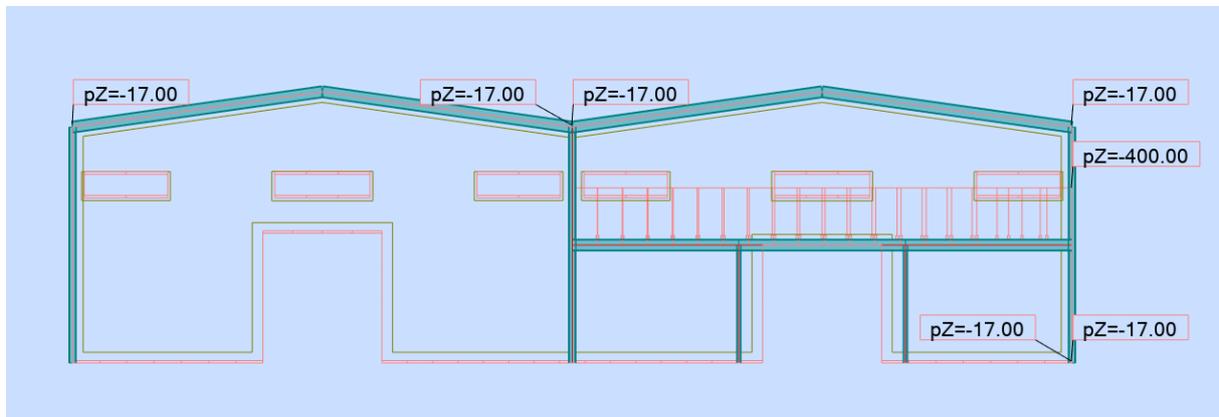


Fig.IX-1 : Distribution des charges permanentes (Bloc administratif)

Atelier :**Fig.IX-2 :** *Distribution des charges permanentes (Atelier).***2) La charges d'exploitation :****Bloc administratif :****Fig.IX-3 :** *Distribution des charges d'exploitations (Bloc administratif)*

✚ Atelier :

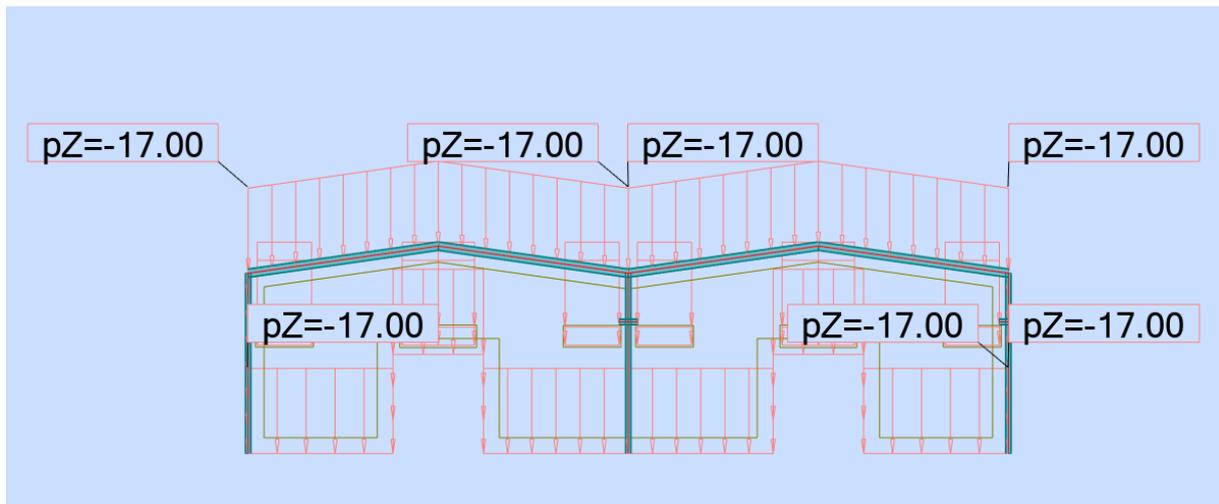


Fig.IX-4 : Distribution des charges d'exploitation (Atelier).

✚ Charges d'exploitation pont roulant :

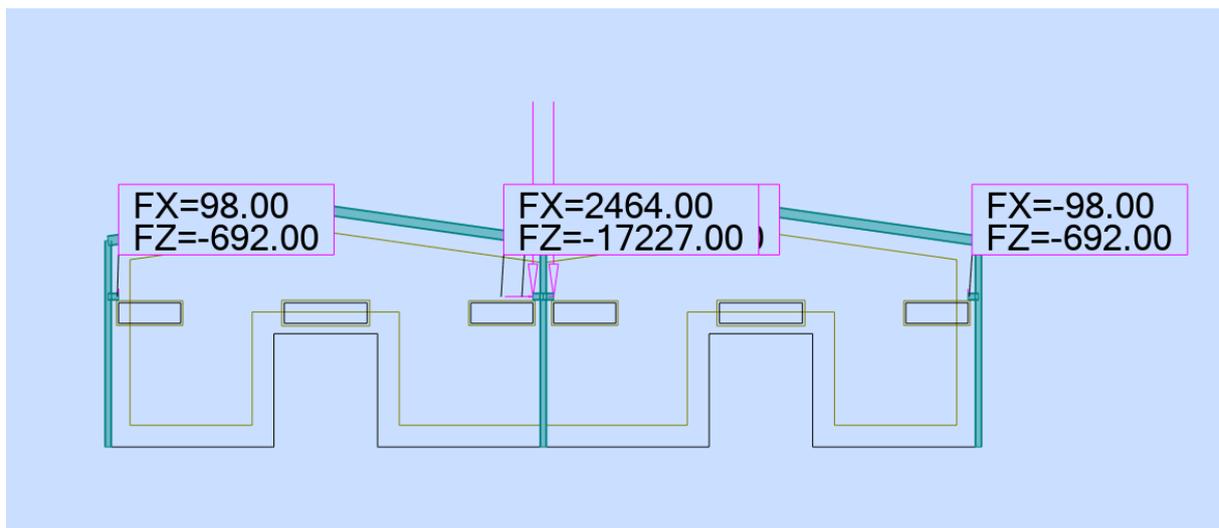


Fig.IX-5 : Distribution des charges de pont roulant

3) Charges climatiques vent :

✚ Bloc administratif :

Vent perpendiculaires pignon

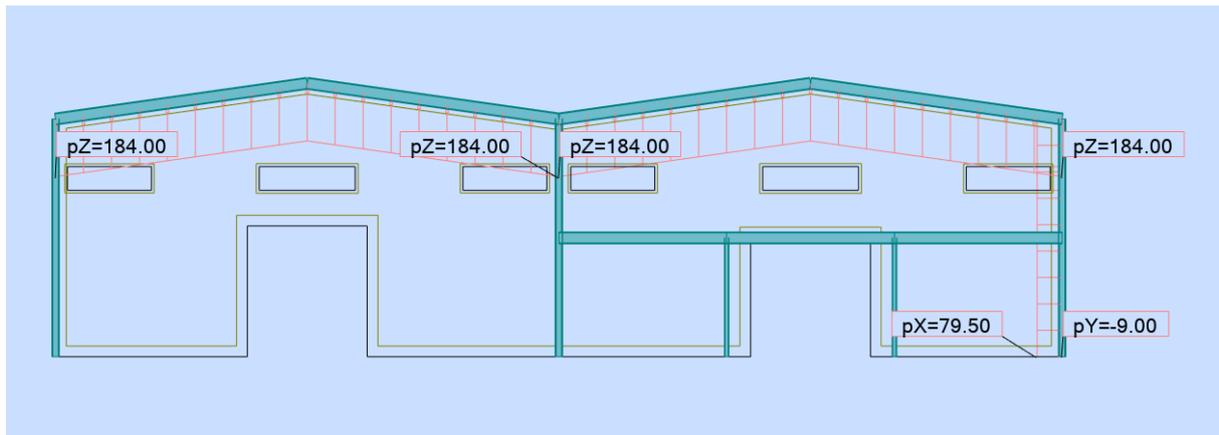


Fig.IX-6 : Distributions des charges de vent perpendiculaire pignon.

Vent perpendiculaires long pan

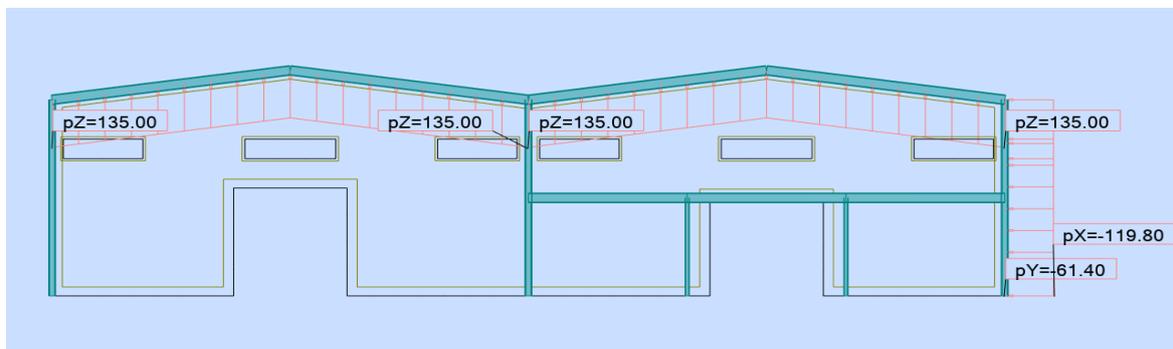


Fig.IX-7 : Distributions des charges de vent perpendiculaire long pan

Atelier :

Vent perpendiculaire pignon

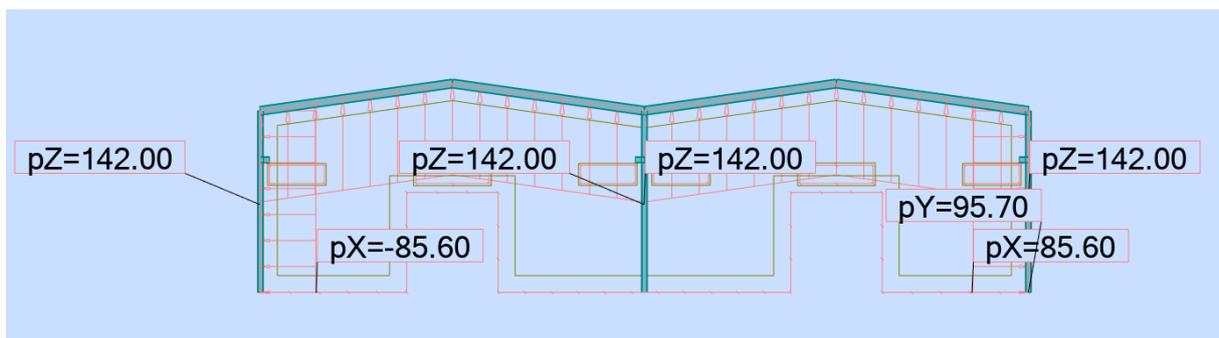


Fig.IX-8 : Distribution des charges de vent perpendiculaire pignon

Vent perpendiculaire long pan

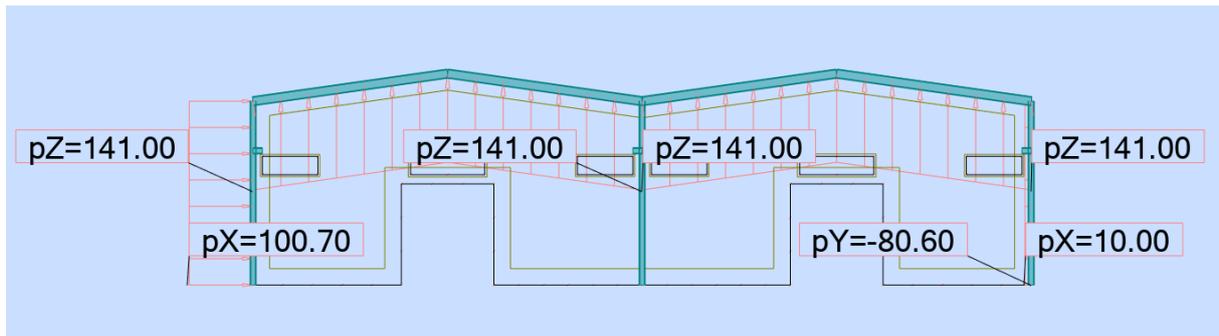


Fig.IX-9 : Distribution des charges de vent perpendiculaire long pan

4) Charges climatique neige :

✚ Bloc administratif :

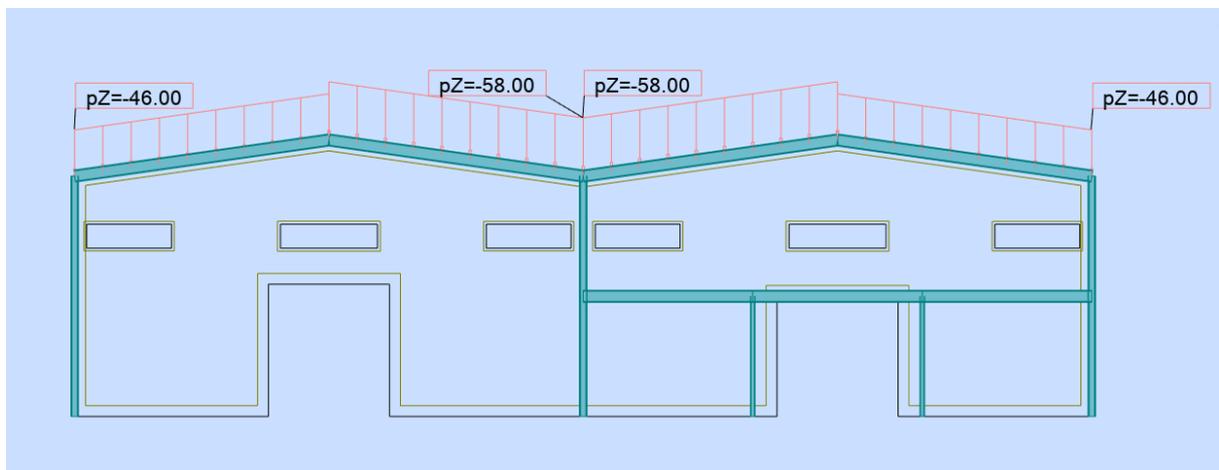


Fig.IX-10 : Distribution des charges de neige sur toiture

✚ Atelier :

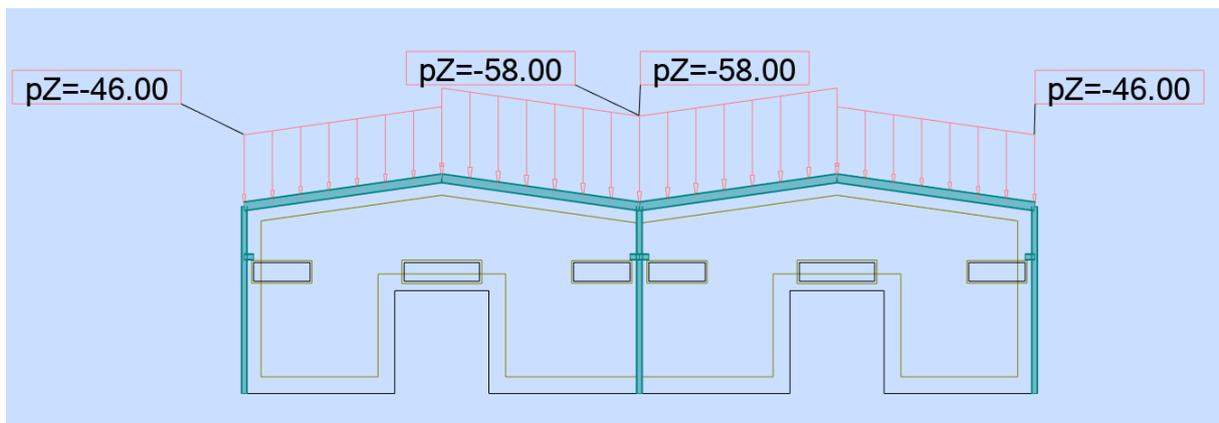


Fig.IX.11 : distribution des charges de neige sur toiture

IV. COMBINAISONS DES CHARGES :

+ Bloc administratif :

Tab.IX-4 : *Tableau de combinaison des charges*

Combe	Nom	Type d'analyse	Nature de cas	Définition
9 (C)	$ELU/1=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35$	Combinaison linéaire		permanente (1+2+3)*1.35
10 (C)	$ELU/2=1*1.35 + 2*1.35$	Combinaison linéaire		permanente (1+2)*1.35
11 (C)	$ELU/4=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35$	Combinaison linéaire		permanente (1+2+4)*1.35
12 (C)	$ELU/7=1*1.35 + 3*1.35$	Combinaison linéaire		permanente (1+3)*1.35
13 (C)	$ELU/10=1*1.35 + 4*1.35$	Combinaison linéaire		permanente (1+4)*1.35
14 (C)	$ELU/11=1*1.35 + 5*1.35 + 3*1.35$	Combinaison linéaire		permanente (1+5+3)*1.35
15 (C)	$ELU/12=1*1.35 + 5*1.35$	Combinaison linéaire		permanente (1+5)*1.35
16 (C)	$ELU/13=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+(2+3)*1.35$
17 (C)	$ELU/14=1*1.00 + 2*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+2*1.35$
18 (C)	$ELU/16=1*1.00 + 2*1.35 + 4*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+(2+4)*1.35$
19 (C)	$ELU/18=1*1.00 + 2*1.35 + 5*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+(2+5)*1.35$
20 (C)	$ELU/19=1*1.00 + 3*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+3*1.35$
21 (C)	$ELU/22=1*1.00 + 4*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+4*1.35$
22 (C)	$ELU/23=1*1.00 + 5*1.35 + 3*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+(5+3)*1.35$
23 (C)	$ELU/24=1*1.00 + 5*1.35$	Combinaison linéaire		permanente $1*1.00+5*1.35$
24 (C)	$ELS:CAR/1=1*1.00 + 2*1.00 + 3*0.90$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+2)*1.00+3*0.90
25 (C)	$ELS:CAR/2=1*1.00 + 2*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+2)*1.00
26 (C)	$ELS:CAR/4=1*1.00 + 2*1.00 + 4*0.90$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+2)*1.00+4*0.90
27 (C)	$ELS:CAR/6=1*1.00 + 2*1.00 + 5*0.90$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+2)*1.00+5*0.90
28 (C)	$ELS:CAR/9=1*1.00 + 2*0.90 + 4*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+4)*1.00+2*0.90
29 (C)	$ELS:CAR/11=1*1.00 + 2*0.90 + 5*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+5)*1.00+2*0.90
30 (C)	$ELS:CAR/13=1*1.00 + 4*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+4)*1.00
31 (C)	$ELS:CAR/14=1*1.00 + 5*1.00 + 3*0.90$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+5)*1.00+3*0.90
32 (C)	$ELS:CAR/15=1*1.00 + 5*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+5)*1.00
33 (C)	$ELS:CAR/16=1*1.00 + 2*0.90 + 3*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+3)*1.00+2*0.90
34 (C)	$ELS:CAR/19=1*1.00 + 3*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+3)*1.00
35 (C)	$ELS:CAR/21=1*1.00 + 5*0.90 + 3*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:CAR	permanente (1+3)*1.00+5*0.90
36 (C)	$ELS:FRE/22=1*1.00 + 2*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:FRE	permanente (1+2)*1.00
37 (C)	$ELS:FRE/24=1*1.00 + 4*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:FRE	permanente (1+4)*1.00
38 (C)	$ELS:FRE/25=1*1.00 + 5*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:FRE	permanente (1+5)*1.00
39 (C)	$ELS:FRE/26=1*1.00 + 3*1.00$	Combinaison linéaire	ELS:FRE	permanente (1+3)*1.00
40 (C) (CQC)	G+Q+1.2EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente (1+2)*1.00+7*1.20
41 (C) (CQC)	G+Q+1.2EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente (1+2)*1.00+8*1.20
42 (C) (CQC)	G+Q+EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente (1+2+7)*1.00
43 (C) (CQC)	G+Q+EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente (1+2+8)*1.00
44 (C) (CQC)	0.8G+EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente $1*0.80+7*1.00$
45 (C) (CQC)	0.8G+EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente $1*0.80+8*1.00$
46 (C) (CQC)	0.8G-EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente $1*0.80+7*-1.00$
47 (C) (CQC)	0.8G-EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente $1*0.80+8*-1.00$

 Atelier :

Tab.IX-5 : Tableau de combinaison des charges

Combe	Nom	Type d'analyse	Type de combe	Définition
83 (C)	ELU/2328=1*1.00 + 13*1.35 + 5*1.35	Combinaison linéaire		1*1.00+(13+5)*1.35
84 (C)	ELS:CAR/15=1*1.00 + 6*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+6)*1.00
85 (C)	ELS:CAR/17=1*1.00 + 6*1.00 + 4*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+6)*1.00+4*0.90
86 (C)	ELS:CAR/19=1*1.00 + 6*1.00 + 5*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+6)*1.00+5*0.90
87 (C)	ELS:CAR/21=1*1.00 + 7*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+7)*1.00
88 (C)	ELS:CAR/23=1*1.00 + 7*1.00 + 4*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+7)*1.00+4*0.90
89 (C)	ELS:CAR/25=1*1.00 + 7*1.00 + 5*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+7)*1.00+5*0.90
90 (C)	ELS:CAR/33=1*1.00 + 8*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+8)*1.00
91 (C)	ELS:CAR/35=1*1.00 + 8*1.00 + 4*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+8)*1.00+4*0.90
92 (C)	ELS:CAR/37=1*1.00 + 8*1.00 + 5*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+8)*1.00+5*0.90
93 (C)	ELS:CAR/57=1*1.00 + 9*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+9)*1.00
94 (C)	ELS:CAR/105=1*1.00 + 10*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+10)*1.00
95 (C)	ELS:CAR/107=1*1.00 + 10*1.00 + 4*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+10)*1.00+4*0.90
96 (C)	ELS:CAR/109=1*1.00 + 10*1.00 + 5*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+10)*1.00+5*0.90
97 (C)	ELS:CAR/201=1*1.00 + 11*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+11)*1.00
98 (C)	ELS:CAR/203=1*1.00 + 11*1.00 + 4*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+11)*1.00+4*0.90
99 (C)	ELS:CAR/205=1*1.00 + 11*1.00 + 5*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+11)*1.00+5*0.90
100 (C)	ELS:CAR/393=1*1.00 + 12*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+12)*1.00
101 (C)	ELS:CAR/395=1*1.00 + 12*1.00 + 4*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+12)*1.00+4*0.90
102 (C)	ELS:CAR/397=1*1.00 + 12*1.00 + 5*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+12)*1.00+5*0.90
103 (C)	ELS:CAR/777=1*1.00 + 13*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+13)*1.00
104 (C)	ELS:CAR/779=1*1.00 + 13*1.00 + 4*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+13)*1.00+4*0.90
105 (C)	ELS:CAR/781=1*1.00 + 13*1.00 + 5*0.90	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+13)*1.00+5*0.90
106 (C)	ELS:CAR/1539=1*1.00 + 2*0.90 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00+2*0.90
107 (C)	ELS:CAR/1541=1*1.00 + 2*0.90 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00+2*0.90
108 (C)	ELS:CAR/1543=1*1.00 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00
109 (C)	ELS:CAR/1545=1*1.00 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00
110 (C)	ELS:CAR/1551=1*1.00 + 6*0.90 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00+6*0.90
111 (C)	ELS:CAR/1553=1*1.00 + 6*0.90 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00+6*0.90
112 (C)	ELS:CAR/1555=1*1.00 + 7*0.90 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00+7*0.90
113 (C)	ELS:CAR/1557=1*1.00 + 7*0.90 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00+7*0.90
114 (C)	ELS:CAR/1563=1*1.00 + 8*0.90 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00+8*0.90
115 (C)	ELS:CAR/1565=1*1.00 + 8*0.90 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00+8*0.90
116 (C)	ELS:CAR/1579=1*1.00 + 9*0.90 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00+9*0.90
117 (C)	ELS:CAR/1581=1*1.00 + 9*0.90 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00+9*0.90
118 (C)	ELS:CAR/1611=1*1.00 + 10*0.90 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00+10*0.90
119 (C)	ELS:CAR/1613=1*1.00 + 10*0.90 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00+10*0.90
120 (C)	ELS:CAR/1803=1*1.00 + 12*0.90 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+4)*1.00+12*0.90
121 (C)	ELS:CAR/1805=1*1.00 + 12*0.90 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+5)*1.00+12*0.90
122 (C)	ELS:CAR/2566=1*1.00 + 2*0.90 + 3*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+3)*1.00+2*0.90

123 (C)	ELS:CAR/2569=1*1.00 + 3*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+3)*1.00
124 (C)	ELS:CAR/2570=1*1.00 + 4*0.90 + 3*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+3)*1.00+4*0.90
125 (C)	ELS:CAR/2571=1*1.00 + 5*0.90 + 3*1.00	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+3)*1.00+5*0.90
126 (C)	ELS:FRE/3337=1*1.00 + 2*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+2)*1.00
127 (C)	ELS:FRE/3340=1*1.00 + 6*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+6)*1.00
128 (C)	ELS:FRE/3341=1*1.00 + 7*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+7)*1.00
129 (C)	ELS:FRE/3343=1*1.00 + 8*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+8)*1.00
130 (C)	ELS:FRE/3347=1*1.00 + 9*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+9)*1.00
131 (C)	ELS:FRE/3355=1*1.00 + 10*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+10)*1.00
132 (C)	ELS:FRE/3371=1*1.00 + 11*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+11)*1.00
133 (C)	ELS:FRE/3403=1*1.00 + 12*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+12)*1.00
134 (C)	ELS:FRE/3467=1*1.00 + 13*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+13)*1.00
135 (C)	ELS:FRE/3594=1*1.00 + 4*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+4)*1.00
136 (C)	ELS:FRE/3595=1*1.00 + 5*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+5)*1.00
137 (C)	ELS:FRE/3596=1*1.00 + 3*1.00	Combinaison linéaire	ELS:FRE	(1+3)*1.00
142 (C) (CQC)	G+Q+1.2EX	Combinaison linéaire	ACC	(1+2)*1.00+139*1.20
143 (C) (CQC)	G+Q+1.2EY	Combinaison linéaire	ACC	(1+2)*1.00+141*1.20
144 (C) (CQC)	G+Q+EX	Combinaison linéaire	ELS:CAR	(1+2+139)*1.00

V. RÉSULTAT DE LOGICIEL

Atelier :

1) Réaction repère global :

Tab.IX-6 : Tableau des repères global

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	6183,45	8812,35	62728,13	28,14	209,53	0,03
Noeud	9	35	43	3	41	1
Cas	58 (C)	71 (C)	54 (C)	16 (C)	57 (C)	80 (C)
Mode						
MIN	-10294,21	-6140,22	-39335,01	-24,88	-365,12	-0,03
Noeud	33	43	43	3	33	5
Cas	77 (C)	147 (C) (CQC)	35 (C)	62 (C)	62 (C)	71 (C)
Mode						

2) Efforts repère global :

Tab.IX-7 : Tableau des effort repères global

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	58771,41	4783,66	24571,68	0,20	450,75	24,88
Barre	51	12	1069	1073	32	2
Noeud	59	14	1131	1138	36	3
Cas	54 (C)	70 (C)	44 (C)	68 (C)	62 (C)	62 (C)
Mode						
MIN	-29627,66	-4909,42	-10600,49	-0,19	-387,21	-28,14
Barre	37	14	32	7	34	2
Noeud	43	10	36	2	36	3
Cas	35 (C)	80 (C)	71 (C)	64 (C)	14 (C)	16 (C)
Mode						

3) Contraintes repaire global :

Tab.IX-8 : Tableau des contraintes repère global

	S max [MPa]	S min [MPa]	S max(My) [MPa]	S max(Mz) [MPa]	S min(My) [MPa]	S min(Mz) [MPa]	Fx/Ax [MPa]
MAX	256,43	69,01	233,80	65,66	0,00	0,00	69,01
Barre	32	1195	32	703	131	426	1195
Noeud	36	496	36	716	26	410	496
Cas	62 (C)	80 (C)	62 (C)	77 (C)	65 (C)	83 (C)	80 (C)
Mode							
MIN	-67,92	-262,15	-0,00	-0,00	-233,80	-65,66	-67,92
Barre	1192	32	182	216	32	703	1192
Noeud	502	36	152	193	36	716	502
Cas	80 (C)	62 (C)	68 (C)	38 (C)	62 (C)	77 (C)	80 (C)
Mode							

4) Flèches repère global :

Tab.IX-9 : Tableau des flèches repère global

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]
MAX	0,0	2,7	2,7
Barre	30	1397	699
Cas	143 (C) (CQC)	16 (C)	71 (C)
Mode			
MIN	-0,0	-1,0	-3,2
Barre	30	697	699
Cas	47 (C)	77 (C)	16 (C)
Mode			

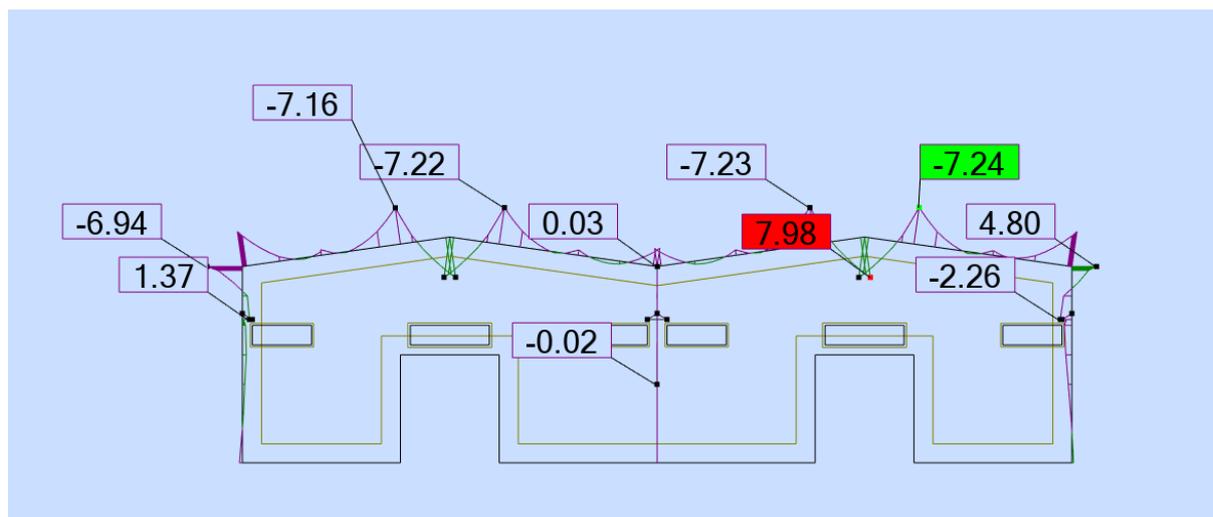


Fig.IX-12 : *Diagramme des moments fléchissants*

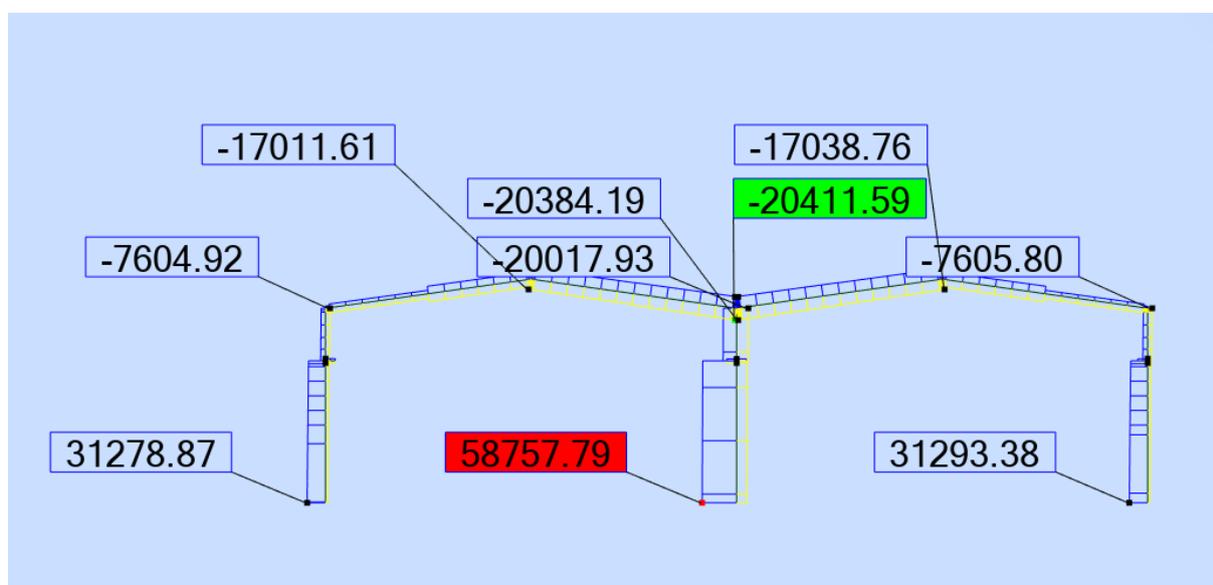


Fig.IX-13 : *Diagramme des efforts tranchants*

Bloc administratif

5) Réaction repère global :

Tba.IX-10 : Tableau des réactions repère global

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
MAX	4962,45	18085,88	55270,05	1814,09	12559,97	3,77
Noeud	77	63	71	3366	77	75
Cas	40 (C) (CQC)	41 (C) (CQC)	41 (C) (CQC)	19 (C)	40 (C) (CQC)	21 (C)
Mode						
MIN	-6111,19	-15017,21	-40823,58	-3087,68	-16183,99	-1,37
Noeud	63	71	69	3367	59	51
Cas	11 (C)	47 (C) (CQC)	4	21 (C)	21 (C)	23 (C)
Mode						

6) Efforts repère global :

Tab.IX-11 : Tableau des efforts repère global

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
MAX	42030,97	5966,23	26242,50	21,01	43376,52	3087,68
Barre	1467	74	75	78	57	1599
Noeud	1493	76	84	89	62	3367
Cas	11 (C)	21 (C)	4	21 (C)	21 (C)	21 (C)
Mode						
MIN	-35035,11	-4627,83	-32440,18	-21,44	-33154,01	-1814,09
Barre	62	72	75	79	64	1589
Noeud	69	80	84	89	70	3366
Cas	4	21 (C)	9 (C)	21 (C)	9 (C)	19 (C)
Mode						

7) Contrainte repaire global

Tab.IX-12 : Tableau des contraintes repaire global

	S max [daN/m2]	S min [daN/m2]	S max(My) [daN/m2]	S max(Mz) [daN/m2]	S min(My) [daN/m2]	S min(Mz) [daN/m2]	Fx/Ax [daN/m2]
MAX	27171091,68	12469335,81	22498893,27	23119848,08	0,00	0,00	12469335,81
Barre	1599	40	57	1599	1657	1656	40
Noeud	3367	71	62	3367	1032	1031	71
Cas	11 (C)	41 (C) (CQC)	21 (C)	21 (C)	5	18 (C)	41 (C) (CQC)
Mode							
MIN	-13024608,46	-26723860,31	-0,00	-0,00	-22498893,27	-23119848,08	-13024608,46
Barre	1463	57	1666	1659	57	1599	1463
Noeud	230	62	1041	1034	62	3367	230
Cas	21 (C)	21 (C)	4	12 (C)	21 (C)	21 (C)	21 (C)
Mode							

8) Flèche repère global :

Tab.IX-13 : Tableau des flèches repère global

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]
MAX	0,1	5,0	4,7
Barre	63	1660	398
Cas	8	13 (C)	18 (C)
Mode	CQC		
MIN	-0,1	-1,1	-2,9
Barre	63	398	398
Cas	47 (C) (CQC)	46 (C) (CQC)	15 (C)
Mode			

9) Déplacement repaire global :

Tab.IX-14 : Tableau des déplacements repaire global

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]	RX [Rad]	RY [Rad]	RZ [Rad]
MAX	8,8	3,4	1,9	0,007	0,013	0,008
Noeud	72	3371	3376	3376	1027	64
Cas	40 (C) (CQC)	41 (C) (CQC)	21 (C)	19 (C)	40 (C) (CQC)	41 (C) (CQC)
MIN	-7,4	-5,2	-3,3	-0,012	-0,010	-0,007
Noeud	76	3406	3413	3377	1021	72
Cas	46 (C) (CQC)	18 (C)	9 (C)	13 (C)	46 (C) (CQC)	47 (C) (CQC)

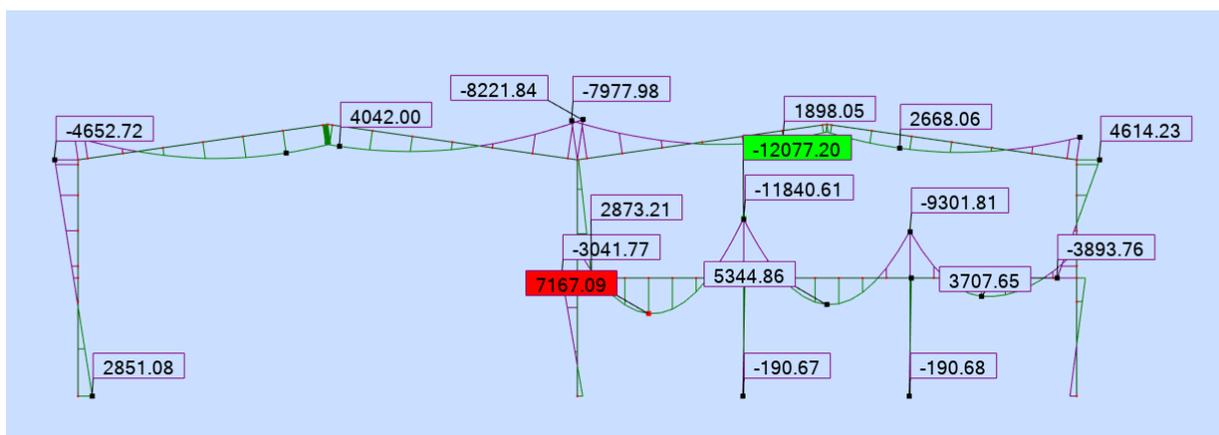


Fig.IX-14 : Diagramme des moments fléchissants

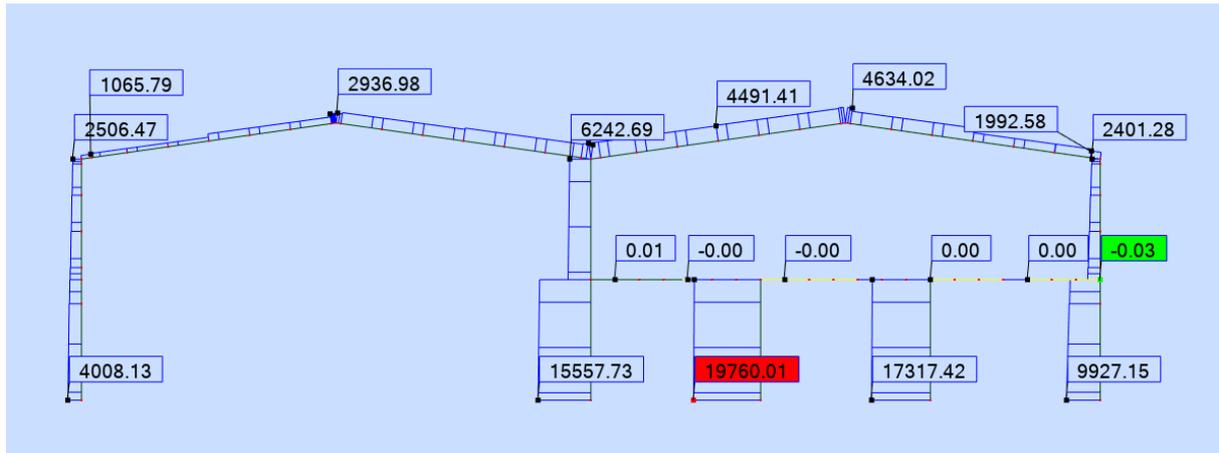


Fig.IX-15 : Diagramme des efforts tranchants

VI. VÉRIFICATION LES NOTES DE CALCUL

✚ Bloc administratif :

1) Note de calcul pour le poteau principal le plus sollicité

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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

TYPE D'ANALYSE: Verification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 75 Poteau 1_75

POINT:

COORDONNEE: $x = 1.00 L = 10.00$ m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $9 \text{ ELU}/1=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 (1+2+3)*1.35$

MATERIAU:

S 275 (S 275) $f_y = 27500000.00$ daN/m²



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 320

$h=31.0$ cm

$gM0=1.10$

$gM1=1.10$

$b=30.0$ cm

$A_y=104.12$ cm²

$A_z=41.14$ cm²

$A_x=124.37$ cm²

$tw=0.9$ cm

$I_y=22928.60$ cm⁴

$I_z=6985.24$ cm⁴

$I_x=108.43$ cm⁴

$tf=1.6$ cm

$W_{ply}=1628.09$ cm³

$W_{plz}=709.74$ cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{,Ed} = 12303.67$ daN

$M_{y,Ed} = -25488.98$ daN*m

$M_{z,Ed} = 2.85$ daN*m

$V_{y,Ed} = -1011.16$ daN

$N_{c,Rd} = 310925.00$ daN

$M_{y,Ed,max} = -25488.98$ daN*m

$M_{z,Ed,max} = -281.21$

daN*m

$V_{y,T,Rd} = 150223.44$ daN

$N_{b,Rd} = 154597.30$ daN

$M_{y,c,Rd} = 40702.25$ daN*m

$M_{z,c,Rd} = 17743.50$

daN*m

$V_{z,Ed} = -32440.18$ daN

$M_{y,V,Rd} = 40664.37$ daN*m

$MN_{z,Rd} = 17743.50$

daN*m

Vz,T,Rd = 59359.30 daN

Tt,Ed = -1.02 daN*m

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:****PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**

en y:

Ly = 10.00 m

Lcr,y = 5.00 m

Lamy = 36.82

Lam_y = 0.42

Xy = 0.92

kyy = 0.82



en z:

Lz = 10.00 m

Lcr,z = 7.00 m

Lamz = 93.40

Lam_z = 1.08

Xz = 0.50

kyz = 0.74

flambement par torsion:

Courbe,T=c

Lt=10.00 m

Ncr,T=494628.46 daN

Lam_T=0.83

alfa,T=0.49

fi,T=1.00

X,T=0.64

Nb,T,Rd=199727.31 daN

flambement en flexion-torsion

Courbe,TF=c

Ncr,y=1900888.18 daN

Ncr,TF=1900888.18 daN

Lam_TF=0.42

alfa,TF=0.49

fi,TF=0.64

X,TF=0.88

Nb,TF,Rd=275000.36 daN

FORMULES DE VERIFICATION:**Contrôle de la résistance de la section:** $N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.4.(1)) $M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.63 < 1.00$ (6.2.8) $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.63 < 1.00$ (6.2.9.1.(2)) $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2)) $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.39 < 1.00$ (6.2.9.1.(6)) $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7) $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.55 < 1.00$ (6.2.6-7) $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6) $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)**Contrôle de la stabilité globale de la barre:** $\lambda_{bda,y} = 36.82 < \lambda_{bda,max} = 210.00$ $\lambda_{bda,z} = 93.40 < \lambda_{bda,max} = 210.00$ STABLE $N_{Ed}/\text{Min}(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.08 < 1.00$ (6.3.1) $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.57 < 1.00$ (6.3.3.(4)) $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.36 < 1.00$ (6.3.3.(4))**DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches (REPERE LOCAL):** Non analysé**Déplacements (REPERE GLOBAL):**

vx = 1.1 cm < vx max = L/150.00 = 6.7 cm

Vérfié

Cas de charge décisif: 30 ELS:CAR/13=1*1.00 + 4*1.00 (1+4)*1.00

vy = 0.4 cm < vy max = L/150.00 = 6.7 cm

Vérfié

Cas de charge décisif: 30 ELS:CAR/13=1*1.00 + 4*1.00 (1+4)*1.00**Profil correct !!!****2) Note de calcul pour le poteau de planché le plus sollicité (HEA 200)****CALCUL DES STRUCTURES ACIER****NORME:** EN 1993-1:2005/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces**FAMILLE:**

PIECE: 1599 Poteau placher_1599 **POINT:**
0.00 m

COORDONNEE: x = 0.00 L =

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 11 ELU/4=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 (1+2+4)*1.35

MATERIAU:

S 275 (S 275) $f_y = 27500000.00$ daN/m²



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 200

h=19.0 cm	gM0=1.10	gM1=1.10	
b=20.0 cm	Ay=45.12 cm ²	Az=18.08 cm ²	Ax=53.83 cm ²
tw=0.7 cm	Iy=3692.16 cm ⁴	Iz=1335.51 cm ⁴	Ix=21.09 cm ⁴
tf=1.0 cm	Wply=429.48 cm ³	Wplz=203.82 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 19545.97 daN	My,Ed = -163.80 daN*m	Mz,Ed = 3087.51 daN*m	Vy,Ed = 3018.34 daN
Nc,Rd = 134575.00 daN	My,Ed,max = 1803.81 daN*m		Mz,Ed,max = 3087.51 daN*m
	Vy,T,Rd = 65124.17 daN		
Nb,Rd = 91063.45 daN	My,c,Rd = 10737.00 daN*m		Mz,c,Rd = 5095.50 daN*m
	Vz,Ed = -2.14 daN		
	MN,y,Rd = 10530.25 daN*m		MN,z,Rd = 5095.50 daN*m
	Vz,T,Rd = 26095.99 daN		
			Tt,Ed = -0.01 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 5.00 m	Lam_y = 0.71
Lcr,y = 5.08 m	Xy = 0.78
Lamy = 61.33	kzy = 0.41



en z:

Lz = 5.00 m	Lam_z = 0.78
Lcr,z = 3.36 m	Xz = 0.68
Lamz = 67.44	kzz = 0.76

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.15 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.61 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd}) = 0.61 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{y,Ed}/(\tau_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{z,Ed}/(\tau_z/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{b,y} = 61.33 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \lambda_{b,z} = 67.44 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.64 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.75 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPERE LOCAL): Non analysé



Déplacements (REPERE GLOBAL):

$v_x = 0.6$ cm < $v_x \max = L/150.00 = 3.3$ cm

Vérifié

Cas de charge décisif: 32 ELS:CAR/15=1*1.00 + 5*1.00 (1+5)*1.00
 $v_y = 0.2 \text{ cm} < v_y \text{ max} = L/150.00 = 3.3 \text{ cm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: 30 ELS:CAR/13=1*1.00 + 4*1.00 (1+4)*1.00

Profil correct !!!

3) Note de calcul pour la traverse le plus sollicité (IPE 500)

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 57 ferme_57
0.00 m

POINT:

COORDONNEE: x = 0.00 L =

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 21 ELU/22=1*1.00 + 4*1.35 1*1.00+4*1.35

MATERIAU:

S 275 (S 275) $f_y = 27500000.00 \text{ daN/m}^2$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 500

h=50.0 cm	gM0=1.10	gM1=1.10	
b=20.0 cm	Ay=72.07 cm ²	Az=59.87 cm ²	Ax=115.52 cm ²
tw=1.0 cm	Iy=48198.50 cm ⁴	Iz=2141.69 cm ⁴	Ix=89.66 cm ⁴
tf=1.6 cm	Wply=2194.12 cm ³	Wplz=335.88 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = -15317.78 daN	My _{Ed} = 43376.52 daN*m	Mz _{Ed} = 620.87 daN*m	Vy _{Ed} = 1470.99 daN
N _{t,Rd} = 288800.00 daN	My _{pl,Rd} = 54853.00 daN*m		Mz _{pl,Rd} = 8397.00
	Vy _{T,Rd} = 103881.85 daN		
	My _{c,Rd} = 54853.00 daN*m		Mz _{c,Rd} = 8397.00 daN*m
	Vz _{Ed} = -11895.55 daN		
	MN _{y,Rd} = 54853.00 daN*m		MN _{z,Rd} = 8397.00 daN*m
	Vz _{T,Rd} = 86344.00 daN		
	Mb _{Rd} = 54853.00 daN*m		Tt _{Ed} = 2.71 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 0.00	Mcr = 9303627.89 daN*m	Courbe _{LT} - a	XLT = 1.00
L _{cr,upp} = 0.28 m	Lam _{LT} = 0.08	fi _{LT} = 0.47	XLT _{mod} = 1.00

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.3.(1))
 $My_{Ed}/MN_{y,Rd} = 0.79 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz_{Ed}/MN_{z,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My_{Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (Mz_{Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.70 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy_{Ed}/Vy_{T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.14 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{y,Ed}/(\sigma_{y,Rd}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{z,Ed}/(\sigma_{z,Rd}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.79 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPERE LOCAL):

$$u_y = 0.1 \text{ cm} < u_{y, \max} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm}$$

Vérifié

Cas de charge décisif: 28 ELS: CAR/9 = 1*1.00 + 2*0.90 + 4*1.00 (1+4)*1.00 + 2*0.90

$$u_z = 0.4 \text{ cm} < u_{z, \max} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm}$$

Vérifié

Cas de charge décisif: 30 ELS: CAR/13 = 1*1.00 + 4*1.00 (1+4)*1.00

$$u_{\text{inst},y} = 0.1 \text{ cm} < u_{\text{inst},\max,y} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm}$$

Vérifié

Cas de charge décisif: 0.9*2 + 1*4

$$u_{\text{inst},z} = 0.6 \text{ cm} < u_{\text{inst},\max,z} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm}$$

Vérifié

Cas de charge décisif: 1*4



Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

Profil correct !!!

4) Note de calcul pour la poutre maitresse la plus sollicité

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 405 Poutre principale_405 **POINT:**

COORDONNEE: x = 0.00 L =

0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 11 ELU/4 = 1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 (1+2+4)*1.35

MATERIAU:

S 275 (S 275) $f_y = 27500000.00 \text{ daN/m}^2$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 500

$$h = 50.0 \text{ cm}$$

$$gM0 = 1.10$$

$$gM1 = 1.10$$

$$b = 20.0 \text{ cm}$$

$$A_y = 72.07 \text{ cm}^2$$

$$A_z = 59.87 \text{ cm}^2$$

$$A_x = 115.52 \text{ cm}^2$$

$$t_w = 1.0 \text{ cm}$$

$$I_y = 48198.50 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 2141.69 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 89.66 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 1.6 \text{ cm}$$

$$W_{ply} = 2194.12 \text{ cm}^3$$

$$W_{plz} = 335.88 \text{ cm}^3$$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$$N_{y,Ed} = 0.02 \text{ daN}$$

$$M_{y,Ed} = -25962.31 \text{ daN*m}$$

$$M_{z,Ed} = -0.00 \text{ daN*m}$$

$$N_{c,Rd} = 288800.00 \text{ daN}$$

$$M_{y,Ed,\max} = -25962.31 \text{ daN*m}$$

$$M_{z,Ed,\max} = -0.00 \text{ daN*m}$$

$$V_{y,T,Rd} = 104014.38 \text{ daN}$$

$$N_{b,Rd} = 288800.00 \text{ daN}$$

$$M_{y,c,Rd} = 54853.00 \text{ daN*m}$$

$$M_{z,c,Rd} = 8397.00 \text{ daN*m}$$

$$V_{z,Ed} = 21653.67 \text{ daN}$$

$$M_{N,y,Rd} = 54853.00 \text{ daN*m}$$

$$M_{N,z,Rd} = 8397.00 \text{ daN*m}$$

$$V_{z,T,Rd} = 86414.18 \text{ daN}$$

$$M_{b,Rd} = 32444.94 \text{ daN*m}$$

$$T_{t,Ed} = -0.13 \text{ daN*m}$$

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:** $z = 0.00$ $M_{cr} = 48008.82 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Courbe,LT - c

 $XLT = 0.57$ $L_{cr,low} = 3.50 \text{ m}$ $\lambda_{m,LT} = 1.12$ $\phi_{i,LT} = 1.15$ $XLT,mod = 0.59$ **PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**

en y:

 $k_{yy} = 1.00$ 

en z:

 $k_{zz} = 1.00$ **FORMULES DE VERIFICATION:****Contrôle de la résistance de la section:** $N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$ $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.47 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$ $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$ $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.22 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$ $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$ $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.25 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$ $\tau_{ty,Ed}/(\phi_y/\sqrt{3} \cdot g_{M0}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$ $\tau_{tz,Ed}/(\phi_y/\sqrt{3} \cdot g_{M0}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$ **Contrôle de la stabilité globale de la barre:** $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.80 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$ $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.80 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$ $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.80 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$ **DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches (REPERE LOCAL):** $u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250.00 = 2.8 \text{ cm}$

Vérifié

Cas de charge décisif: 28 ELS: CAR/9=1*1.00 + 2*0.90 + 4*1.00 (1+4)*1.00+2*0.90 $u_z = 0.5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250.00 = 2.8 \text{ cm}$

Vérifié

Cas de charge décisif: 26 ELS: CAR/4=1*1.00 + 2*1.00 + 4*0.90 (1+2)*1.00+4*0.90**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!****5) Note de calcul pour la poutre secondaire****CALCUL DES STRUCTURES ACIER****NORME:** EN 1993-1:2005/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces**FAMILLE:****PIECE:** 1386 Poutre_1386**POINT:****COORDONNEE:** $x = 0.50 L =$

3.00 m

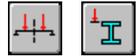
CHARGEMENTS:**Cas de charge décisif:** 13 ELU/10=1*1.35 + 4*1.35 (1+4)*1.35**MATERIAU:**S 275 (S 275) $f_y = 27500000.00 \text{ daN/m}^2$ **PARAMETRES DE LA SECTION:** IPE 200

h=20.0 cm	gM0=1.10	gM1=1.10	
b=10.0 cm	Ay=19.58 cm ²	Az=14.00 cm ²	Ax=28.48 cm ²
tw=0.6 cm	Iy=1943.17 cm ⁴	Iz=142.37 cm ⁴	Ix=7.02 cm ⁴
tf=0.9 cm	Wply=220.64 cm ³	Wplz=44.61 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = 0.10 daN	My,Ed = 133.24 daN*m
Nc,Rd = 71200.00 daN	My,Ed,max = 133.24 daN*m
Nb,Rd = 71200.00 daN	My,c,Rd = 5516.00 daN*m
	MN,y,Rd = 5516.00 daN*m
	Mb,Rd = 2005.32 daN*m

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

z = 1.00	Mcr = 2205.86 daN*m	Courbe,LT - b	XLT = 0.36
Lcr,upp=6.00 m	Lam_LT = 1.66	fi,LT = 1.75	XLT,mod = 0.36

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

kyy = 1.00



en z:

kzy = 1.00

FORMULES DE VERIFICATION:**Contrôle de la résistance de la section:**

N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 (6.2.4.(1))

My,Ed/My,c,Rd = 0.02 < 1.00 (6.2.5.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

My,Ed,max/Mb,Rd = 0.07 < 1.00 (6.3.2.1.(1))

N_{Ed}/(Xy*N_{Rk}/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.07 < 1.00 (6.3.3.(4))

N_{Ed}/(Xz*N_{Rk}/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.07 < 1.00 (6.3.3.(4))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 3.0 cm

Vérifié

Cas de charge décisif: 27 ELS: CAR/6=1*1.00 + 2*1.00 + 5*0.90 (1+2)*1.00+5*0.90

uz = 0.1 cm < uz max = L/200.00 = 3.0 cm

Vérifié

Cas de charge décisif: 24 ELS: CAR/1=1*1.00 + 2*1.00 + 3*0.90 (1+2)*1.00+3*0.90

**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!**

Atelier :

6) Note de calcul pour le poteau principal le plus sollicité

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: EN 1993-1:2005/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces**FAMILLE:****PIECE:** 29 Poteau centre_29
0.00 m**POINT:** 1**COORDONNEE:** x = 0.00 L =

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $62 \text{ ELU}/1566=1*1.00 + 6*1.35 + 5*1.35 \quad 1*1.00+(6+5)*1.35$

MATERIAU:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 340

$h=33.0 \text{ cm}$	$gM0=1.10$	$gM1=1.10$	
$b=30.0 \text{ cm}$	$A_y=110.39 \text{ cm}^2$	$A_z=44.95 \text{ cm}^2$	$A_x=133.47 \text{ cm}^2$
$tw=0.9 \text{ cm}$	$I_y=27693.10 \text{ cm}^4$	$I_z=7436.00 \text{ cm}^4$	$I_x=127.71 \text{ cm}^4$
$tf=1.7 \text{ cm}$	$W_{ply}=1850.48 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=755.95 \text{ cm}^3$	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{,Ed} = 19651.34 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = -365.12 \text{ kN*m}$	$M_{z,Ed} = 1.65 \text{ kN*m}$	$V_{y,Ed} = 54.30 \text{ daN}$
$N_{c,Rd} = 333675.00 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = -365.12 \text{ kN*m}$		$M_{z,Ed,max} = -2.04 \text{ kN*m}$
	$V_{y,T,Rd} = 159316.06 \text{ daN}$		
$N_{b,Rd} = 165119.23 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 462.62 \text{ kN*m}$	$M_{z,c,Rd} = 188.99 \text{ kN*m}$	$V_{z,Ed} = 10182.53 \text{ daN}$
	$MN_{,y,Rd} = 462.62 \text{ kN*m}$	$MN_{,z,Rd} = 188.99 \text{ kN*m}$	$V_{z,T,Rd} = 64873.56 \text{ daN}$
			$T_{t,Ed} = 0.00 \text{ kN*m}$
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 10.00 \text{ m}$	$\text{Lam}_y = 0.40$
$L_{cr,y} = 5.00 \text{ m}$	$X_y = 0.93$
$L_{amy} = 34.71$	$k_{yy} = 0.63$



en z:

$L_z = 10.00 \text{ m}$	$\text{Lam}_z = 1.08$
$L_{cr,z} = 7.00 \text{ m}$	$X_z = 0.49$
$L_{amz} = 93.78$	$k_{yz} = 0.57$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$
 $M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd} = 0.79 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
 $M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
 $(M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd})^{1.00} = 0.63 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.16 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
 $\text{Tau}_{,ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$
 $\text{Tau}_{,tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\text{Lambda}_{,y} = 34.71 < \text{Lambda}_{,max} = 210.00 \quad \text{Lambda}_{,z} = 93.78 < \text{Lambda}_{,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$
 $N_{,Ed}/(X_y*N_{,Rk}/gM1) + k_{yy}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.57 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$
 $N_{,Ed}/(X_z*N_{,Rk}/gM1) + k_{zy}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.38 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPERE LOCAL): Non analysé



Déplacements (REPERE GLOBAL):

$v_x = 6.0 \text{ cm} < v_x \text{ max} = L/150.00 = 6.7 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$
Cas de charge décisif: 139 EX Dir. - masses_X
 $v_y = 1.0 \text{ cm} < v_y \text{ max} = L/150.00 = 6.7 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$
Cas de charge décisif: 141 EY Dir. - masses_Y

Profil correct !!!

7) Note de calcul pour la console la plus sollicitée

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 1069 console_1069

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L =

0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 44 ELU/54=1*1.35 + 8*1.35 + 5*1.35 (1+8+5)*1.35

MATERIAU:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa

**PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 360**

h=35.0 cm	gM0=1.10	gM1=1.10	
b=30.0 cm	Ay=116.66 cm ²	Az=48.96 cm ²	Ax=142.76 cm ²
tw=1.0 cm	Iy=33089.80 cm ⁴	Iz=7886.84 cm ⁴	Ix=149.41 cm ⁴
tf=1.8 cm	Wply=2088.47 cm ³	Wplz=802.28 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = 3314.79 daN	My _{Ed} = -122.67 kN*m	Mz _{Ed} = 0.14 kN*m	Vy _{Ed} = -443.53 daN
N _{c,Rd} = 356900.00 daN	My _{Ed,max} = -122.67 kN*m		Mz _{Ed,max} = 2.36 kN*m
	Vy _{T,Rd} = 167627.23 daN		
N _{b,Rd} = 356900.00 daN	My _{c,Rd} = 522.12 kN*m	Mz _{c,Rd} = 200.57 kN*m	Vz _{Ed} = 24571.68 daN
	MN _{y,Rd} = 522.12 kN*m	MN _{z,Rd} = 200.57 kN*m	Vz _{T,Rd} = 70486.31 daN
	Mb _{Rd} = 522.12 kN*m		Tt _{Ed} = 0.14 kN*m
			Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

z = 1.00	M _{cr} = 116241.60 kN*m	Courbe,LT - b	XLT = 1.00
L _{cr,low} = 0.25 m	L _{am_LT} = 0.07	fi _{LT} = 0.45	XLT _{mod} = 1.00

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

$$k_{yy} = 1.00$$



en z:

$$k_{zz} = 1.00$$

FORMULES DE VERIFICATION:**Contrôle de la résistance de la section:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.23 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

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

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.35 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) * gM0) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) * gM0) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.23 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y * N_{Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed,max}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} * M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.26 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z * N_{Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed,max}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} * M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.26 < 1.00$$

(6.3.3.(4))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

$$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 0.3 \text{ cm}$$

Vérifié

Cas de charge décisif: $102 \text{ ELS: CAR}/397 = 1 * 1.00 + 12 * 1.00 + 5 * 0.90 (1+12) * 1.00 + 5 * 0.90$

$$u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 0.3 \text{ cm}$$

Vérifié

Cas de charge décisif: $92 \text{ ELS: CAR}/37 = 1 * 1.00 + 8 * 1.00 + 5 * 0.90 (1+8) * 1.00 + 5 * 0.90$

**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!**

8) Note de calcul pour la traverse la plus sollicitée

CALCUL DES STRUCTURES ACIER**NORME:** EN 1993-1:2005/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces**FAMILLE:****PIECE:** 32 ferme_32
0.00 m**POINT:** 1**COORDONNEE:** x = 0.00 L =**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif: $62 \text{ ELU}/1566 = 1 * 1.00 + 6 * 1.35 + 5 * 1.35 1 * 1.00 + (6+5) * 1.35$

MATERIAU:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 500**

h=50.0 cm

gM0=1.10

gM1=1.10

b=20.0 cm

Ay=72.07 cm²

Az=59.87 cm²

Ax=115.52 cm²

tw=1.0 cm

Iy=48198.50 cm⁴

Iz=2141.69 cm⁴

Ix=89.66 cm⁴

tf=1.6 cm

Wply=2194.12 cm³

Wplz=335.88 cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N_{Ed} = -3304.75 daN

M_{y,Ed} = 450.75 kN*m

M_{z,Ed} = 5.46 kN*m

V_{y,Ed} = 2184.83 daN

N_{t,Rd} = 288800.00 daN

M_{y,pl,Rd} = 548.53 kN*m

M_{z,pl,Rd} = 83.97 kN*m

V_{y,T,Rd} = 104006.58 daN

M_{y,c,Rd} = 548.53 kN*m

M_{z,c,Rd} = 83.97 kN*m

V_{z,Ed} = -10486.68 daN

M_{N,y,Rd} = 548.53 kN*m

M_{N,z,Rd} = 83.97 kN*m

V_{z,T,Rd} = 86410.04 daN

M_{b,Rd} = 548.53 kN*m

T_{t,Ed} = 0.00 kN*m

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

z = 1.00

M_{cr} = 256428.67 kN*m

Courbe,LT - c

XLT = 1.00

L_{cr,upp} = 0.21 m

L_{am_LT} = 0.05

f_{i,LT} = 0.42

XLT,mod = 1.00

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:*Contrôle de la résistance de la section:*

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.82 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.07 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.74 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.12 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.82 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPÈRE LOCAL):

$$u_y = 0.2 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

Cas de charge décisif: 141 EY Dir. - masses_Y

$$u_z = 0.7 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

Cas de charge décisif: 111 ELS:CAR/1553=1*1.00 + 6*0.90 + 5*1.00 (1+5)*1.00+6*0.90

$$u_{\text{inst},y} = 0.0 \text{ cm} < u_{\text{inst,max},y} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

Cas de charge décisif: 1*2 + 1*139

$$u_{\text{inst},z} = 0.8 \text{ cm} < u_{\text{inst,max},z} = L/200.00 = 5.3 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

Cas de charge décisif: 1*5 + 0.9*6



Déplacements (REPÈRE GLOBAL): Non analysé

Profil correct !!!

VII. CONCLUSION :

L'étude que nous avons effectuée dans ce chapitre nous a permis de déterminer les types de profilés des éléments principaux (poteaux et poutres) qui sont capables de résister à leurs poids propres respectifs et à tous les efforts extrêmes auxquels ils sont soumis sous les combinaisons les plus défavorables.

Atelier :

Poteau principal : HEA 340

Traverse : IPE 500

Console : HEA 360

Bloc administratif :

Poteau principal : HEA 320

Poteau plancher : HEA 200

Traverse : IPE 500

Poutre maitresse : IPE 500

Poutre secondaire : IPE 200

Chapitre X : Etude des assemblages

I. INTRODUCTION :

Un assemblage est un dispositif qui permet de réunir et solidariser deux ou plusieurs pièces entre elles ; en assurent la transmission et la répartition des diverses sollicitations entre les pièces la résistance d'un assemblage doit être déterminée sur la base des résistances individuelles de tous les éléments constituant l'assemblage. Dans ce chapitre nous présentons onze assemblages vérifiés manuellement pour certains, Et à l'aide **logiciel Robot** pour d'autres. Les efforts ont été évalués à l'aide du logiciel robot millénium. Les vérifications ont été effectuées manuellement selon l'**Euro code 3**.

II. RÔLE DES ASSEMBLAGES :

Les assemblages ont pour fonction d'assurer la liaison ou la continuité des composants élémentaires entre eux, en assurant la transmission et la répartition des diverses sollicitations souvent importantes, généralement statiques, mais quelque fois dynamiques (effets de chocs, vibration etc...) entre les pièces, sans générer des sollicitations parasites notamment de torsion afin de réaliser l'ossature de l'ouvrage projeté. Ces organes critiques pour l'ouvrage tant sous l'aspect de l'intégrité structurelle que sous l'aspect économique, doivent être conçus et dimensionnés avec au moins autant de soin que les composants élémentaires.

III. FONCTIONNEMENT DES ASSEMBLAGES :

Les principaux modes d'exécution des assemblages sont :

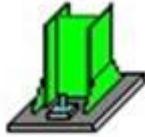
- Les assemblages soudés.
- Les assemblages boulonnés.
- Les assemblages rivetés.

Dans notre étude, l'assemblage boulonné est le mode largement utilisé, présente en général l'avantage d'une démontrabilité facile, avec récupération intégrale des composants initiaux

IV. ASSEMBLAGES DES PIÈCES :

Atelier :

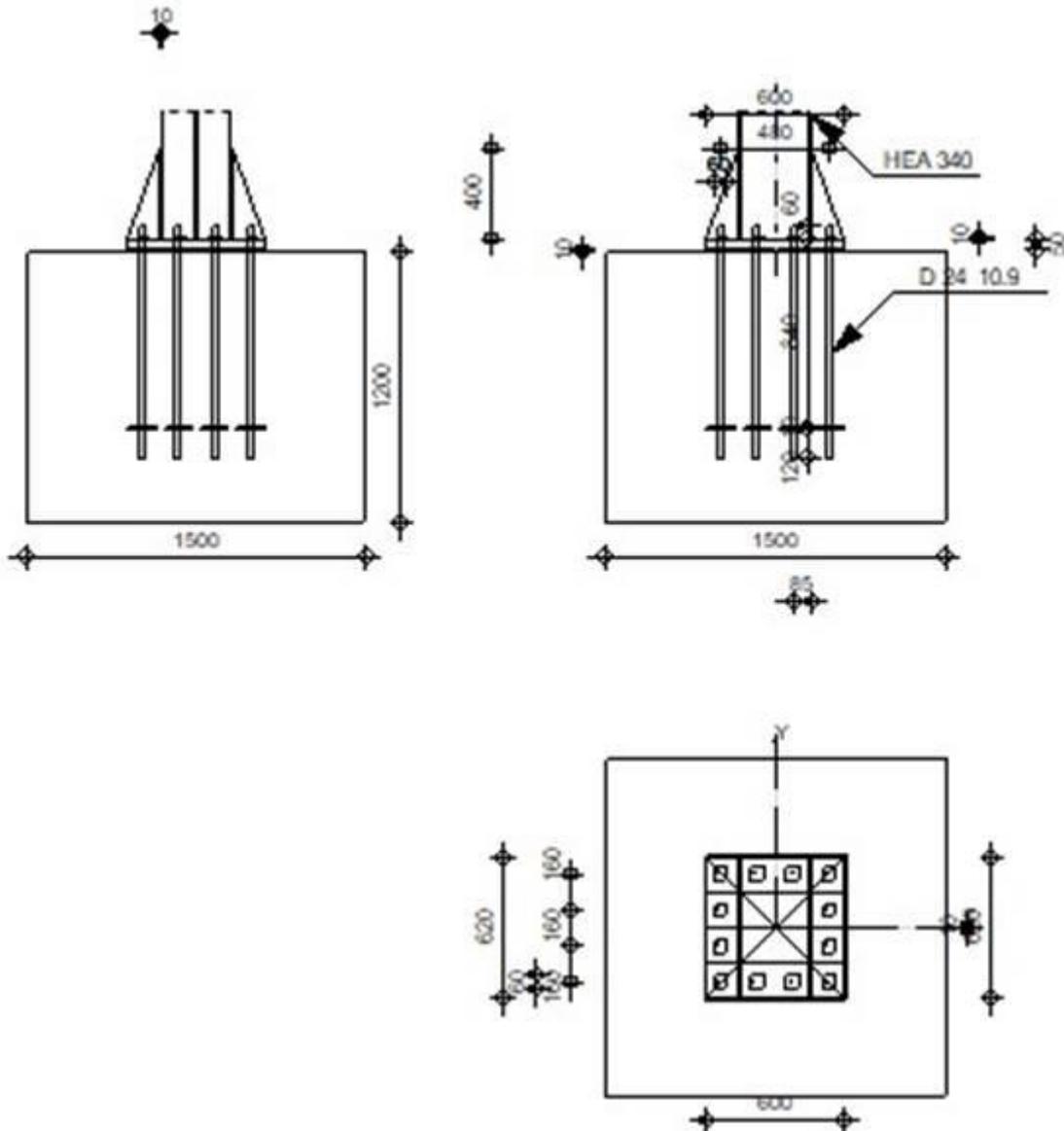
1) Calcul du Pied de Poteau encastré :



Robot Structural Analysis Professional 2023
Calcul du Pied de Poteau encastré
 Eurocode 3 : EN 1993-1-8 : 2005/AC : 2009



Ratio
0,90



GENERAL

Assemblage N°: 5
 Nom de l'assemblage: Pied de poteau encastré
 Noeud de la structure: 9
 Barres de la structure: 8

GEOMETRIE

POTEAU

Profilé: HEA 340

Barre N°: 8

$L_c = 10,00$ [m] Longueur du poteau
 $\alpha = 0,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_c = 330$ [mm] Hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 300$ [mm] Largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau
 $t_{fc} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau
 $r_c = 27$ [mm] Rayon de congé de la section du poteau
 $A_c = 133,47$ [cm²] Aire de la section du poteau
 $I_{yc} = 27693,10$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section du poteau
 Matériau: S 275

$f_{yc} = 275,00$ [MPa] Résistance
 $f_{uc} = 430,00$ [MPa] Résistance ultime du matériau

PLATINE DE PRESCELLEMENT

$l_{pd} = 600$ [mm] Longueur
 $b_{pd} = 620$ [mm] Largeur
 $t_{pd} = 50$ [mm] Epaisseur

Matériau: S 275

$f_{ypd} = 255,00$ [MPa] Résistance
 $f_{upd} = 410,00$ [MPa] Résistance ultime du matériau

ANCRAGE

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

Classe = 10.9 Classe de tiges d'ancrage
 $f_{yb} = 670,00$ [MPa] Limite de plasticité du matériau du boulon
 $f_{ub} = 1000,00$ [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction
 $d = 24$ [mm] Diamètre du boulon
 $A_s = 3,53$ [cm²] Aire de la section efficace du boulon
 $A_v = 4,52$ [cm²] Aire de la section du boulon
 $n_H = 4$ Nombre de colonnes des boulons
 $n_V = 4$ Nombre de rangées des boulons

Ecartement $e_{Hi} = 160;160$ [mm]

Entraxe $e_{Vi} = 160;160$ [mm]

Dimensions des tiges d'ancrage

$L_1 = 60$ [mm]
 $L_2 = 840$ [mm]
 $L_3 = 120$ [mm]

Plaque d'ancrage

$d = 120$ [mm] Diamètre
 $t_p = 10$ [mm] Epaisseur
 Matériau: S 235

$f_y = 235,00$ [MPa] Résistance

Platine

$l_{wd} = 60$ [mm] Longueur
 $b_{wd} = 60$ [mm] Largeur
 $t_{wd} = 10$ [mm] Epaisseur

RAIDISSEUR

$l_s = 600$ [mm] Longueur
 $w_s = 620$ [mm] Largeur
 $h_s = 400$ [mm] Hauteur
 $t_s = 10$ [mm] Epaisseur

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} = 1,10$ Coefficient de sécurité partiel
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Coefficient de sécurité partiel
 $\gamma_C = 1,50$ Coefficient de sécurité partiel

SEMELLE ISOLEE

$L = 1500$ [mm] Longueur de la semelle
 $B = 1500$ [mm] Largeur de la semelle
 $H = 1200$ [mm] Hauteur de la semelle

Béton

Classe C25/30
 $f_{ck} = 25,00$ [MPa] Résistance caractéristique à la compression

Mortier de calage

$t_g = 10$ [mm] Epaisseur du mortier de calage
 $f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Résistance caractéristique à la compression
 $C_{f,d} = 0,30$ Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton

SOUDURES

$a_p =$	7	[mm]	Plaque principale du pied de poteau
$a_s =$	7	[mm]	Raidisseurs

EFFORTS

Cas: 77: $ELU/1752=1*1.00 + 11*1.35 + 5*1.35 + 1*1.00+(11+5)*1.35$

$N_{j,Ed} =$	2667,05	[daN]	Effort axial
$V_{j,Ed,y} =$	-107,54	[daN]	Effort tranchant
$V_{j,Ed,z} =$	-9051,40	[daN]	Effort tranchant
$M_{j,Ed,y} =$	311,80	[kN*m]	Moment fléchissant
$M_{j,Ed,z} =$	-2,59	[kN*m]	Moment fléchissant

RESULTATS

ZONE COMPRIMEE

COMPRESSION DU BETON

$f_{cd} = 16,67$ [MPa] Résistance de calcul à la compression EN 1992-1:[3.1.6.(1)]

$f_j = 27,33$ [MPa] Résistance de calcul du matériau du joint sous la plaque d'assise [6.2.5.(7)]

$$c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{Mo}))}$$

$c = 84$ [mm] Largeur de l'appui additionnelle [6.2.5.(4)]

$b_{eff} = 185$ [mm] Largeur efficace de la semelle de tronçon T [6.2.5.(3)]

$l_{eff} = 468$ [mm] Longueur effective de la semelle de tronçon en T [6.2.5.(3)]

$A_{c0} = 864,51$ [cm²] Zone de contact de la plaque d'assise avec la fondation EN 1992-1:[6.7.(3)]

$A_{c1} = 7780,58$ [cm²] Aire de calcul maximale de la répartition de la charge EN 1992-1:[6.7.(3)]

$$F_{rd,u} = A_{c0}*f_{cd}*\sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3*A_{c0}*f_{cd}$$

$F_{rd,u} = 432254,38$ [daN] Résistance du béton à l'appui rigide EN 1992-1:[6.7.(3)]

$\beta_j = 0,67$ Coefficient réducteur pour la compression [6.2.5.(7)]

$$f_{jd} = \beta_j * F_{rd,u} / (b_{eff} * l_{eff})$$

$f_{jd} = 33,33$ [MPa] Résistance de calcul du matériau du joint [6.2.5.(7)]

$A_{C,y} = 1378,78$ [cm²] Aire de flexion My [6.2.8.3.(1)]

$A_{C,z} = 1303,85$ [cm²] Aire de flexion Mz [6.2.8.3.(1)]

$$F_{C,Rd,i} = A_{C,i} * f_{jd}$$

$F_{C,Rd,y} = 459593,75$ [daN] Résistance du béton à la flexion My [6.2.8.3.(1)]

$F_{C,Rd,z} = 434616,65$ [daN] Résistance du béton à la flexion Mz [6.2.8.3.(1)]

AILE ET AME DU POTEAU EN COMPRESSION

$CL = 1,00$	Classe de la section	EN 1993-1-1:[5.5.2]
$W_{pl,y} = 5238,23$ [cm ³]	Facteur plastique de la section	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{C,Rd,y} = 1309,56$ [kN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1:[6.2.5]
$h_{f,y} = 357$ [mm]	Distance entre les centres de gravité des ailes	[6.2.6.7.(1)]
$F_{C,fc,Rd,y} = M_{C,Rd,y} / h_{f,y}$		

$F_{C,fc,Rd,y} = 367053,60$ [daN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

$W_{pl,z} = 3972,70$ [cm ³]	Facteur plastique de la section	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{C,Rd,z} = 993,17$ [kN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1:[6.2.5]
$h_{f,z} = 354$ [mm]	Distance entre les centres de gravité des ailes	[6.2.6.7.(1)]
$F_{C,fc,Rd,z} = M_{C,Rd,z} / h_{f,z}$		

$F_{C,fc,Rd,z} = 280581,24$ [daN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

RESISTANCE DE LA SEMELLE DANS LA ZONE COMPRIMEE

$F_{C,Rd,y} = \min(F_{C,Rd,y}, F_{C,fc,Rd,y})$

$F_{C,Rd,y} = 367053,60$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone comprimée [6.2.8.3]

$F_{C,Rd,z} = \min(F_{C,Rd,z}, F_{C,fc,Rd,z})$

$F_{C,Rd,z} = 280581,24$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone comprimée [6.2.8.3]

ZONE TENDUE

RUPTURE DU BOULON D'ANCRAGE

$A_b = 3,53$ [cm²] Aire de section efficace du boulon [Tableau 3.4]

$f_{ub} = 1000,00$ [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction [Tableau 3.4]

$\beta = 0,85$ Coefficient de réduction de la résistance du boulon [3.6.1.(3)]

$F_{t,Rd,s1} = \beta * 0.9 * f_{ub} * A_b / \gamma_{M2}$

$F_{t,Rd,s1} = 21603,60$ [daN] Résistance du boulon à la rupture [Tableau 3.4]

$F_{t,Rd,s} = F_{t,Rd,s1}$

$F_{t,Rd,s} = 21603,60$ [daN] Résistance du boulon à la rupture

RESISTANCE DU BOULON D'ANCRAGE A LA TRACTION

$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,s}$

$F_{t,Rd} = 21603,60$ [daN] Résistance du boulon d'ancrage à traction

FLEXION DE LA PLAQUE DE BASE

Moment fléchissant $M_{j,Ed,y}$

$l_{eff,1} = 356$ [mm] Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1 [6.2.6.5]

$l_{eff,2} = 356$ [mm] Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2 [6.2.6.5]

$m = 67$ [mm] Pince boulon-bord de renforcement [6.2.6.5]

$l_{eff,1} =$	356	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1	[6.2.6.5]
$M_{pl,1,Rd} =$	51,55	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$M_{pl,2,Rd} =$	51,55	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,1,Rd} =$	307414,37	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$F_{T,2,Rd} =$	116322,30	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,3,Rd} =$	86414,40	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 3	[6.2.4]
$F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$				

$F_{t,pl,Rd,y} = 86414,40$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode à la traction [6.2.4]

Moment fléchissant $M_{j,Ed,z}$

$l_{eff,1} =$	369	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1	[6.2.6.5]
$l_{eff,2} =$	369	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	67	[mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$M_{pl,1,Rd} =$	53,51	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$M_{pl,2,Rd} =$	53,51	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,1,Rd} =$	317893,03	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$F_{T,2,Rd} =$	118650,90	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,3,Rd} =$	86414,40	[daN]	Résistance de la dalle pour le mode 3	[6.2.4]

$F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$

$F_{t,pl,Rd,z} = 86414,40$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode à la traction [6.2.4]

RESISTANCES DE SEMELLE DANS LA ZONE TENDUE

$N_{j,Rd} = 259243,20$ [daN] Résistance de la semelle à la traction axiale [6.2.8.3]

$F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$

$F_{T,Rd,y} = 86414,40$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone tendue [6.2.8.3]

$F_{T,Rd,z} = F_{t,pl,Rd,z}$

$F_{T,Rd,z} = 86414,40$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone tendue [6.2.8.3]

CONTROLE DE LA RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24) $0,01 < 1,00$ **vérifié** (0,01)

$e_y = 11691$ [mm] Excentricité de l'effort axial [6.2.8.3]

$z_{C,y} = 178$ [mm] Bras de levier $F_{C,Rd,y}$ [6.2.8.1.(2)]

$z_{t,y} = 240$ [mm] Bras de levier $F_{T,Rd,y}$ [6.2.8.1.(3)]

$M_{j,Rd,y} = 356,11$ [kN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion [6.2.8.3]

$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23) $0,88 < 1,00$ **vérifié** (0,88)

$e_z = 97$ [mm] Excentricité de l'effort axial [6.2.8.3]

$z_{C,z} = 177$ [mm] Bras de levier $F_{C,Rd,z}$ [6.2.8.1.(2)]

$z_{t,z} = 240$ [mm] Bras de levier $F_{T,Rd,z}$ [6.2.8.1.(3)]

$e_z = 97$ [mm] Excentricité de l'effort axial [6.2.8.3]
 $M_{j,Rd,z} = 119,51$ [kN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion [6.2.8.3]

$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23) $0,02 < 1,00$ **vérifié** (0,02)

$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ $0,90 < 1,00$ **vérifié** (0,90)

CISAILLEMENT

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

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

$\alpha_{d,y} = 0,90$ Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$\alpha_{b,y} = 0,90$ Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$ [Tableau 3.4]

$k_{1,y} = 2,50$ Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} = 88307,69$ [daN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

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

$\alpha_{d,z} = 0,77$ Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$\alpha_{b,z} = 0,77$ Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$ [Tableau 3.4]

$k_{1,z} = 2,50$ Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,z} = 75692,31$ [daN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE

$\alpha_b = 0,25$ Coef. pour les calculs de la résistance $F_{2,vb,Rd}$ [6.2.2.(7)]

$A_{vb} = 4,52$ [cm²] Aire de la section du boulon [6.2.2.(7)]

$f_{ub} = 1000,00$ [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction [6.2.2.(7)]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Coefficient de sécurité partiel [6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$$

$F_{2,vb,Rd} = 8975,40$ [daN] Résistance du boulon au cisaillement - sans bras de levier [6.2.2.(7)]

GLISSEMENT DE LA SEMELLE

$C_{f,d} = 0,30$ Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton [6.2.2.(6)]

$N_{C,Ed} = 0,00$ [daN] Effort de compression [6.2.2.(6)]

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{C,Ed}$$

$F_{f,Rd} = 0,00$ [daN] Résistance au glissement [6.2.2.(6)]

CONTROLE DU CISAILLEMENT

$$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,y} = 107704,85$ [daN] Résistance de l'assemblage au cisaillement

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$ $0,00 < 1,00$ **vérifié** (0,00)

$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,z} = 107704,85$ [daN] Résistance de l'assemblage au cisaillement

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$ $0,08 < 1,00$ **vérifié** (0,08)

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$ $0,09 < 1,00$ **vérifié** (0,09)

CONTROLE DES RAIDISSEURS

Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)

$M_1 = 18,98$ [kN*m] Moment fléchissant du raidisseur

$Q_1 = 25302,81$ [daN] Effort tranchant du raidisseur

$z_s = 102$ [mm] Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)

$I_s = 18851,17$ [cm⁴] Moment d'inertie du raidisseur

$\sigma_d = 5,19$ [MPa] Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_g = 35,07$ [MPa] Contrainte normale dans les fibres supérieures EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\tau = 63,26$ [MPa] Contrainte tangentielle dans le raidisseur EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_z = 109,69$ [MPa] Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,47 < 1,00$ **vérifié** (0,47)

Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$M_1 = 18,98$ [kN*m] Moment fléchissant du raidisseur

$Q_1 = 25302,81$ [daN] Effort tranchant du raidisseur

$z_s = 82$ [mm] Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)

$I_s = 20685,27$ [cm⁴] Moment d'inertie du raidisseur

$\sigma_d = 2,95$ [MPa] Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_g = 33,75$ [MPa] Contrainte normale dans les fibres supérieures EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\tau = 63,26$ [MPa] Contrainte tangentielle dans le raidisseur EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_z = 109,60$ [MPa] Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,47 < 1,00$ **vérifié** (0,47)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$M_1 = 10,61$ [kN*m] Moment fléchissant du raidisseur

$Q_1 = 14148,25$ [daN] Effort tranchant du raidisseur

$z_s = 72$ [mm] Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)

$I_s = 21632,68$ [cm⁴] Moment d'inertie du raidisseur

$\sigma_d = 1,10$ [MPa] Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_g = 18,52$ [MPa] Contrainte normale dans les fibres supérieures EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\tau = 35,37$ [MPa] Contrainte tangentielle dans le raidisseur EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_z = 61,27$ [MPa] Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,26 < 1,00$ **vérifié** (0,26)

SOUDURES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE

$\sigma_{\perp} =$	33,44	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	33,44	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{yII} =$	-0,06	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,y}$	[4.5.3.(7)]
$\tau_{zII} =$	-3,66	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,z}$	[4.5.3.(7)]
$\beta_W =$	0,85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1)	0,11		< 1,00	vérifié (0,11)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	0,17		< 1,00	vérifié (0,17)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	0,15		< 1,00	vérifié (0,15)

SOUDURES VERTICALES DES RAIDISSEURS

Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)

$\sigma_{\perp} =$	35,94	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	35,94	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{II} =$	45,18	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	106,27	[MPa]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_W =$	0,85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	0,28		< 1,00	vérifié (0,28)

Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$\sigma_{\perp} =$	0,00	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	0,00	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{II} =$	50,53	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	0,00	[MPa]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_W =$	0,85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	0,23		< 1,00	vérifié (0,23)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$\sigma_{\perp} =$	20,10	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	20,10	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{II} =$	25,26	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	59,42	[MPa]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_W =$	0,85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	0,15		< 1,00	vérifié (0,15)

SOUDURES HORIZONTALES DES RAIDISSEURS

Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)

$\sigma_{\perp} =$	94,67	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	94,67	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	56,85	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	213,41	[MPa]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)				$0,55 < 1,00$ vérifié (0,55)

Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$\sigma_{\perp} =$	94,67	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	94,67	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	58,60	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	214,82	[MPa]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)				$0,56 < 1,00$ vérifié (0,56)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$\sigma_{\perp} =$	47,64	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	47,64	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	29,53	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	108,14	[MPa]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)				$0,28 < 1,00$ vérifié (0,28)

RIGIDITE DE L'ASSEMBLAGE

Moment fléchissant $M_{j,Ed,y}$

$b_{eff} =$	185	[mm]	Largeur efficace de la semelle de tronçon T	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} =$	468	[mm]	Longueur effective de la semelle de tronçon en T	[6.2.5.(3)]
$k_{13,y} = E_c * \sqrt{(b_{eff} * l_{eff})} / (1.275 * E)$				

$k_{13,y} =$	34	[mm]	Coef. de rigidité du béton comprimé	[Tableau 6.11]
--------------	----	------	-------------------------------------	----------------

$l_{eff} =$	356	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	67	[mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$k_{15,y} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$				

$k_{15,y} =$	63	[mm]	Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction	[Tableau 6.11]
--------------	----	------	---	----------------

$L_b =$	274	[mm]	Longueur effective du boulon d'ancrage	[Tableau 6.11]
$k_{16,y} = 1.6 * A_b / L_b$				

$k_{16,y} =$	2	[mm]	Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction	[Tableau 6.11]
--------------	---	------	---	----------------

$\lambda_{0,y} =$	0,80		Elancement du poteau	[5.2.2.5.(2)]
$S_{j,ini,y} =$	32760,29	[kN*m]	Rigidité en rotation initiale	[Tableau 6.12]
$S_{j,rig,y} =$	174466,53	[kN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide	[5.2.2.5]

$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$ SEMI-RIGIDE [5.2.2.5.(2)]

Moment fléchissant $M_{j,Ed,z}$

$k_{13,z} = E_c \cdot \sqrt{A_{c,z}} / (1.275 \cdot E)$
 $k_{13,z} = 42$ [mm] Coef. de rigidité du béton comprimé [Tableau 6.11]

$l_{eff} = 369$ [mm] Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2 [6.2.6.5]
 $m = 67$ [mm] Pince boulon-bord de renforcement [6.2.6.5]

$k_{15,z} = 0.425 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$
 $k_{15,z} = 64$ [mm] Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction [Tableau 6.11]

$L_b = 274$ [mm] Longueur effective du boulon d'ancrage [Tableau 6.11]

$k_{16,z} = 1.6 \cdot A_b / L_b$
 $k_{16,z} = 2$ [mm] Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction [Tableau 6.11]

$\lambda_{0,z} = 1,54$ Elancement du poteau [5.2.2.5.(2)]
 $S_{j,ini,z} = 48317,84$ [kN*m] Rigidité en rotation initiale [6.3.1.(4)]
 $S_{j,rig,z} = 46846,80$ [kN*m] Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]

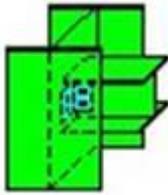
$S_{j,ini,z} \geq S_{j,rig,z}$ RIGIDE [5.2.2.5.(2)]

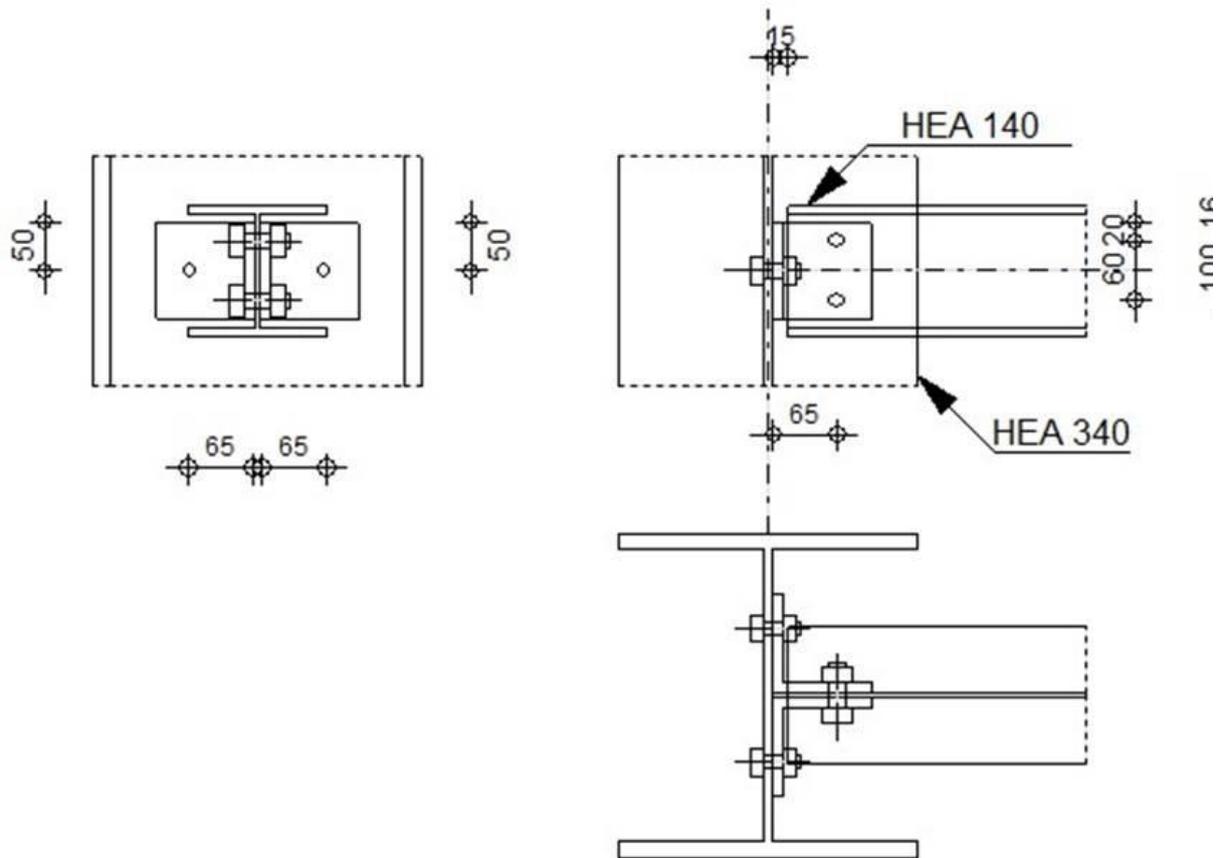
COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

BOULON D'ANCRAGE A LA RUPTURE

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme	Ratio	0,90
--	-------	------

2) Calculs de l'assemblage poutre-poteau :

	Robot Structural Analysis Professional 2023 Calculs de l'assemblage poutre-poteau (âme) EN 1993-1-8:2005/AC:2009	
Ratio 0,19		



GÉNÉRAL

Assemblage N°: 8
 Nom de l'assemblage: Poutre-poteau (âme)
 Noeud de la structure: 10
 Barres de la structure: 8, 122

GÉOMÉTRIE

POTEAU

Profilé: HEA 340
 Barre N°: 8
 $\alpha = -90,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_c = 330$ [mm] Hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 300$ [mm] Largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau
 $t_{fc} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau
 $r_c = 27$ [mm] Rayon de congé de la section du poteau
 $A_c = 133,47$ [cm²] Aire de la section du poteau
 $I_{yc} = 27693,10$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau: S 275

$f_{yc} =$	275,00	[MPa]	Résistance de calcul
$f_{uc} =$	430,00	[MPa]	Résistance à la traction

POUTRE

Profilé:	HEA 140		
Barre N°:	122		
$\alpha =$	0,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_b =$	133	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_b =$	140	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wb} =$	6	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
$t_{fb} =$	8	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_b =$	12	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_b =$	31,42	[cm ²]	Aire de la section de la poutre
$I_{yb} =$	1033,13	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la poutre

Matériau:	S 275		
$f_{yb} =$	275,00	[MPa]	Résistance de calcul
$f_{ub} =$	430,00	[MPa]	Résistance à la traction

CORNIÈRE

Profilé:	CAE 100x10		
$h_k =$	100	[mm]	Hauteur de la section de la cornière
$b_k =$	100	[mm]	Largeur de la section de la cornière
$t_{fk} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la cornière
$r_k =$	12	[mm]	Rayon de congé de l'âme de la section de la cornière
$l_k =$	100	[mm]	Longueur de la cornière

Matériau:	S 275		
$f_{yk} =$	275,00	[MPa]	Résistance de calcul
$f_{uk} =$	430,00	[MPa]	Résistance à la traction

BOULONS

BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU À LA CORNIÈRE

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
$d =$	14	[mm]	Diamètre du boulon
$d_0 =$	15	[mm]	Diamètre du trou de boulon
$A_s =$	1,15	[cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	1,54	[cm ²]	Aire de la section du boulon
$f_{ub} =$	800,00	[MPa]	Résistance à la traction
$k =$	1		Nombre de colonnes des boulons

Classe =	8.8	Classe du boulon
w =	1	Nombre de rangées des boulons
e1 =	50 [mm]	Niveau du premier boulon

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE

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

Classe =	4.8	Classe du boulon
d =	16 [mm]	Diamètre du boulon
d0 =	18 [mm]	Diamètre du trou de boulon
As =	1,57 [cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
Av =	2,01 [cm ²]	Aire de la section du boulon
fub =	400,00 [MPa]	Résistance à la traction
k =	1	Nombre de colonnes des boulons
w =	2	Nombre de rangées des boulons
e1 =	20 [mm]	Niveau du premier boulon
p1 =	60 [mm]	Entraxe

COEFFICIENTS DE MATÉRIAU

γ_{M0} =	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ_{M2} =	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

EFFORTS

Cas: 80: $ELU/1944=1*1.00 + 12*1.35 + 5*1.35 + 1*1.00+(12+5)*1.35$

$N_{b,Ed}$ =	-2465,51 [daN]	Effort axial
$V_{b,Ed}$ =	72,59 [daN]	Effort tranchant
$M_{b,Ed}$ =	0,00 [kN*m]	Moment fléchissant

RÉSULTATS

BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU À LA CORNIÈRE

RÉSISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd}$ =	5911,2 [daN]	Résistance du boulon au cisaillement dans la partie non fileté d'un	$F_{v,Rd} =$
=	2]	boulon	$0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur l'âme du poteau

Direction x			
k_{1x} =	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bx} = 1,00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd1x} = 11438,00$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$
Direction z		
$k_{1z} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bz} = 1,00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd1z} = 11438,00$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la cornière

Direction x		
$k_{1x} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bx} = 0,78$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,78 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd2x} = 9364,44$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$
Direction z		
$k_{1z} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bz} = 1,00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd2z} = 12040,00$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE POTEAU - CORNIÈRE

cisaillement des boulons

$e = 68$ [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre	
$M_0 = 0,02$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = 0.5 * V_{b,Ed} * e$
$F_{Vz} = 36,29$ [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = 0.5 * V_{b,Ed} / n$
$F_{Mx} = 0,00$ [daN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum z_i^2$
$F_{X,Ed} = 0,00$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{X,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$

$e =$	68 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre	
$F_{z,Ed}$	36,29 [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
F_{Ed}	36,29 [daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
F_{Rdx}	9364,4 [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
F_{Rdz}	11438,00 [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 0,00 < 9364,44$	vérifié	(0,00)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 36,29 < 11438,00$	vérifié	(0,00)
$F_{Ed} \leq F_{V,Rd}$	$36,29 < 5911,22$	vérifié	(0,01)

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE

RÉSISTANCE DES BOULONS

$F_{V,Rd}$	7720,7 [daN]	Résistance du boulon au cisaillement dans la partie non fileté d'un boulon	$F_{V,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$
------------	--------------	--	---

Pression du boulon sur la poutre

Direction x			
$k_{1x} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié	
----------------	---------------	---------	--

$\alpha_{bx} =$	0,93	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
-----------------	------	--	--

$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,93 > 0,00$	vérifié	
---------------------	---------------	---------	--

$F_{b,Rd1x} =$	7007,41 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$
----------------	---------------	---	---

Direction z			
$k_{1z} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié	
----------------	---------------	---------	--

$\alpha_{bz} =$	0,68	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
-----------------	------	--	--

$\alpha_{bz} > 0.0$	$0,68 > 0,00$	vérifié	
---------------------	---------------	---------	--

$F_{b,Rd1z} =$	5115,41 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$
----------------	---------------	---	---

Pression du boulon sur la cornière

Direction x			
$k_{1x} =$	1,41	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$	$1,41 > 0,00$	vérifié	
----------------	---------------	---------	--

$\alpha_{bx} =$	0,65	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0,65 > 0,00	vérifié
$F_{b,Rd2x} =$	10068,02 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$
Direction z			
$k_{1z} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$		2,50 > 0,00	vérifié
$\alpha_{bz} =$	0,37	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		0,37 > 0,00	vérifié
$F_{b,Rd2z} =$	10192,59 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE CORNIÈRE - POUTRE

cisaillement des boulons

$e =$	70 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau	
$M_0 =$	0,05 [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = M_{b,Ed} + V_{b,Ed} * e$
$F_{Nx} =$	1232,75 [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{Nx} = N_{b,Ed} / n$
$F_{Vz} =$	36,29 [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = V_{b,Ed} / n$
$F_{Mx} =$	84,39 [daN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction x	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum(x_i^2 + z_i^2)$
$F_{Mz} =$	0,00 [daN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction z	$F_{Mz} = M_0 * x_i / \sum(x_i^2 + z_i^2)$
$F_{x,Ed} =$	1317,14 [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed} =$	36,29 [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Ed} =$	1317,64 [daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} =$	7007,41 [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} =$	5115,41 [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 1317,14 < 7007,41$	vérifié	(0,19)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 36,29 < 5115,41$	vérifié	(0,01)
$F_{Ed} \leq F_{V,Rd}$	$1317,64 < 7720,78$	vérifié	(0,17)

VÉRIFICATION DE LA SECTION POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC (EFFORT TRANSVERSAL)

CORNIÈRE

$$A_{nt} = 2,60 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire nette de la zone de la section en traction}$$

$$A_{nv} = 5,30 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la zone de la section en traction}$$

$$V_{effRd} = 12121,8 \text{ [daN]} \text{ Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous}$$

$$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$$

$$|0.5 \cdot V_{b,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |36,29| < 12121,89 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

POUTRE

$$A_{nt} = 2,25 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire nette de la zone de la section en traction}$$

$$A_{nv} = 3,82 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la zone de la section en traction}$$

$$V_{effRd} = 9395,9 \text{ [daN]} \text{ Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous}$$

$$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$$

$$|V_{b,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |72,59| < 9395,90 \quad \text{vérifié} \quad (0,01)$$

VÉRIFICATION DE LA RÉSISTANCE DE LA SECTION DE LA CORNIÈRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$$A_t = 10,00 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la zone tendue de la section brute}$$

$$A_{t,net} = 6,40 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire nette de la zone de la section en traction}$$

$$0.9 \cdot (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y \cdot \gamma_{M2}) / (f_u \cdot \gamma_{M0}) \quad 0,58 < 0,73$$

$$W_{net} = 9,99 \text{ [cm}^3\text{]} \text{ Facteur élastique de la section}$$

$$M_{C,Rdnet} = 2,50 \text{ [kN}\cdot\text{m]} \text{ Résistance de calcul de la section à la flexion}$$

$$M_{C,Rdnet} = W_{net} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$$

$$|M_0| \leq M_{C,Rdnet} \quad |0,03| < 2,50 \quad \text{vérifié} \quad (0,01)$$

$$A_v = 10,00 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la section efficace en cisaillement}$$

$$A_{v,net} = 6,40 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la section efficace nette en cisaillement}$$

$$V_{pl,Rd} = 14433,76 \text{ [daN]} \text{ Résistance plastique de calcul pour le cisaillement}$$

$$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$$

$$|0.5 \cdot V_{b,Ed}| \leq V_{pl,Rd} \quad |36,29| < 14433,76 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

VÉRIFICATION DE LA RÉSISTANCE DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$$A_t = 7,31 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la zone tendue de la section brute}$$

$$A_{t,net} = 5,33 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire nette de la zone de la section en traction}$$

$$0.9 \cdot (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y \cdot \gamma_{M2}) / (f_u \cdot \gamma_{M0}) \quad 0,66 < 0,73$$

$$W_{net} = 13,60 \text{ [cm}^3\text{]} \text{ Facteur élastique de la section}$$

$$M_{C,Rdnet} = 3,40 \text{ [kN}\cdot\text{m]} \text{ Résistance de calcul de la section à la flexion}$$

$$M_{C,Rdnet} = W_{net} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$$

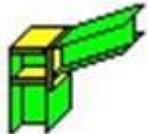
$ M_0 \leq M_{C,Rdnet}$	$ 0,05 < 3,40$	vérifié	(0,01)
$A_V = 7,31$ [cm ²]	Aire de la section efficace en cisaillement		
$A_{V,net} = 5,33$ [cm ²]	Aire de la section efficace nette en cisaillement		$A_{V,net} = A_V - n_V \cdot d_0$
$V_{pl,Rd} = 10558,29$ [daN]	Résistance plastique de calcul pour le cisaillement		$V_{pl,Rd} = (A_V \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 72,59 < 10558,29$	vérifié	(0,01)

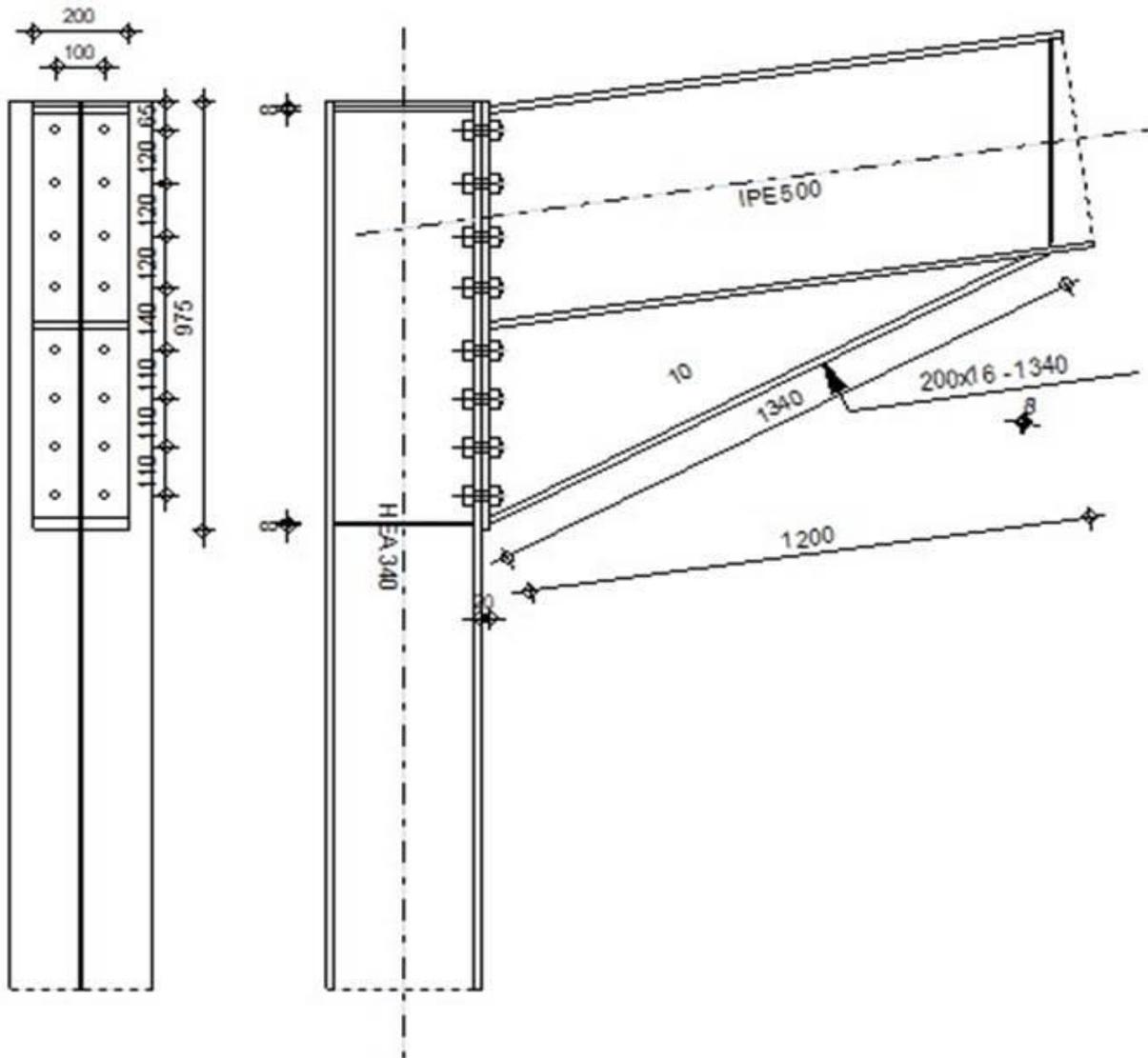
REMARQUES

Pince boulon-extrémité horizontale de la cornière de l'aile supérieure de la poutre trop faible	8 [mm] < 12 [mm]
Pince boulon-extrémité horizontale de la cornière de l'aile inférieure de la poutre trop faible	8 [mm] < 12 [mm]
Pince boulon-extrémité horizontale supérieure de la cornière trop faible	20 [mm] < 22 [mm]
Pince boulon-extrémité horizontale inférieure de la cornière trop faible	20 [mm] < 22 [mm]

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme	Ratio	0,19
--	-------	------

3) Calcul de l'encastrement traverse-poteau :

	Robot Structural Analysis Professional 2023 Calcul de l'Encastrement Traverse-Poteau EN 1993-1-8:2005/AC:2009	
	Ratio 0,57	



GÉNÉRAL

Assemblage N°: 6
 Nom de l'assemblage: Angle de portique
 Noeud de la structure: 34
 Barres de la structure: 29, 35

GÉOMÉTRIE

POTEAU

Profilé: HEA 340
 Barre N°: 29
 $\alpha = -90,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_c = 330$ [mm] Hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 300$ [mm] Largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$t_{fc} =$	16	[mm]	Épaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	27	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	133,47	[cm ²]	Aire de la section du poteau
$I_{xc} =$	27693,10	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau: S 275

$f_{yc} =$ 275,00 [MPa] Résistance

POUTRE

Profilé: IPE 500

Barre N°: 35

$\alpha =$	8,1	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_b =$	500	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_f =$	200	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wb} =$	10	[mm]	Épaisseur de l'âme de la section de la poutre
$t_{fb} =$	16	[mm]	Épaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_b =$	21	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$r_b =$	21	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_b =$	115,52	[cm ²]	Aire de la section de la poutre
$I_{xb} =$	48198,50	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la poutre

Matériau: S 275

$f_{yb} =$ 275,00 [MPa] Résistance

BOULONS

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

$d =$	22	[mm]	Diamètre du boulon
Classe =	HR 10.9		Classe du boulon
$F_{tRd} =$	21816,00	[daN]	Résistance du boulon à la traction
$n_h =$	2		Nombre de colonnes des boulons
$n_v =$	8		Nombre de rangées des boulons
$h_1 =$	65	[mm]	Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about
Ecartement $e_i =$	100	[mm]	
Entraxe $p_i =$	120;120;120;140;110;110;110	[mm]	

PLATINE

$h_p =$	975	[mm]	Hauteur de la platine
$b_p =$	200	[mm]	Largeur de la platine
$t_p =$	20	[mm]	Épaisseur de la platine

Matériau: S 235

$f_{yp} =$ 235,00 [MPa] Résistance

JARRET INFÉRIEUR

$w_d =$	200	[mm]	Largeur de la platine
$t_{fd} =$	16	[mm]	Epaisseur de l'aile
$h_d =$	450	[mm]	Hauteur de la platine
$t_{wd} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme
$l_d =$	1200	[mm]	Longueur de la platine
$\alpha =$	27,5	[Deg]	Angle d'inclinaison

Matériau: S 275

 $f_{ybu} = 275,00$ [MPa] Résistance**RAIDISSEUR POTEAU****Supérieur**

$h_{su} =$	297	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{su} =$	145	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hu} =$	8	[mm]	Epaisseur du raidisseur

Matériau: S 235

 $f_{ysu} = 235,00$ [MPa] Résistance**Inférieur**

$h_{sd} =$	297	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{sd} =$	145	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hd} =$	8	[mm]	Epaisseur du raidisseur

Matériau: S 235

 $f_{ysu} = 235,00$ [MPa] Résistance**SOUDURES D'ANGLE**

$a_w =$	8	[mm]	Soudure âme
$a_f =$	12	[mm]	Soudure semelle
$a_s =$	8	[mm]	Soudure du raidisseur
$a_{fd} =$	5	[mm]	Soudure horizontale

COEFFICIENTS DE MATÉRIAU

$\gamma_{M0} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

EFFORTS

Etat limite: ultime

Cas: 62: $ELU/1566=1*1.00 + 6*1.35 + 5*1.35 + 1*1.00+(6+5)*1.35$

$M_{b1,Ed} = -274,66$ [kN*m] Moment fléchissant dans la poutre droite
 $V_{b1,Ed} = -9046,68$ [daN] Effort tranchant dans la poutre droite
 $N_{b1,Ed} = -1311,74$ [daN] Effort axial dans la poutre droite
 $M_{c1,Ed} = -274,66$ [kN*m] Moment fléchissant dans le poteau inférieur
 $V_{c1,Ed} = 1311,74$ [daN] Effort tranchant dans le poteau inférieur
 $N_{c1,Ed} = 8725,54$ [daN] Effort axial dans le poteau inférieur

RÉSULTATS

RÉSISTANCES DE LA POUTRE

COMPRESSION

$A_b = 115,52$ [cm²] Aire de la section EN1993-1-1:[6.2.4]
 $N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$

$N_{cb,Rd} = 288800,00$ [daN] Résistance de calcul de la section à la compression EN1993-1-1:[6.2.4]

CISAILLEMENT

$A_{vb} = 105,77$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$
 $V_{cb,Rd} = 152668,73$ [daN] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ $0,06 < 1,00$ vérifié (0,06)

FLEXION - MOMENT PLASTIQUE (SANS RENFORTS)

$W_{plb} = 2194,12$ [cm³] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$
 $M_{b,pl,Rd} = 548,53$ [kN*m] Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

FLEXION AU CONTACT DE LA PLAQUE AVEC L'ELEMENT ASSEMBLE

$W_{pl} = 4585,83$ [cm³] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5]
 $M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$

$M_{cb,Rd} = 1146,46$ [kN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]

AILE ET AME EN COMPRESSION

$M_{cb,Rd} = 1146,46$ [kN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]
 $h_f = 938$ [mm] Distance entre les centres de gravité des ailes [6.2.6.7.(1)]

$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$
 $F_{c,fb,Rd} = 122227,20$ [daN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

AME OU AILE DU RENFORT EN COMPRESSION - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$\beta =$	8,1	[Deg]	Angle entre la platine d'about et la poutre	
$\gamma =$	27,5	[Deg]	Angle d'inclinaison du renfort	
$b_{\text{eff,c,wb}} =$	267	[mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{\text{vb}} =$	59,87	[cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	0,89		Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{\text{com,Ed}} =$	0,00	[MPa]	Contrainte de compression maximale dans l'âme	[6.2.6.2.(2)]
$k_{\text{wC}} =$	1,00		Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression	[6.2.6.2.(2)]
$A_{\text{s}} =$	15,18	[cm ²]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme	EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{\text{c,wb,Rd1}} = [\omega k_{\text{wC}} b_{\text{eff,c,wb}} t_{\text{wb}} f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M0}} + A_{\text{s}} f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M0}}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$$

$$F_{\text{c,wb,Rd1}} = 247706,65 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance de l'âme de la poutre} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

Flambement:

$d_{\text{wb}} =$	426	[mm]	Hauteur de l'âme comprimée	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_{\text{p}} =$	1,12		Elancement de plaque	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0,74		Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_{\text{s}} =$	7,19		Elancement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi =$	1,00		Coefficient de flambement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{\text{c,wb,Rd2}} = [\omega k_{\text{wC}} \rho b_{\text{eff,c,wb}} t_{\text{wb}} f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M1}} + A_{\text{s}} \chi f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M1}}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$$

$$F_{\text{c,wb,Rd2}} = 205123,51 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance de l'âme de la poutre} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

Résistance de l'aile du renfort

$$F_{\text{c,wb,Rd3}} = b_{\text{b}} t_{\text{b}} f_{\text{yb}} / (0,8 \cdot \gamma_{\text{M0}})$$

$$F_{\text{c,wb,Rd3}} = 100000,00 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance de l'aile du renfort} \quad [6.2.6.7.(1)]$$

Résistance finale:

$$F_{\text{c,wb,Rd,low}} = \text{Min} (F_{\text{c,wb,Rd1}}, F_{\text{c,wb,Rd2}}, F_{\text{c,wb,Rd3}})$$

$$F_{\text{c,wb,Rd,low}} = 100000,00 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance de l'âme de la poutre} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

RÉSISTANCES DU POTEAU**PANNEAU D'AME EN CISAILLEMENT**

$M_{\text{b1,Ed}} =$	-274,66	[kN*m]	Moment fléchissant dans la poutre droite	[5.3.(3)]
$M_{\text{b2,Ed}} =$	0,00	[kN*m]	Moment fléchissant dans la poutre gauche	[5.3.(3)]
$V_{\text{c1,Ed}} =$	1311,74	[daN]	Effort tranchant dans le poteau inférieur	[5.3.(3)]
$V_{\text{c2,Ed}} =$	0,00	[daN]	Effort tranchant dans le poteau supérieur	[5.3.(3)]
$z =$	822	[mm]	Bras de levier	[6.2.5]

$$V_{\text{wp,Ed}} = (M_{\text{b1,Ed}} - M_{\text{b2,Ed}}) / z - (V_{\text{c1,Ed}} - V_{\text{c2,Ed}}) / 2$$

$$V_{\text{wp,Ed}} = -34073,21 \quad [\text{daN}] \quad \text{Panneau d'âme en cisaillement} \quad [5.3.(3)]$$

$A_{vs} =$	$44,9$	5 [cm ²]	Aire de cisaillement de l'âme du poteau	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$A_{vc} =$	$44,9$	5 [cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$d_s =$	947	[mm]	Distance entre les centres de gravités des raidisseurs	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,fc,Rd} =$	$5,62$	[kN*m]	Résistance plastique de l'aile du poteau en flexion	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stu,Rd} =$	$1,13$	[kN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal supérieur en flexion	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sti,Rd} =$	$1,13$	[kN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal inférieur en flexion	[6.2.6.1.(4)]

$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} * f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s , (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$
 $V_{wp,Rd} = 59812,51$ [daN] Résistance du panneau d'âme au cisaillement [6.2.6.1]

$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$ $0,57 < 1,00$ **vérifié** $(0,57)$

AME EN COMPRESSION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$t_{wc} =$	10	[mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} =$	283	[mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} =$	$44,95$	[cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	$0,83$		Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	$113,97$	[MPa]	Contrainte de compression maximale dans l'âme	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	$1,00$		Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression	[6.2.6.2.(2)]
$A_s =$	$19,81$	[cm ²]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme	EN1993-1-1:[6.2.4]

$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$

$F_{c,wc,Rd1} = 97794,20$ [daN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wc} =$	243	[mm]	Hauteur de l'âme comprimée	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	$0,93$		Elancement de plaque	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	$0,84$		Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s =$	$2,76$		Elancement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s =$	$1,00$		Coefficient de flambement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$
 $F_{c,wc,Rd2} = 89136,29$ [daN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Résistance finale:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$
 $F_{c,wc,Rd} = 89136,29$ [daN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

AME EN TRACTION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$t_{wc} = 10$ [mm] Epaisseur efficace de l'âme du poteau [6.2.6.2.(6)]
 $b_{eff,c,wc} = 281$ [mm] Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]
 $A_{vc} = 44,95$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
 $\omega = 0,83$ Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]
 $\sigma_{com,Ed} = 113,97$ [MPa] Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]
 $k_{wc} = 1,00$ Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]
 $A_s = 19,81$ [cm²] Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme EN1993-1-1:[6.2.4]
 $F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$

$F_{c,wc,Rd1} = 97540,70$ [daN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wc} = 243$ [mm] Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]
 $\lambda_p = 0,93$ Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]
 $\rho = 0,85$ Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]
 $\lambda_s = 2,76$ Elancement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]
 $\chi_s = 1,00$ Coefficient de flambement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$
 $F_{c,wc,Rd2} = 89035,57$ [daN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Résistance finale:

$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$
 $F_{c,wc,Rd,upp} = 89035,57$ [daN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DE L'ASSEMBLAGE

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	24	-	100	-	110	149	189	149	189	184	134	134	134
2	24	-	100	-	110	149	220	149	220	220	110	110	110
3	24	-	100	-	110	149	220	149	220	220	110	110	110
4	24	-	100	-	125	149	220	149	220	250	125	125	125
5	24	-	100	-	130	149	220	149	220	260	130	130	130
6	24	-	100	-	120	149	220	149	220	240	120	120	120
7	24	-	100	-	120	149	220	149	220	240	120	120	120
8	24	-	100	-	120	149	189	149	189	194	139	139	139

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	36	-	50	-	110	225	227	225	227	223	179	179	179
2	36	-	50	-	110	225	206	206	206	220	110	110	110
3	36	-	50	-	110	225	206	206	206	220	110	110	110
4	36	-	50	-	125	225	206	206	206	250	125	125	125
5	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
6	36	-	50	-	120	225	206	206	206	240	120	120	120

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}
7	36	-	50	-	120	225	206	206	206	240	120	120	120
8	36	-	50	-	120	225	206	206	206	233	163	163	163

- 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 effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes circulaires
- l_{eff,nc} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes non circulaires
- l_{eff,1} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1
- l_{eff,2} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2
- l_{eff,cp,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires
- l_{eff,nc,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires
- l_{eff,1,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 1
- l_{eff,2,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 2

RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA COMPRESSION

$$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd} / 2 F_{c,wb,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,upp})$$

$$N_{j,Rd} = 178071,14 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'assemblage à la compression} \quad [6.2]$$

Nb1,Ed / N _{j,Rd} ≤ 1,0	0,01 < 1,00	vérifié	(0,01)
----------------------------------	-------------	---------	--------

RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA FLEXION

$$F_{t,Rd} = 21816,00 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance du boulon à la traction} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

$$B_{p,Rd} = 35306,73 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

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

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd}) \quad [6.2.6.4] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

$$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd}) \quad [6.2.6.5] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.8.(1)]$$

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})	33225,78	Résistance d'une rangée de boulon

Ft1,Rd,comp - Formule	Ft1,Rd,comp	Composant
$F_{t,fc,Rd(1)} = 36340,00$	36340,00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(1)} = 33225,78$	33225,78	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(1)} = 36271,85$	36271,85	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(1)} = 57437,76$	57437,76	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 70613,45$	70613,45	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd/\beta} = 59812,51$	59812,51	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} = 89035,57$	89035,57	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} = 122227,20$	122227,20	Aile de la poutre - compression

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 2

Ft2,Rd,comp - Formule	Ft2,Rd,comp	Composant
$F_{t2,Rd} = \text{Min}(F_{t2,Rd,comp})$	16789,20	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(2)} = 38284,19$	38284,19	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(2)} = 33225,78$	33225,78	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(2)} = 35146,70$	35146,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(2)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 70613,45$	70613,45	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd/\beta} - \sum 1^1 F_{ti,Rd} = 59812,51 - 33225,78$	26586,73	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 89035,57 - 33225,78$	55809,80	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 33225,78$	89001,43	Aile de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 64110,23 - 33225,78$	30884,46	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 50014,97 - 33225,78$	16789,20	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 63798,85 - 33225,78$	30573,08	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 73743,08 - 33225,78$	40517,30	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 3

Ft3,Rd,comp - Formule	Ft3,Rd,comp	Composant
$F_{t3,Rd} = \text{Min}(F_{t3,Rd,comp})$	9797,54	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(3)} = 38284,19$	38284,19	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(3)} = 33225,78$	33225,78	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(3)} = 35146,70$	35146,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(3)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 70613,45$	70613,45	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd/\beta} - \sum 1^2 F_{ti,Rd} = 59812,51 - 50014,97$	9797,54	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 89035,57 - 50014,97$	39020,60	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 50014,97$	72212,23	Aile de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 62549,77 - 16789,20$	45760,57	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 46163,50 - 16789,20$	29374,30	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 95385,12 - 50014,97$	45370,14	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 64004,33 - 50014,97$	13989,36	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 52442,14 - 16789,20$	35652,94	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 56100,00 - 16789,20$	39310,80	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 93865,76 - 50014,97$	43850,79	Platine d'about - traction - groupe

Ft3,Rd,comp - Formule	Ft3,Rd,comp	Composant
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 101793,08 - 50014,97$	51778,10	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 4

Ft4,Rd,comp - Formule	Ft4,Rd,comp	Composant
$F_{t4,Rd} = \text{Min}(F_{t4,Rd,comp})$	0,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(4)} = 38284,19$	38284,19	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(4)} = 33225,78$	33225,78	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(4)} = 35146,70$	35146,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(4)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 70613,45$	70613,45	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd/\beta} - \sum_1^3 F_{ti,Rd} = 59812,51 - 59812,51$	0,00	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 89035,57 - 59812,51$	29223,06	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 59812,51$	62414,69	Aile de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 63509,07 - 9797,54$	53711,53	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 48565,45 - 9797,54$	38767,91	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 94783,95 - 26586,73$	68197,22	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 63006,07 - 26586,73$	36419,33	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 127619,30 - 59812,51$	67806,79	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 74515,81 - 59812,51$	14703,30	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 56017,74 - 9797,54$	46220,20	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 59925,00 - 9797,54$	50127,46	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 82238,81 - 26586,73$	55652,08	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 87975,00 - 26586,73$	61388,27	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 124727,24 - 59812,51$	64914,73	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 133668,08 - 59812,51$	73855,57	Ame de la poutre - traction - groupe

Les autres boulons sont inactifs (ils ne transfèrent pas de charges) car la résistance d'un des composants de l'assemblage s'est épuisée ou ces boulons sont situés au-dessous du centre de rotation.

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	877	33225,78	36340,00	33225,78	36271,85	57437,76	43632,00	70613,45
2	767	16789,20	38284,19	33225,78	35146,70	52503,51	43632,00	70613,45
3	657	9797,54	38284,19	33225,78	35146,70	52503,51	43632,00	70613,45
4	547	-	38284,19	33225,78	35146,70	52503,51	43632,00	70613,45
5	407	-	38284,19	33225,78	35146,70	52503,51	43632,00	70613,45
6	287	-	38284,19	33225,78	35146,70	52503,51	43632,00	70613,45
7	167	-	38284,19	33225,78	35146,70	52503,51	43632,00	70613,45
8	47	-	36340,00	33225,78	35146,70	52503,51	43632,00	70613,45

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M_{j,Rd}

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 484,48 \text{ [kN*m]} \quad \text{Résistance de l'assemblage à la flexion} \quad [6.2]$$

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,57 < 1,00$ vérifié (0,57)

RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT

$\alpha_v =$	0,60	Coefficient pour le calcul de $F_{v,Rd}$	[Tableau 3.4]
$\beta_{Lf} =$	0,89	Coefficient réducteur pour les assemblages longs	[3.8]
$F_{v,Rd} =$	16172,92 [daN]	Résistance d'un boulon au cisaillement	[Tableau 3.4]
$F_{t,Rd,max} =$	21816,00 [daN]	Résistance d'un boulon à la traction	[Tableau 3.4]
$F_{b,Rd,int} =$	31218,00 [daN]	Résistance du boulon intérieur en pression diamétrale	[Tableau 3.4]
$F_{b,Rd,ext} =$	28600,00 [daN]	Résistance du boulon de rive en pression diamétrale	[Tableau 3.4]

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	43632,00	-163,97	33225,78	18836,32	18672,35	22458,39
2	43632,00	-163,97	16789,20	9518,11	9354,15	27392,60
3	43632,00	-163,97	9797,54	5554,41	5390,44	29491,47
4	43632,00	-163,97	0,00	0,00	-163,97	32345,84
5	43632,00	-163,97	0,00	0,00	-163,97	32345,84
6	43632,00	-163,97	0,00	0,00	-163,97	32345,84
7	43632,00	-163,97	0,00	0,00	-163,97	32345,84
8	43632,00	-163,97	0,00	0,00	-163,97	32345,84

- $F_{tj,Rd,N}$ – Résistance d'une rangée de boulons à la traction pure
- $F_{tj,Ed,N}$ – Effort dans une rangée de boulons dû à l'effort axial
- $F_{tj,Rd,M}$ – Résistance d'une rangée de boulons à la flexion pure
- $F_{tj,Ed,M}$ – Effort dans une rangée de boulons dû au moment
- $F_{tj,Ed}$ – Effort de traction maximal dans la rangée de boulons
- $F_{vj,Rd}$ – Résistance réduite d'une rangée de boulon

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$V_{j,Rd} = 241071,65 \quad \text{[daN]} \quad \text{Résistance de l'assemblage au cisaillement} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,04 < 1,00$ vérifié (0,04)

RÉSISTANCE DES SOUDURES

$$A_w = 215,15 \quad \text{[cm}^2\text{]} \quad \text{Aire de toutes les soudures} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$A_{wy} = 77,18 \quad \text{[cm}^2\text{]} \quad \text{Aire des soudures horizontales} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$A_{wz} = 137,96 \quad \text{[cm}^2\text{]} \quad \text{Aire des soudures verticales} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$I_{wy} = 176555,74 \quad \text{[cm}^4\text{]} \quad \text{Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz.} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$\sigma_{\perp,max} = \tau_{\perp,max} = -51,72 \quad \text{[MPa]} \quad \text{Contrainte normale dans la soudure} \quad \text{[4.5.3.2(6)]}$$

$A_w =$	215,15 [cm ²]	Aire de toutes les soudures	[4.5.3.2(2)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	-50,07 [MPa]	Contraintes dans la soudure verticale	[4.5.3.2(5)]
$\tau_{II} =$	-6,56 [MPa]	Contrainte tangentielle	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient de corrélation	[4.5.3.2(7)]

$\sqrt{[\sigma_{\perp \max}^2 + 3*(\tau_{\perp \max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	103,45 < 360,00	vérifié	(0,29)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	100,78 < 360,00	vérifié	(0,28)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$	51,72 < 259,20	vérifié	(0,20)

RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE

$t_{wash} =$	5 [mm]	Epaisseur de la plaquette	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	16 [mm]	Hauteur de la tête du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	22 [mm]	Hauteur de l'écrou du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	66 [mm]	Longueur du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	7 [mm]	Coefficient de rigidité des boulons	[6.3.2.(1)]

RIGIDITES DES RANGEES DE BOULONS

Nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	keff,j	keff,j h _j	keff,j h _j ²
					Somme	64,84	4095,01
1	877	3	41	28	2	16,63	1457,89
2	767	2	34	17	2	12,19	935,02
3	657	2	34	17	2	10,44	686,04
4	547	3	38	20	2	9,60	524,99
5	407	3	40	20	2	7,36	299,40
6	287	3	37	19	2	4,88	140,03
7	167	3	37	19	2	2,84	47,39
8	47	3	43	25	2	0,91	4,25

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum 3^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

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

$$z_{eq} = 632 \text{ [mm]} \quad \text{Bras de levier équivalent} \quad [6.3.3.1.(3)]$$

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

$$k_{eq} = 10 \text{ [mm]} \quad \text{Coefficient de rigidité équivalent du système de boulons} \quad [6.3.3.1.(1)]$$

$A_{vc} =$	44,95 [cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\beta =$	1,00	Paramètre de transformation	[5.3.(7)]
$z =$	632 [mm]	Bras de levier	[6.2.5]
$k_1 =$	3 [mm]	Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en cisaillement	[6.3.2.(1)]
$k_2 =$	∞	Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en compression	[6.3.2.(1)]

$$S_{j,ini} = E z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq}) \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,ini} = 179291,94 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité en rotation initiale} \quad [6.3.1.(4)]$$

$\mu = 1,00$ Coefficient de rigidité de l'assemblage [6.3.1.(6)]

$S_j = S_{j,ini} / \mu$ [6.3.1.(4)]

$S_j = 179291,94$ [kN*m] Rigidité en rotation finale [6.3.1.(4)]

Classification de l'assemblage par rigidité.

$S_{j,rig} = 76342,53$ [kN*m] Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]

$S_{j,pin} = 4771,41$ [kN*m] Rigidité de l'assemblage articulé [5.2.2.5]

$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$ RIGIDE

COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

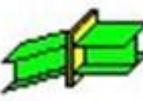
PANNEAU D'AME DU POTEAU EN CISAILLEMENT

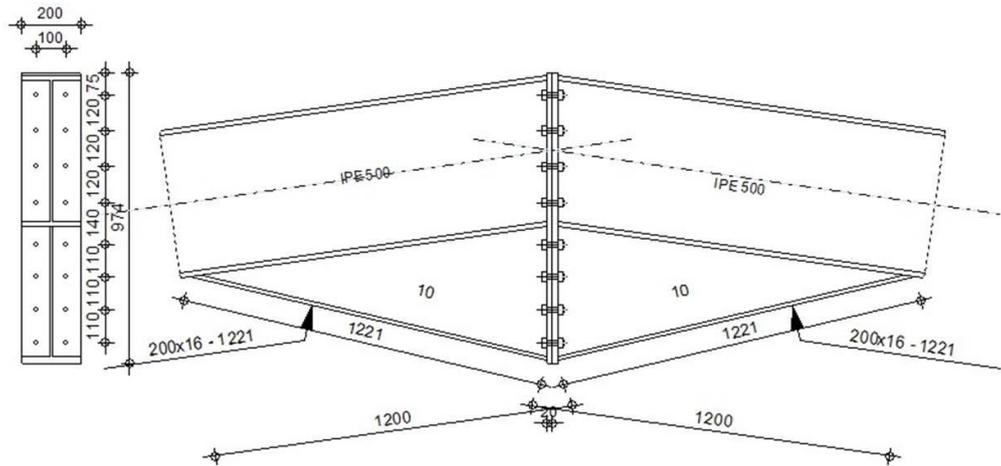
REMARQUES

Epaisseur de l'âme de la contreplaque inférieure à l'épaisseur de l'âme de la poutre 10 [mm] < 10 [mm]

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme	Ratio	0,57
--	-------	------

4) Calcul de l'encastrement poutre-poutre :

	<p>ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL 2023</p> <p>Calcul de l'Encastrement Poutre-Poutre</p> <p>EN 1993-1-8:2005/AC:2009</p>	
<p>Ratio</p> <p>0,38</p>		



GÉNÉRAL

Assemblage N°: 7
 Nom de l'assemblage: Poutre - poutre
 Noeud de la structure: 40
 Barres de la structure: 34, 35

GÉOMÉTRIE

GAUCHE

POUTRE

Profilé: IPE 500
 Barre N°: 34

$\alpha = -171,9$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_{bl} = 500$ [mm] Hauteur de la section de la poutre
 $b_{fb} = 200$ [mm] Largeur de la section de la poutre
 $t_{wbl} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
 $t_{fbl} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
 $r_{bl} = 21$ [mm] Rayon de congé de la section de la poutre
 $A_{bl} = 115,52$ [cm²] Aire de la section de la poutre
 $I_{xbl} = 48198,50$ [cm⁴] Moment d'inertie de la poutre
 Matériau: S 275

$f_{yb} = 275,00$ [MPa] Résistance

DROITE

POUTRE

Profilé: IPE 500
 Barre N°: 35

$\alpha =$	-8,1	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_{br} =$	500	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_{fbr} =$	200	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wbr} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
$t_{fbr} =$	16	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_{br} =$	21	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_{br} =$	115,52	[cm ²]	Aire de la section de la poutre
$I_{xbr} =$	48198,50	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la poutre
Matériau: S 275			

$f_{yb} = 275,00$ [MPa] Résistance

BOULONS

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

$d =$	16	[mm]	Diamètre du boulon
Classe =	HR 10.9		Classe du boulon
$F_{tRd} =$	11304,00	[daN]	Résistance du boulon à la traction
$n_h =$	2		Nombre de colonnes des boulons
$n_v =$	8		Nombre de rangées des boulons
$h_1 =$	75	[mm]	Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about
Ecartement $e_i =$	100	[mm]	
Entraxe $p_i =$	120;120;120;140;110;110;110	[mm]	

PLATINE

$h_{pr} =$	974	[mm]	Hauteur de la platine
$b_{pr} =$	200	[mm]	Largeur de la platine
$t_{pr} =$	20	[mm]	Epaisseur de la platine

Matériau: S 235

$f_{ypr} = 235,00$ [MPa] Résistance

JARRET INFÉRIEUR

$w_{rd} =$	200	[mm]	Largeur de la platine
$t_{frd} =$	16	[mm]	Epaisseur de l'aile
$h_{rd} =$	450	[mm]	Hauteur de la platine
$t_{wrd} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme
$l_{rd} =$	1200	[mm]	Longueur de la platine
$\alpha_d =$	13,3	[Deg]	Angle d'inclinaison

Matériau: S 275

$f_{ybu} = 275,00$ [MPa] Résistance

SOUDURES D'ANGLE

$a_w =$	8	[mm]	Soudure âme
$a_f =$	12	[mm]	Soudure semelle
$a_{fd} =$	5	[mm]	Soudure horizontale

COEFFICIENTS DE MATÉRIAU

$\gamma_{M0} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

EFFORTS**Etat limite: ultime**

Cas: 68: $ELU/1584=1*1.00 + 8*1.35 + 5*1.35 + 1*1.00+(8+5)*1.35$

$M_{b1,Ed} =$	222,29	[kN*m]	Moment fléchissant dans la poutre droite
$V_{b1,Ed} =$	-987,42	[daN]	Effort tranchant dans la poutre droite
$N_{b1,Ed} =$	-651,93	[daN]	Effort axial dans la poutre droite

RÉSULTATS**RÉSISTANCES DE LA POUTRE****COMPRESSION**

$A_b =$ 115,52 [cm²] Aire de la section EN1993-1-1:[6.2.4]

$$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$N_{cb,Rd} =$ 288800,00 [daN] Résistance de calcul de la section à la compression EN1993-1-1:[6.2.4]

CISAILLEMENT

$A_{vb} =$ 104,87 [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$$

$V_{cb,Rd} =$ 151369,69 [daN] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ 0,01 < 1,00 **vérifié** (0,01)

FLEXION - MOMENT PLASTIQUE (SANS RENFORTS)

$W_{plb} =$ 2194,12 [cm³] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$M_{b,pl,Rd} = 548,53$ [kN*m] Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

FLEXION AU CONTACT DE LA PLAQUE AVEC L'ELEMENT ASSEMBLE

$W_{pl} = 4449,19$ [cm³] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5]

$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$

$M_{cb,Rd} = 1112,30$ [kN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]

AILE ET AME EN COMPRESSION

$M_{cb,Rd} = 1112,30$ [kN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]

$h_f = 939$ [mm] Distance entre les centres de gravité des ailes [6.2.6.7.(1)]

$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$

$F_{c,fb,Rd} = 118484,00$ [daN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

AME OU AILE DU RENFORT EN COMPRESSION - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$\beta = 8,1$ [Deg] Angle entre la platine d'about et la poutre

$\gamma = 13,3$ [Deg] Angle d'inclinaison du renfort

$b_{eff,c,wb} = 263$ [mm] Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]

$A_{vb} = 59,87$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\omega = 0,89$ Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]

$\sigma_{com,Ed} = 98,80$ [MPa] Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]

$k_{wc} = 1,00$ Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]

$F_{c,wb,Rd1} = [\omega k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$

$F_{c,wb,Rd1} = 159155,42$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wb} = 426$ [mm] Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]

$\lambda_p = 1,11$ Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]

$\rho = 0,74$ Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]

$F_{c,wb,Rd2} = [\omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M1}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$

$F_{c,wb,Rd2} = 117854,89$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

Résistance de l'aile du renfort

$F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0.8 \gamma_{M0})$

$F_{c,wb,Rd3} = 100000,00$ [daN] Résistance de l'aile du renfort [6.2.6.7.(1)]

Résistance finale:

$F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wb,Rd1}, F_{c,wb,Rd2}, F_{c,wb,Rd3})$

$F_{c,wb,Rd,low} = 100000,00$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DE L'ASSEMBLAGE

LONGUEURS EFFICACES ET PARAMETRES - PLATINE D'ABOUT

Nr	m	m _x	e	e _x	p	leff,cp	leff,nc	leff,1	leff,2	leff,cp,g	leff,nc,g	leff,1,g	leff,2,g
1	36	-	50	-	120	225	231	225	231	233	188	188	188
2	36	-	50	-	120	225	206	206	206	240	120	120	120
3	36	-	50	-	120	225	206	206	206	240	120	120	120
4	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
5	36	-	50	-	125	225	206	206	206	250	125	125	125
6	36	-	50	-	110	225	206	206	206	220	110	110	110
7	36	-	50	-	110	225	206	206	206	220	110	110	110
8	36	-	50	-	110	225	206	206	206	223	158	158	158

- 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
 leff,cp – Longueur effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes circulaires
 leff,nc – Longueur effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes non circulaires
 leff,1 – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1
 leff,2 – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2
 leff,cp,g – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires
 leff,nc,g – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires
 leff,1,g – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 1
 leff,2,g – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 2

RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA COMPRESSION

$$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd} / 2, F_{c,wb,Rd,low})$$

$$N_{j,Rd} = 200000,00 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance de l'assemblage à la compression} \quad [6.2]$$

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,00 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA FLEXION

$$F_{t,Rd} = 11304,00 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance du boulon à la traction} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

$$B_{p,Rd} = 26057,63 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

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 fléchée à la flexion

F_{t,wb,Rd} – résistance de l'âme à la traction

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd}) \quad [6.2.6.4] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \text{ beff},t,wc \text{ twc } f_{yc} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

$$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd}) \quad [6.2.6.5] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wb,Rd} = \text{beff},t,wb \text{ twb } f_{yb} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.8.(1)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 1

F_{t1,Rd,comp} - Formule	F_{t1,Rd,comp}	Composant
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(1)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(1)} = 57437,76$	57437,76	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} = 118484,00$	118484,00	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} = 100000,00$	100000,00	Ame de la poutre - compression

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 2

F_{t2,Rd,comp} - Formule	F_{t2,Rd,comp}	Composant
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	18849,34	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(2)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(2)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 118484,00 - 22608,00$	95876,00	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 22608,00$	77392,00	Ame de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 41457,34 - 22608,00$	18849,34	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 78645,96 - 22608,00$	56037,96	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 3

F_{t3,Rd,comp} - Formule	F_{t3,Rd,comp}	Composant
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	18916,62	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(3)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(3)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 118484,00 - 41457,34$	77026,66	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 41457,34$	58542,66	Ame de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 37833,25 - 18849,34$	18983,90	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 61200,00 - 18849,34$	42350,66	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 60373,97 - 41457,34$	18916,62	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum 2^1 F_{tj,Rd} = 109245,96 - 41457,34$	67788,61	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t3,Rd} = F_{t1,Rd} h_3/h_1$$

$$F_{t3,Rd} = 16455,16 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 4

Ft4,Rd,comp - Formule	Ft4,Rd,comp	Composant
$F_{t4,Rd} = \text{Min} (F_{t4,Rd,comp})$	21907,80	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(4)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(4)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^3 F_{tj,Rd} = 118484,00 - 57912,51$	60571,49	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^3 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 57912,51$	42087,49	Ame de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 38362,96 - 16455,16$	21907,80	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 63750,00 - 16455,16$	47294,84	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 57279,59 - 35304,51$	21975,08	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 94350,00 - 35304,51$	59045,49	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 79820,31 - 57912,51$	21907,80	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 142395,96 - 57912,51$	84483,45	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t4,Rd} = F_{t1,Rd} h_4/h_1$$

$$F_{t4,Rd} = 13378,74 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 5

Ft5,Rd,comp - Formule	Ft5,Rd,comp	Composant
$F_{t5,Rd} = \text{Min} (F_{t5,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(5)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(5)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^4 F_{tj,Rd} = 118484,00 - 71291,25$	47192,75	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^4 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 71291,25$	28708,75	Ame de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 38627,82 - 13378,74$	25249,08	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 65025,00 - 13378,74$	51646,26	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 57544,45 - 29833,91$	27710,54	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 95625,00 - 29833,91$	65791,09	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 76461,07 - 48683,25$	27777,82	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 126225,00 - 48683,25$	77541,75	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 99001,79 - 71291,25$	27710,54	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 174270,96 - 71291,25$	102979,71	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t5,Rd} = F_{t1,Rd} h_5/h_1$$

$$F_{t5,Rd} = 9789,59 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 6

Ft6,Rd,comp - Formule	Ft6,Rd,comp	Composant
$F_{t6,Rd} = \text{Min} (F_{t6,Rd,comp})$	18919,16	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(6)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(6)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 118484,00 - 81080,84$	37403,16	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 81080,84$	18919,16	Ame de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 37568,39 - 9789,59$	27778,80	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 59925,00 - 9789,59$	50135,41	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 57014,73 - 23168,33$	33846,39	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 93075,00 - 23168,33$	69906,67	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 75931,35 - 39623,50$	36307,85	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 123675,00 - 39623,50$	84051,50	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 94847,97 - 58472,84$	36375,13	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 154275,00 - 58472,84$	95802,16	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 117388,69 - 81080,84$	36307,85	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 202320,96 - 81080,84$	121240,12	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t6,Rd} = F_{t1,Rd} h_6/h_1$$

$$F_{t6,Rd} = 6969,54 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 7

Ft7,Rd,comp - Formule	Ft7,Rd,comp	Composant
$F_{t7,Rd} = \text{Min} (F_{t7,Rd,comp})$	11949,62	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(7)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(7)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 118484,00 - 88050,38$	30433,62	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 88050,38$	11949,62	Ame de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 36773,81 - 6969,54$	29804,27	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 56100,00 - 6969,54$	49130,46	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5)} - \sum 6^5 F_{tj,Rd} = 55955,29 - 16759,13$	39196,16	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5)} - \sum 6^5 F_{tj,Rd} = 87975,00 - 16759,13$	71215,87	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{tj,Rd} = 75401,63 - 30137,87$	45263,76	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{tj,Rd} = 121125,00 - 30137,87$	90987,13	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{tj,Rd} = 94318,26 - 46593,04$	47725,22	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{tj,Rd} = 151725,00 - 46593,04$	105131,96	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{tj,Rd} = 113234,88 - 65442,38$	47792,50	Platine d'about - traction - groupe

Ft7,Rd,comp - Formule	Ft7,Rd,comp	Composant
$F_{t,wb,Rd}(7+6+5+4+3+2) - \sum 6^2 F_{tj,Rd} = 182325,00 - 65442,38$	116882,6 2	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd}(7+6+5+4+3+2+1) - \sum 6^1 F_{tj,Rd} = 135775,60 - 88050,38$	47725,22	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(7+6+5+4+3+2+1) - \sum 6^1 F_{tj,Rd} = 230370,96 - 88050,38$	142320,5 8	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t7,Rd} = F_{t1,Rd} h_7/h_1$$

$$F_{t7,Rd} = 4149,49 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 8

Ft8,Rd,comp - Formule	Ft8,Rd,comp	Composant
$F_{t8,Rd} = \text{Min}(F_{t8,Rd,comp})$	7800,13	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd}(8) = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd}(8) = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^7 F_{tj,Rd} = 118484,00 - 92199,87$	26284,13	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^7 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 92199,87$	7800,13	Ame de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd}(8+7) - \sum 7^7 F_{tj,Rd} = 39313,71 - 4149,49$	35164,22	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(8+7) - \sum 7^7 F_{tj,Rd} = 68326,76 - 4149,49$	64177,27	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd}(8+7+6) - \sum 7^6 F_{tj,Rd} = 57700,61 - 11119,03$	46581,58	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(8+7+6) - \sum 7^6 F_{tj,Rd} = 96376,76 - 11119,03$	85257,73	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd}(8+7+6+5) - \sum 7^5 F_{tj,Rd} = 76882,09 - 20908,62$	55973,48	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(8+7+6+5) - \sum 7^5 F_{tj,Rd} = 128251,76 - 20908,62$	107343,1 4	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd}(8+7+6+5+4) - \sum 7^4 F_{tj,Rd} = 96328,44 - 34287,36$	62041,07	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(8+7+6+5+4) - \sum 7^4 F_{tj,Rd} = 161401,76 - 34287,36$	127114,4 0	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd}(8+7+6+5+4+3) - \sum 7^3 F_{tj,Rd} = 115245,06 - 50742,52$	64502,53	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(8+7+6+5+4+3) - \sum 7^3 F_{tj,Rd} = 192001,76 - 50742,52$	141259,2 3	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd}(8+7+6+5+4+3+2) - \sum 7^2 F_{tj,Rd} = 134161,68 - 69591,87$	64569,81	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(8+7+6+5+4+3+2) - \sum 7^2 F_{tj,Rd} = 222601,76 - 69591,87$	153009,8 9	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd}(8+7+6+5+4+3+2+1) - \sum 7^1 F_{tj,Rd} = 156702,40 - 92199,87$	64502,53	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd}(8+7+6+5+4+3+2+1) - \sum 7^1 F_{tj,Rd} = 270647,71 - 92199,87$	178447,8 5	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t8,Rd} = F_{t1,Rd} h_8/h_1$$

$F_{t8,Rd} = 1329,44$ [daN] Résistance réduite d'une rangée de boulon

[6.2.7.2.(9)]

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	882	22608,00	-	-	22608,00	57437,76	22608,00	52115,25
2	762	18849,34	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
3	642	16455,16	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
4	522	13378,74	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
5	382	9789,59	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
6	272	6969,54	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
7	162	4149,49	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
8	52	1329,44	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M_{j,Rd}

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd} = 582,15$ [kN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion

[6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$	$0,38 < 1,00$	vérifié	(0,38)
---------------------------------	---------------	----------------	--------

RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT

- $\alpha_v = 0,60$ Coefficient pour le calcul de $F_{v,Rd}$ [Tableau 3.4]
- $\beta_{Lf} = 0,82$ Coefficient réducteur pour les assemblages longs [3.8]
- $F_{v,Rd} = 7871,57$ [daN] Résistance d'un boulon au cisaillement [Tableau 3.4]
- $F_{t,Rd,max} = 11304,00$ [daN] Résistance d'un boulon à la traction [Tableau 3.4]
- $F_{b,Rd,int} = 23040,00$ [daN] Résistance du boulon intérieur en pression diamétrale [Tableau 3.4]
- $F_{b,Rd,ext} = 23040,00$ [daN] Résistance du boulon de rive en pression diamétrale [Tableau 3.4]

Nr	F _{tj,Rd,N}	F _{tj,Ed,N}	F _{tj,Rd,M}	F _{tj,Ed,M}	F _{tj,Ed}	F _{vj,Rd}
1	22608,00	-81,49	22608,00	8632,80	8551,31	11489,77
2	22608,00	-81,49	18849,34	7197,57	7116,08	12203,65
3	22608,00	-81,49	16455,16	6283,36	6201,87	12658,37
4	22608,00	-81,49	13378,74	5108,64	5027,15	13242,67
5	22608,00	-81,49	9789,59	3738,13	3656,64	13924,36
6	22608,00	-81,49	6969,54	2661,30	2579,81	14459,97
7	22608,00	-81,49	4149,49	1584,47	1502,98	14995,57
8	22608,00	-81,49	1329,44	507,64	426,15	15531,18

- F_{tj,Rd,N} – Résistance d'une rangée de boulons à la traction pure
- F_{tj,Ed,N} – Effort dans une rangée de boulons dû à l'effort axial
- F_{tj,Rd,M} – Résistance d'une rangée de boulons à la flexion pure
- F_{tj,Ed,M} – Effort dans une rangée de boulons dû au moment
- F_{tj,Ed} – Effort de traction maximal dans la rangée de boulons
- F_{vj,Rd} – Résistance réduite d'une rangée de boulon

$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$V_{j,Rd} = 108505,54 \quad \text{[daN]} \quad \text{Résistance de l'assemblage au cisaillement} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$	0,01 < 1,00	vérifié	(0,01)
---------------------------------	-------------	---------	--------

RÉSISTANCE DES SOUDURES

$A_w =$	215,45 [cm ²]	Aire de toutes les soudures	[4.5.3.2(2)]
$A_{wy} =$	77,23 [cm ²]	Aire des soudures horizontales	[4.5.3.2(2)]
$A_{wz} =$	138,22 [cm ²]	Aire des soudures verticales	[4.5.3.2(2)]
$I_{wy} =$	177401,15 [cm ⁴]	Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz.	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max} =$	41,94 [MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.2(6)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	40,59 [MPa]	Contraintes dans la soudure verticale	[4.5.3.2(5)]
$\tau_{ } =$	-0,71 [MPa]	Contrainte tangentielle	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient de corrélation	[4.5.3.2(7)]

$\sqrt{[\sigma_{\perp max}^2 + 3*(\tau_{\perp max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	83,89 < 360,00	vérifié	(0,23)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	81,18 < 360,00	vérifié	(0,23)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$	41,94 < 259,20	vérifié	(0,16)

RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE

$t_{wash} =$	4 [mm]	Epaisseur de la plaquette	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	12 [mm]	Hauteur de la tête du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	16 [mm]	Hauteur de l'écrou du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	58 [mm]	Longueur du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	4 [mm]	Coefficient de rigidité des boulons	[6.3.2.(1)]

RIGIDITES DES RANGEES DE BOULONS

Nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	keff,j	keff,j h _j	keff,j h _j ²
					Somme	112,56	7104,00
1	882	∞	∞	29	3	29,51	2602,52
2	762	∞	∞	19	3	22,57	1719,58
3	642	∞	∞	19	3	19,02	1220,54
4	522	∞	∞	20	3	15,85	826,92
5	382	∞	∞	20	3	11,46	437,52
6	272	∞	∞	17	3	7,83	212,84
7	162	∞	∞	17	3	4,66	75,45
8	52	∞	∞	25	3	1,66	8,62

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum 1 / k_{i,j}) \quad \text{[6.3.3.1.(2)]}$$

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

$z_{eq} = 631$ [mm] Bras de levier équivalent [6.3.3.1.(3)]

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

$k_{eq} = 18$ [mm] Coefficient de rigidité équivalent du système de boulons [6.3.3.1.(1)]

$$S_{j,ini} = E z_{eq}^2 k_{eq}$$

$S_{j,ini} = 1491840,35$ [kN*m] Rigidité en rotation initiale [6.3.1.(4)]

$$\mu = 1,00$$
 Coefficient de rigidité de l'assemblage [6.3.1.(6)]

$$S_j = S_{j,ini} / \mu$$

$S_j = 1491840,35$ [kN*m] Rigidité en rotation finale [6.3.1.(4)]

Classification de l'assemblage par rigidité.

$$S_{j,rig} = 76342,53$$
 [kN*m] Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]

$$S_{j,pin} = 4771,41$$
 [kN*m] Rigidité de l'assemblage articulé [5.2.2.5]

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$$
 RIGIDE

COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

AME DE LA POUTRE OU AILE DE LA CONTREPLAQUE EN COMPRESSION

REMARQUES

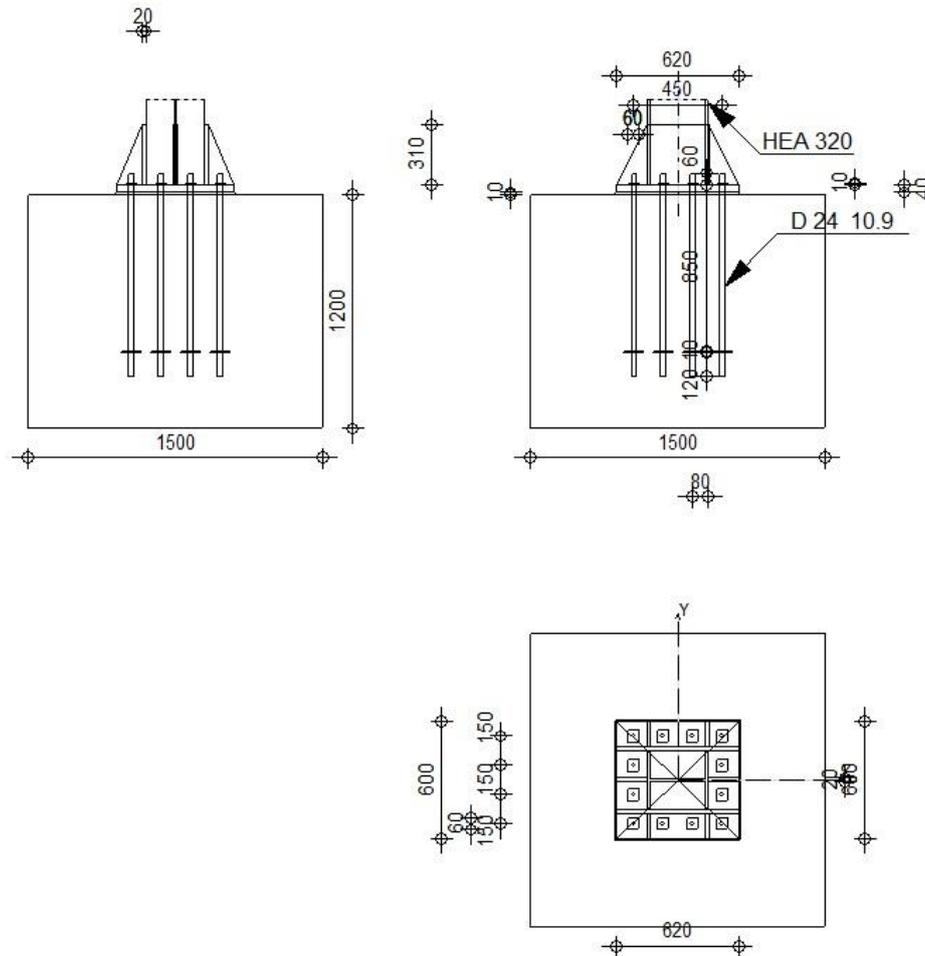
Epaisseur de l'âme de la contreplaque inférieure à l'épaisseur de l'âme de la poutre 10 [mm] < 10 [mm]

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme	Ratio	0,38
--	-------	------

Bloc administratif :

1) Calcul du Pied de poteau encastré :

	Robot Structural Analysis Professional 2023 Calcul du Pied de Poteau encastré Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009	 Ratio 0,36
---	---	---



GENERAL

Assemblage N°: 1
 Nom de l'assemblage: Pied de poteau encastré
 Noeud de la structure: 77
 Barres de la structure: 69

GEOMETRIE

POTEAU

Profilé: HEA 320
 Barre N°: 69

$L_c =$	10,00	[m]	Longueur du poteau
$\alpha =$	0,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_c =$	310	[mm]	Hauteur de la section du poteau
$b_{fc} =$	300	[mm]	Largeur de la section du poteau
$t_{wc} =$	9	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section du poteau
$t_{fc} =$	16	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	27	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	124,37	[cm ²]	Aire de la section du poteau
$I_{yc} =$	22928,60	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau: S 275

$f_{yc} =$	27500000,00	[daN/m ²]	Résistance
$f_{uc} =$	43000000,00	[daN/m ²]	Résistance ultime du matériau

PLATINE DE PRESCELLEMENT

$l_{pd} =$	620	[mm]	Longueur
$b_{pd} =$	600	[mm]	Largeur
$t_{pd} =$	40	[mm]	Epaisseur
Matériau:	S 235		
$f_{ypd} =$	23500000,00	[daN/m ²]	Résistance
$f_{upd} =$	36000000,00	[daN/m ²]	Résistance ultime du matériau

ANCRAGE

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

Classe =	10.9		Classe de tiges d'ancrage
$f_{yb} =$	67000000,00	[daN/m ²]	Limite de plasticité du matériau du boulon
$f_{ub} =$	100000000,00	[daN/m ²]	Résistance du matériau du boulon à la traction
$d =$	24	[mm]	Diamètre du boulon
$A_s =$	3,53	[cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	4,52	[cm ²]	Aire de la section du boulon
$n_H =$	4		Nombre de colonnes des boulons
$n_V =$	4		Nombre de rangées des boulons
Ecartement $e_{Hi} =$	150;150	[mm]	
Entraxe $e_{Vi} =$	150;150	[mm]	

Dimensions des tiges d'ancrage

$L_1 =$	60	[mm]
$L_2 =$	850	[mm]
$L_3 =$	120	[mm]

Plaque d'ancrage

$d =$	100	[mm]	Diamètre
$t_p =$	10	[mm]	Epaisseur
Matériau:	S 235		
$f_y =$	23500000,00	[daN/m ²]	Résistance

Platine

$l_{wd} =$	60	[mm]	Longueur
$b_{wd} =$	60	[mm]	Largeur
$t_{wd} =$	10	[mm]	Epaisseur

RAIDISSEUR

$l_s =$	620	[mm]	Longueur
$w_s =$	600	[mm]	Largeur
$h_s =$	310	[mm]	Hauteur
$t_s =$	20	[mm]	Epaisseur

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel
$\gamma_C =$	1,50	Coefficient de sécurité partiel

SEMELLE ISOLEE

$L =$	1500	[mm]	Longueur de la semelle
$B =$	1500	[mm]	Largeur de la semelle
$H =$	1200	[mm]	Hauteur de la semelle

Béton

Classe	C25/30		
$f_{ck} =$	2500000,00	[daN/m ²]	Résistance caractéristique à la compression

Mortier de calage

$t_g = 10$ [mm] Epaisseur du mortier de calage
 $f_{ck,g} = 1200000,00$ [daN/m²] Résistance caractéristique à la compression
 $C_{f,d} = 0,30$ Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton

SOUURES

$a_p = 6$ [mm] Plaque principale du pied de poteau
 $a_s = 4$ [mm] Raidisseurs

EFFORTS

Cas: 23: ELU/24=1*1.00 + 5*1.35 1*1.00+5*1.35
 $N_{j,Ed} = 7841,35$ [daN] Effort axial
 $V_{j,Ed,y} = 6,28$ [daN] Effort tranchant
 $V_{j,Ed,z} = 3861,56$ [daN] Effort tranchant
 $M_{j,Ed,y} = -9496,55$ [daN*m] Moment fléchissant
 $M_{j,Ed,z} = 23,18$ [daN*m] Moment fléchissant

RESULTATS

ZONE COMPRIMEE

COMPRESSION DU BETON

$f_{cd} = 1666666,6$ [daN/m²] Résistance de calcul à la compression EN 1992-1:[3.1.6.(1)]
 $f_j = 2732607,6$ [daN/m²] Résistance de calcul du matériau du joint sous la plaque d'assise [6.2.5.(7)]
 $c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{M0}))}$
 $c = 65$ [mm] Largeur de l'appui additionnelle [6.2.5.(4)]
 $b_{eff} = 145$ [mm] Largeur efficace de la semelle de tronçon T [6.2.5.(3)]
 $l_{eff} = 429$ [mm] Longueur effective de la semelle de tronçon en T [6.2.5.(3)]
 $A_{c0} = 620,74$ [cm²] Zone de contact de la plaque d'assise avec la fondation EN 1992-1:[6.7.(3)]
 $A_{c1} = 5586,64$ [cm²] Aire de calcul maximale de la répartition de la charge EN 1992-1:[6.7.(3)]
 $F_{rd,u} = A_{c0}*f_{cd}*\sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3*A_{c0}*f_{cd}$
 $F_{rd,u} = 310369,00$ [daN] Résistance du béton à l'appui rigide EN 1992-1:[6.7.(3)]
 $\beta_j = 0,67$ Coefficient réducteur pour la compression [6.2.5.(7)]
 $f_{jd} = \beta_j*F_{rd,u}/(b_{eff}*l_{eff})$
 $f_{jd} = 3333333,33$ [daN/m²] Résistance de calcul du matériau du joint [6.2.5.(7)]
 $A_{c,y} = 1282,17$ [cm²] Aire de flexion My [6.2.8.3.(1)]
 $A_{c,z} = 1119,86$ [cm²] Aire de flexion Mz [6.2.8.3.(1)]
 $F_{c,Rd,i} = A_{c,i}*f_{jd}$
 $F_{c,Rd,y} = 427389,96$ [daN] Résistance du béton à la flexion My [6.2.8.3.(1)]
 $F_{c,Rd,z} = 373287,99$ [daN] Résistance du béton à la flexion Mz [6.2.8.3.(1)]

AILE ET AME DU POTEAU EN COMPRESSION

$CL = 3,00$ Classe de la section EN 1993-1-1:[5.5.2]
 $W_{el,y} = 5129,94$ [cm³] Facteur élastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
 $M_{c,Rd,y} = 128248,47$ [daN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]
 $h_{f,y} = 368$ [mm] Distance entre les centres de gravité des ailes [6.2.6.7.(1)]
 $F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{f,y}$
 $F_{c,fc,Rd,y} = 348270,34$ [daN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]
 $W_{el,z} = 4003,84$ [cm³] Facteur élastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
 $M_{c,Rd,z} = 100096,03$ [daN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]
 $h_{f,z} = 357$ [mm] Distance entre les centres de gravité des ailes [6.2.6.7.(1)]
 $F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{f,z}$
 $F_{c,fc,Rd,z} = 280071,54$ [daN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

RESISTANCE DE LA SEMELLE DANS LA ZONE COMPRIMEE

$F_{c,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$

$F_{C,Rd,y} = 348270,34$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone comprimée [6.2.8.3]
 $F_{C,Rd,z} = \min(F_{C,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$
 $F_{C,Rd,z} = 280071,54$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone comprimée [6.2.8.3]

ZONE TENDUE

RUPTURE DU BOULON D'ANCRAGE

$A_b = 3,53$ [cm²] Aire de section efficace du boulon [Tableau 3.4]
 $f_{ub} = 100000000,00$ [daN/m²] Résistance du matériau du boulon à la traction [Tableau 3.4]
 $\beta = 0,85$ Coefficient de réduction de la résistance du boulon [3.6.1.(3)]
 $F_{t,Rd,s1} = \beta \cdot 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$
 $F_{t,Rd,s1} = 21603,60$ [daN] Résistance du boulon à la rupture [Tableau 3.4]
 $F_{t,Rd,s} = F_{t,Rd,s1}$
 $F_{t,Rd,s} = 21603,60$ [daN] Résistance du boulon à la rupture

RESISTANCE DU BOULON D'ANCRAGE A LA TRACTION

$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,s}$
 $F_{t,Rd} = 21603,60$ [daN] Résistance du boulon d'ancrage à traction

FLEXION DE LA PLAQUE DE BASE

Moment fléchissant $M_{j,Ed,y}$

$l_{eff,1} = 367$ [mm] Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1 [6.2.6.5]
 $l_{eff,2} = 367$ [mm] Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2 [6.2.6.5]
 $m = 68$ [mm] Pince boulon-bord de renforcement [6.2.6.5]
 $M_{pl,1,Rd} = 3132,74$ [daN*m] Résistance plastique de la dalle pour le mode 1 [6.2.4]
 $M_{pl,2,Rd} = 3132,74$ [daN*m] Résistance plastique de la dalle pour le mode 2 [6.2.4]
 $F_{T,1,Rd} = 183706,63$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode 1 [6.2.4]
 $F_{T,2,Rd} = 88831,70$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode 2 [6.2.4]
 $F_{T,3,Rd} = 86414,40$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode 3 [6.2.4]
 $F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$
 $F_{t,pl,Rd,y} = 86414,40$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode à la traction [6.2.4]

Moment fléchissant $M_{j,Ed,z}$

$l_{eff,1} = 349$ [mm] Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1 [6.2.6.5]
 $l_{eff,2} = 349$ [mm] Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2 [6.2.6.5]
 $m = 64$ [mm] Pince boulon-bord de renforcement [6.2.6.5]
 $M_{pl,1,Rd} = 2978,92$ [daN*m] Résistance plastique de la dalle pour le mode 1 [6.2.4]
 $M_{pl,2,Rd} = 2978,92$ [daN*m] Résistance plastique de la dalle pour le mode 2 [6.2.4]
 $F_{T,1,Rd} = 187024,81$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode 1 [6.2.4]
 $F_{T,2,Rd} = 89569,07$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode 2 [6.2.4]
 $F_{T,3,Rd} = 86414,40$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode 3 [6.2.4]
 $F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$
 $F_{t,pl,Rd,z} = 86414,40$ [daN] Résistance de la dalle pour le mode à la traction [6.2.4]

RESISTANCES DE SEMELLE DANS LA ZONE TENDUE

$N_{j,Rd} = 259243,20$ [daN] Résistance de la semelle à la traction axiale [6.2.8.3]
 $F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$
 $F_{T,Rd,y} = 86414,40$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone tendue [6.2.8.3]
 $F_{T,Rd,z} = F_{t,pl,Rd,z}$
 $F_{T,Rd,z} = 86414,40$ [daN] Résistance de la semelle dans la zone tendue [6.2.8.3]

CONTROLE DE LA RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24) $0,03 < 1,00$ **vérifié** (0,03)
 $e_y = 1211$ [mm] Excentricité de l'effort axial [6.2.8.3]
 $Z_{c,y} = 184$ [mm] Bras de levier $F_{C,Rd,y}$ [6.2.8.1.(2)]
 $Z_{t,y} = 225$ [mm] Bras de levier $F_{T,Rd,y}$ [6.2.8.1.(3)]
 $M_{j,Rd,y} = 30688,45$ [daN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion [6.2.8.3]
 $M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23) $0,31 < 1,00$ **vérifié** (0,31)
 $e_z = 3$ [mm] Excentricité de l'effort axial [6.2.8.3]
 $Z_{c,z} = 179$ [mm] Bras de levier $F_{C,Rd,z}$ [6.2.8.1.(2)]
 $Z_{t,z} = 225$ [mm] Bras de levier $F_{T,Rd,z}$ [6.2.8.1.(3)]

$e_z =$	3	[mm]	Excentricité de l'effort axial	[6.2.8.3]
$M_{j,Rd,z} =$	504,32	[daN*m]	Résistance de l'assemblage à la flexion	[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23)	0,05	< 1,00	vérifié	(0,05)
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$	0,36	< 1,00	vérifié	(0,36)

CISAILLEMENT

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

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

$\alpha_{d,y} =$	0,96	Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$\alpha_{b,y} =$	0,96	Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$	[Tableau 3.4]
$k_{1,y} =$	2,50	Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \alpha_{b,y} f_{up} d^* t_p / \gamma_{M2}$			
$F_{1,vb,Rd,y} =$	66461,54	[daN]	Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

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

$\alpha_{d,z} =$	1,09	Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$\alpha_{b,z} =$	1,00	Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$	[Tableau 3.4]
$k_{1,z} =$	2,50	Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \alpha_{b,z} f_{up} d^* t_p / \gamma_{M2}$			
$F_{1,vb,Rd,z} =$	69120,00	[daN]	Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE

$\alpha_b =$	0,25	Coef. pour les calculs de la résistance $F_{2,vb,Rd}$	[6.2.2.(7)]
$A_{vb} =$	4,52	[cm ²] Aire de la section du boulon	[6.2.2.(7)]
$f_{ub} =$	100000000,00	[daN/m ²] Résistance du matériau du boulon à la traction	[6.2.2.(7)]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[6.2.2.(7)]
$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b f_{ub} A_{vb} / \gamma_{M2}$			
$F_{2,vb,Rd} =$	8975,40	[daN]	Résistance du boulon au cisaillement - sans bras de levier [6.2.2.(7)]

GLISSEMENT DE LA SEMELLE

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

CONTROLE DU CISAILLEMENT

$V_{j,Rd,y} = n_b \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$			
$V_{j,Rd,y} =$	107704,85	[daN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$	0,00	< 1,00	vérifié (0,00)
$V_{j,Rd,z} = n_b \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$			
$V_{j,Rd,z} =$	107704,85	[daN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement
$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	0,04	< 1,00	vérifié (0,04)
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	0,04	< 1,00	vérifié (0,04)

CONTROLE DES RAIDISSEURS

Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)

$M_1 =$	631,88	[daN*m]	Moment fléchissant du raidisseur	
$Q_1 =$	9026,85	[daN]	Effort tranchant du raidisseur	
$Z_s =$	106	[mm]	Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)	
$I_s =$	14694,94	[cm ⁴]	Moment d'inertie du raidisseur	
$\sigma_d =$	284276,40	[daN/m ²]	Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_g =$	1048717,14	[daN/m ²]	Contrainte normale dans les fibres supérieures	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\tau =$	1455943,67	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle dans le raidisseur	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_z =$	2537740,91	[daN/m ²]	Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp} / \gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1)	0,12	< 1,00	vérifié	(0,12)

Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$M_1 =$	631,88	[daN*m]	Moment fléchissant du raidisseur
$Q_1 =$	9026,85	[daN]	Effort tranchant du raidisseur
$Z_s =$	91	[mm]	Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)

Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$M_1 =$	631,88 [daN*m]	Moment fléchissant du raidisseur	
$I_s =$	16327,77 [cm ⁴]	Moment d'inertie du raidisseur	
$\sigma_d =$	198845,15 [daN/m ²]	Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_g =$	1000845,42 [daN/m ²]	Contrainte normale dans les fibres supérieures	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\tau =$	1455943,67 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle dans le raidisseur	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_z =$	2529595,87 [daN/m ²]	Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1)			0,12 < 1,00 vérifié (0,12)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$M_1 =$	275,11 [daN*m]	Moment fléchissant du raidisseur	
$Q_1 =$	5001,99 [daN]	Effort tranchant du raidisseur	
$z_s =$	78 [mm]	Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)	
$I_s =$	17788,83 [cm ⁴]	Moment d'inertie du raidisseur	
$\sigma_d =$	59283,62 [daN/m ²]	Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_g =$	420140,46 [daN/m ²]	Contrainte normale dans les fibres supérieures	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\tau =$	806772,79 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle dans le raidisseur	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_z =$	1398628,45 [daN/m ²]	Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1)			0,07 < 1,00 vérifié (0,07)

SOUDURES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE

$\sigma_{\perp} =$	1674259,64 [daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	1674259,64 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	528,21 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,y}$	[4.5.3.(7)]
$\tau_{z\parallel} =$	245209,26 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,z}$	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1)			0,06 < 1,00 vérifié (0,06)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)			0,09 < 1,00 vérifié (0,09)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{z\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)			0,08 < 1,00 vérifié (0,08)

SOUDURES VERTICALES DES RAIDISSEURS**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

$\sigma_{\perp} =$	3487042,00 [daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	3487042,00 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	3639859,17 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	9401253,74 [daN/m ²]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)			0,26 < 1,00 vérifié (0,26)

Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$\sigma_{\perp} =$	0,00 [daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	0,00 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	3639859,17 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	0,00 [daN/m ²]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)			0,18 < 1,00 vérifié (0,18)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$\sigma_{\perp} =$	1518198,29 [daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	1518198,29 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	2016931,97 [daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	4628579,48 [daN/m ²]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)			0,13 < 1,00 vérifié (0,13)

SOUDURES HORIZONTALES DES RAIDISSEURS**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

$\sigma_{\perp} =$	5147538,20	[daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	5147538,20	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	4232253,75	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	12638216,39	[daN/m ²]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
max ($\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z$) / ($f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$) ≤ 1.0 (4.1)				
	0,35	<	1,00	vérifié (0,35)

Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$\sigma_{\perp} =$	5147538,20	[daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	5147538,20	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	4440172,58	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	12850447,29	[daN/m ²]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
max ($\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z$) / ($f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$) ≤ 1.0 (4.1)				
	0,36	<	1,00	vérifié (0,36)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$\sigma_{\perp} =$	3400905,73	[daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	3400905,73	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	2787609,72	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	8341279,46	[daN/m ²]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
max ($\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z$) / ($f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$) ≤ 1.0 (4.1)				
	0,23	<	1,00	vérifié (0,23)

RIGIDITE DE L'ASSEMBLAGE**Moment fléchissant $M_{j,Ed,y}$**

$b_{eff} =$	145	[mm]	Largeur efficace de la semelle de tronçon T	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} =$	429	[mm]	Longueur effective de la semelle de tronçon en T	[6.2.5.(3)]
$k_{13,y} = E_c * \sqrt{(b_{eff} * l_{eff})} / (1.275 * E)$				
$k_{13,y} =$	29	[mm]	Coef. de rigidité du béton comprimé	[Tableau 6.11]
$l_{eff} =$	367	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	68	[mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$k_{15,y} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$				
$k_{15,y} =$	31	[mm]	Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction	[Tableau 6.11]
$L_b =$	264	[mm]	Longueur effective du boulon d'ancrage	[Tableau 6.11]
$k_{16,y} = 1.6 * A_b / L_b$				
$k_{16,y} =$	2	[mm]	Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction	[Tableau 6.11]
$\lambda_{0,y} =$	0,85		Elancement du poteau	[5.2.2.5.(2)]
$S_{j,ini,y} =$	5825525,63	[daN*m]	Rigidité en rotation initiale	[Tableau 6.12]
$S_{j,rig,y} =$	14445018,00	[daN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide	[5.2.2.5]
$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$ SEMI-RIGIDE				
				[5.2.2.5.(2)]

Moment fléchissant $M_{j,Ed,z}$

$k_{13,z} = E_c * \sqrt{(A_{c,z})} / (1.275 * E)$				
$k_{13,z} =$	39	[mm]	Coef. de rigidité du béton comprimé	[Tableau 6.11]
$l_{eff} =$	349	[mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	64	[mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$k_{15,z} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$				
$k_{15,z} =$	37	[mm]	Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction	[Tableau 6.11]
$L_b =$	264	[mm]	Longueur effective du boulon d'ancrage	[Tableau 6.11]
$k_{16,z} = 1.6 * A_b / L_b$				
$k_{16,z} =$	2	[mm]	Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction	[Tableau 6.11]
$\lambda_{0,z} =$	1,54		Elancement du poteau	[5.2.2.5.(2)]
$S_{j,ini,z} =$	4298083,74	[daN*m]	Rigidité en rotation initiale	[6.3.1.(4)]
$S_{j,rig,z} =$	4400701,20	[daN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide	[5.2.2.5]
$S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ SEMI-RIGIDE				
				[5.2.2.5.(2)]

COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

RAIDISSEUR - SOUDURES HORIZONTALES

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,36

2) Calculs de l'assemblage poutre-poteau (âme) :



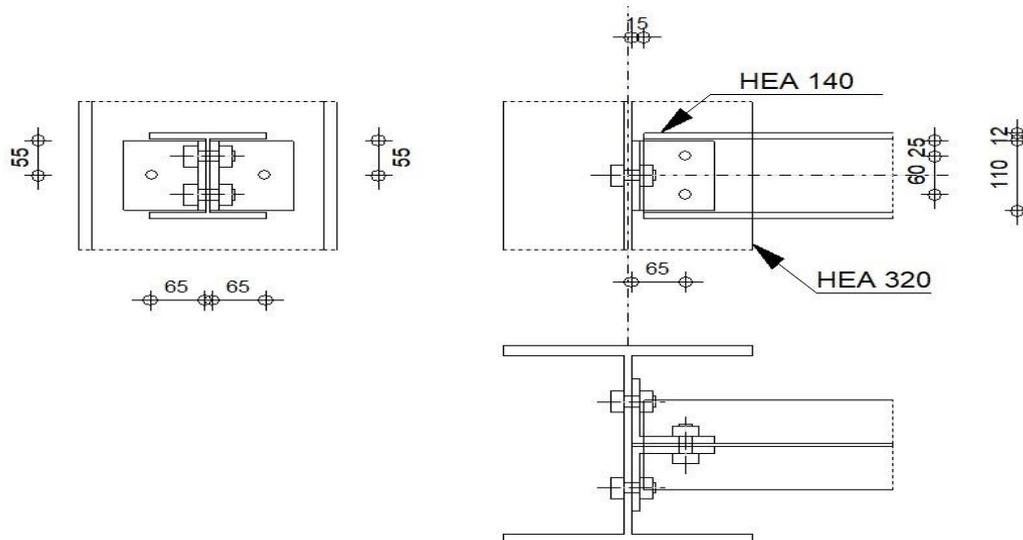
Robot Structural Analysis Professional 2023

Calculs de l'assemblage poutre-poteau (âme)

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

OK

Ratio
0,22



GENERAL

Assemblage N°: 4
 Nom de l'assemblage: Poutre-poteau (âme)
 Noeud de la structure: 88
 Barres de la structure: 77, 94

GEOMETRIE

POTEAU

Profilé: HEA 320
 Barre N°: 77

$\alpha = -90,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_c = 310$ [mm] Hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 300$ [mm] Largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 9$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau
 $t_{fc} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau
 $r_c = 27$ [mm] Rayon de congé de la section du poteau
 $A_c = 124,37$ [cm²] Aire de la section du poteau
 $I_{yc} = 22928,60$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau: S 275

$f_{yc} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance de calcul
 $f_{uc} = 43000000,00$ [daN/m²] Résistance à la traction

POUTRE

Profilé:	HEA 140		
Barre N°:	94		
$\alpha =$	0,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_b =$	133	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_b =$	140	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wb} =$	6	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
$t_{fb} =$	8	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_b =$	12	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_b =$	31,42	[cm ²]	Aire de la section de la poutre
$I_{yb} =$	1033,13	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la poutre
Matériau:	S 275		
$f_{yb} =$	27500000,00	[daN/m ²]	Résistance de calcul
$f_{ub} =$	43000000,00	[daN/m ²]	Résistance à la traction

CORNIERE

Profilé:	CAE 100x10		
$h_k =$	100	[mm]	Hauteur de la section de la cornière
$b_k =$	100	[mm]	Largeur de la section de la cornière
$t_{fk} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la cornière
$r_k =$	12	[mm]	Rayon de congé de l'âme de la section de la cornière
$l_k =$	110	[mm]	Longueur de la cornière
Matériau:	S 275		
$f_{yk} =$	27500000,00	[daN/m ²]	Résistance de calcul
$f_{uk} =$	43000000,00	[daN/m ²]	Résistance à la traction

BOULONS**BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU A LA CORNIERE**

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
$d =$	16	[mm]	Diamètre du boulon
$d_0 =$	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
$A_s =$	1,57	[cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	2,01	[cm ²]	Aire de la section du boulon
$f_{ub} =$	80000000,00	[daN/m ²]	Résistance à la traction
$k =$	1		Nombre de colonnes des boulons
$w =$	1		Nombre de rangées des boulons
$e_1 =$	55	[mm]	Niveau du premier boulon

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIERE A LA POUTRE

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

Classe =	4.8		Classe du boulon
$d =$	16	[mm]	Diamètre du boulon
$d_0 =$	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
$A_s =$	1,57	[cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	2,01	[cm ²]	Aire de la section du boulon
$f_{ub} =$	40000000,00	[daN/m ²]	Résistance à la traction
$k =$	1		Nombre de colonnes des boulons
$w =$	2		Nombre de rangées des boulons
$e_1 =$	25	[mm]	Niveau du premier boulon
$p_1 =$	60	[mm]	Entraxe

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

EFFORTS

Cas: 21: $ELU/22=1*1.00 + 4*1.35 \ 1*1.00+4*1.35$

$N_{b,Ed} = -2940,30$ [daN] Effort axial

$V_{b,Ed} = 72,59$ [daN] Effort tranchant

$M_{b,Ed} = 0,00$ [daN*m] Moment fléchissant

RESULTATS

BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU A LA CORNIERE

RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 7720,7$ [daN] Résistance du boulon au cisaillement dans la partie non fileté d'un $F_{v,Rd} = 0.6*f_{ub}*A_v*m/\gamma_{M2}$
 = 8] boulon

Pression du boulon sur l'âme du poteau

Direction x

$k_{1x} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8*(e_1/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bx} = 1,00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd1x} = 12384,00$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1x} = k_{1x}*\alpha_{bx}*f_u*d^*t/\gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_2/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bz} = 1,00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd1z} = 12384,00$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z}*\alpha_{bz}*f_u*d^*t/\gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la cornière

Direction x

$k_{1x} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8*(e_1/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bx} = 0,65$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,65 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd2x} = 8918,52$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2x} = k_{1x}*\alpha_{bx}*f_u*d^*t/\gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_2/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bz} = 1,00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd2z} = 13760,00$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z}*\alpha_{bz}*f_u*d^*t/\gamma_{M2}$

FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE POTEAU - CORNIERE

cisaillement des boulons

$e = 68$ [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre

$M_0 = 2,46$ [daN*m] Moment fléchissant réel $M_0 = 0.5*V_{b,Ed}*e$

$F_{Vz} = 36,29$ [daN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant $F_{Vz} = 0.5*|V_{b,Ed}|/n$

cisaillement des boulons

e =	68 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre	
F_{Mx}	0,00 [daN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{Mx} = M_0 \cdot z_i / \sum z_i^2$
$F_{x,Ed}$	0,00 [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed}$	36,29 [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
F_{Ed}	36,29 [daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{(F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)}$
F_{Rdx}	8918,52 [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
F_{Rdz}	12384,00 [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$		0,00 < 8918,52	vérifié (0,00)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$		36,29 < 12384,00	vérifié (0,00)
$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$		36,29 < 7720,78	vérifié (0,00)

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIERE A LA POUTRE

RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd}$	7720,7 [daN]	Résistance du boulon au cisaillement dans la partie non filetée d'un	$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$
=	8]	boulon	

Pression du boulon sur la poutre

Direction x			
k_{1x}	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$		2,50 > 0,00	vérifié
α_{bx}	0,93	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0,93 > 0,00	vérifié
$F_{b,Rd1x}$	7007,41 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$
Direction z			
k_{1z}	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$		2,50 > 0,00	vérifié
α_{bz}	0,68	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		0,68 > 0,00	vérifié
$F_{b,Rd1z}$	5115,41 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la cornière

Direction x			
k_{1x}	2,19	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$		2,19 > 0,00	vérifié
α_{bx}	0,65	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0,65 > 0,00	vérifié
$F_{b,Rd2x}$	15617,32 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$
Direction z			
k_{1z}	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$		2,50 > 0,00	vérifié
α_{bz}	0,46	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		0,46 > 0,00	vérifié
$F_{b,Rd2z}$	12740,74 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE CORNIERE - POUTRE

cisaillement des boulons

e =	70 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau	
M_0	5,04 [daN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = M_{b,Ed} + V_{b,Ed} \cdot e$

cisaillement des boulons

$e = 70$ [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau	
$F_{Nx} = 1470,15$ [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{Nx} = N_{b,Ed} /n$
$F_{Vz} = 36,29$ [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = V_{b,Ed} /n$
$F_{Mx} = 84,08$ [daN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction x	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{Mz} = 0,00$ [daN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction z	$F_{Mz} = M_0 * x_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{x,Ed} = 1554,23$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed} = 36,29$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Ed} = 1554,66$ [daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} = 7007,41$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 5115,41$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 1554,23 < 7007,41$	vérifié (0,22)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 36,29 < 5115,41$	vérifié (0,01)
$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$	$1554,66 < 7720,78$	vérifié (0,20)

VERIFICATION DE LA SECTION POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC (EFFORT TRANSVERSAL)

CORNIERE

$A_{nt} = 2,60$ [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} = 5,80$ [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} = 12843,58$ [daN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ 0.5 * V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 36,29 < 12843,58$	vérifié (0,00)

POUTRE

$A_{nt} = 2,25$ [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} = 3,82$ [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} = 9395,90$ [daN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 72,59 < 9395,90$	vérifié (0,01)

VERIFICATION DE LA RESISTANCE DE LA SECTION DE LA CORNIERE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$A_t = 11,00$ [cm ²]	Aire de la zone tendue de la section brute	
$A_{t,net} = 7,40$ [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$0.9 * (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y * \gamma_{M2}) / (f_u * \gamma_{M0})$	$0,61 < 0,73$	
$W_{net} = 14,10$ [cm ³]	Facteur élastique de la section	
$M_{c,Rdnet} = 352,48$ [daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	$M_{c,Rdnet} = W_{net} * f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_0 \leq M_{c,Rdnet}$	$ 2,52 < 352,48$	vérifié (0,01)
$A_v = 11,00$ [cm ²]	Aire de la section efficace en cisaillement	$A_v = I_a * t_{fa}$
$A_{v,net} = 7,40$ [cm ²]	Aire de la section efficace nette en cisaillement	$A_{v,net} = A_v - n * d_0$
$V_{pl,Rd} = 15877,13$ [daN]	Résistance plastique de calcul pour le cisaillement	$V_{pl,Rd} = (A_v * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})$
$ 0.5 * V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 36,29 < 15877,13$	vérifié (0,00)

VERIFICATION DE LA RESISTANCE DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$A_t =$	7,31	[cm ²]	Aire de la zone tendue de la section brute	
$A_{t,net} =$	5,33	[cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$0.9 \cdot (A_{t,net}/A_t) \geq (f_y \cdot \gamma_{M2}) / (f_u \cdot \gamma_{M0})$				0,66 < 0,73
$W_{net} =$	13,80	[cm ³]	Facteur élastique de la section	
$M_{c,Rdnet} =$	345,02	[daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	$M_{c,Rdnet} = W_{net} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_0 \leq M_{c,Rdnet}$				5,04 < 345,02 vérifié (0,01)
$A_v =$	7,31	[cm ²]	Aire de la section efficace en cisaillement	
$A_{v,net} =$	5,33	[cm ²]	Aire de la section efficace nette en cisaillement	$A_{v,net} = A_v - n_v \cdot d_0$
$V_{pl,Rd} =$	10558,29	[daN]	Résistance plastique de calcul pour le cisaillement	$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$				72,59 < 10558,29 vérifié (0,01)

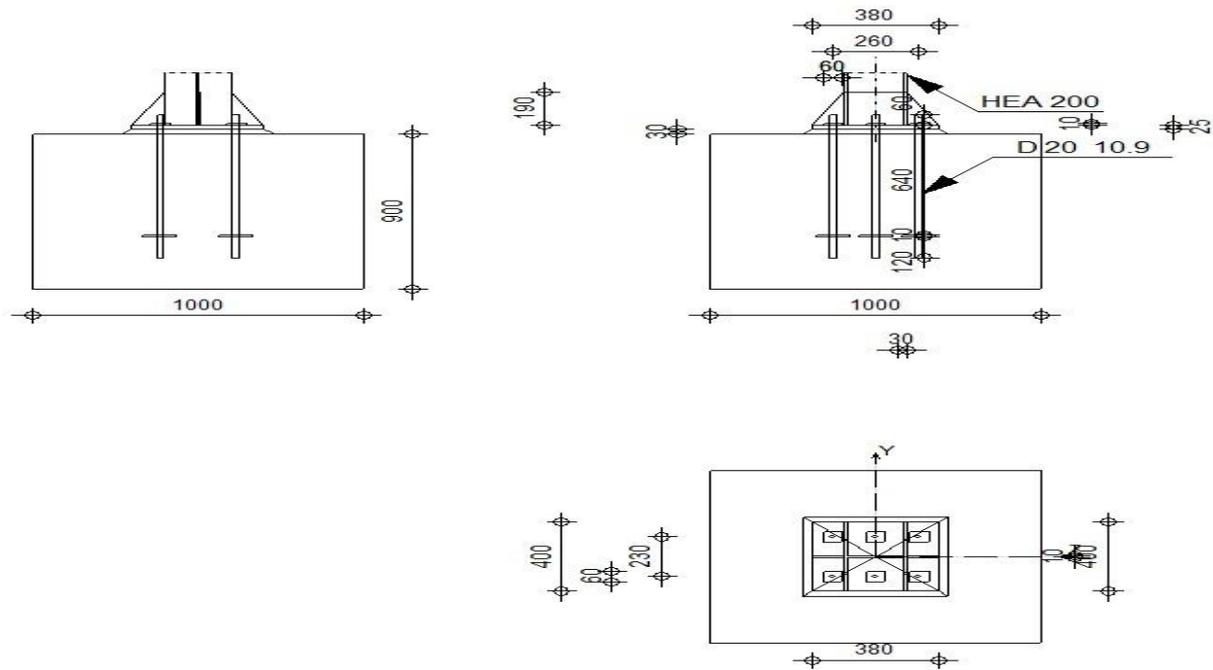
REMARQUES

Pince boulon-extrémité horizontale de la cornière de l'aile supérieure de la poutre trop faible	3 [mm] < 12 [mm]
Pince boulon-extrémité horizontale de la cornière de l'aile inférieure de la poutre trop faible	3 [mm] < 12 [mm]

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,22

3) Calcul du Pied de poteau encastré :

	Robot Structural Analysis Professional 2023 Calcul du Pied de Poteau encastré Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009	
		Ratio 0,66



GENERAL

Assemblage N°: 5
 Nom de l'assemblage: Pied de poteau encastré
 Noeud de la structure: 1493
 Barres de la structure: 1467

GEOMETRIE

POTEAU

Profilé: HEA 200
 Barre N°: 1467
 $L_c = 5,00$ [m] Longueur du poteau
 $\alpha = 0,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_c = 190$ [mm] Hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 200$ [mm] Largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 7$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau
 $t_{fc} = 10$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau
 $r_c = 18$ [mm] Rayon de congé de la section du poteau
 $A_c = 53,83$ [cm²] Aire de la section du poteau
 $I_{yc} = 3692,16$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section du poteau
 Matériau: S 275
 $f_{yc} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance
 $f_{uc} = 43000000,00$ [daN/m²] Résistance ultime du matériau

PLATINE DE PRESCELLEMENT

$l_{pd} = 380$ [mm] Longueur
 $b_{pd} = 400$ [mm] Largeur
 $t_{pd} = 25$ [mm] Epaisseur
 Matériau: S 235
 $f_{ypd} = 23500000,00$ [daN/m²] Résistance
 $f_{upd} = 36000000,00$ [daN/m²] Résistance ultime du matériau

ANCRAGE

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

Classe =	10.9	Classe de tiges d'ancrage
$f_{yb} =$	67000000,00 [daN/m ²]	Limite de plasticité du matériau du boulon
$f_{ub} =$	100000000,00 [daN/m ²]	Résistance du matériau du boulon à la traction
$d =$	20 [mm]	Diamètre du boulon
$A_s =$	2,45 [cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	3,14 [cm ²]	Aire de la section du boulon
$n_H =$	3	Nombre de colonnes des boulons
$n_V =$	2	Nombre de rangées des boulons
Ecartement $e_{Hi} =$	130 [mm]	
Entraxe $e_{Vi} =$	230 [mm]	

Dimensions des tiges d'ancrage

$L_1 =$	60 [mm]
$L_2 =$	640 [mm]
$L_3 =$	120 [mm]

Plaque d'ancrage

$d =$	100 [mm]	Diamètre
$t_p =$	10 [mm]	Epaisseur
Matériau:	S 235	
$f_y =$	23500000,00 [daN/m ²]	Résistance

Platine

$l_{wd} =$	60 [mm]	Longueur
$b_{wd} =$	60 [mm]	Largeur
$t_{wd} =$	10 [mm]	Epaisseur

RAIDISSEUR

$l_s =$	380 [mm]	Longueur
$w_s =$	400 [mm]	Largeur
$h_s =$	190 [mm]	Hauteur
$t_s =$	10 [mm]	Epaisseur

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel
$\gamma_C =$	1,50	Coefficient de sécurité partiel

SEMELLE ISOLEE

$L =$	1000 [mm]	Longueur de la semelle
$B =$	1000 [mm]	Largeur de la semelle
$H =$	900 [mm]	Hauteur de la semelle

Béton

Classe	C25/30	
$f_{ck} =$	2500000,00 [daN/m ²]	Résistance caractéristique à la compression

Mortier de calage

$t_g =$	30 [mm]	Epaisseur du mortier de calage
$f_{ck,g} =$	1200000,00 [daN/m ²]	Résistance caractéristique à la compression
$C_{f,d} =$	0,30	Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton

SOUDES

$a_p =$	5 [mm]	Plaque principale du pied de poteau
$a_s =$	4 [mm]	Raidisseurs

EFFORTS

Cas: 11: $ELU/4=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 (1+2+4)*1.35$

$N_{j,Ed} =$	-42030,97	[daN]	Effort axial
$V_{j,Ed,y} =$	-17,81	[daN]	Effort tranchant
$V_{j,Ed,z} =$	-307,07	[daN]	Effort tranchant
$M_{j,Ed,y} =$	700,58	[daN*m]	Moment fléchissant
$M_{j,Ed,z} =$	-88,85	[daN*m]	Moment fléchissant

RESULTATS

ZONE COMPRIMEE

COMPRESSION DU BETON

$f_{cd} =$	1666666,6	[daN/m ²]	Résistance de calcul à la compression	EN 1992-1: [3.1.6.(1)]
$f_j =$	2849939,8	[daN/m ²]	Résistance de calcul du matériau du joint sous la plaque d'assise	[6.2.5.(7)]
$c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{MO}))}$				
$c =$	40	[mm]	Largeur de l'appui additionnelle	[6.2.5.(4)]
$b_{eff} =$	89	[mm]	Largeur efficace de la semelle de tronçon T	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} =$	279	[mm]	Longueur effective de la semelle de tronçon en T	[6.2.5.(3)]
$A_{c0} =$	248,45	[cm ²]	Zone de contact de la plaque d'assise avec la fondation	EN 1992-1: [6.7.(3)]
$A_{c1} =$	2236,01	[cm ²]	Aire de calcul maximale de la répartition de la charge	EN 1992-1: [6.7.(3)]
$F_{rd,u} = A_{c0}*f_{cd}*\sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3*A_{c0}*f_{cd}$				
$F_{rd,u} =$	124222,64	[daN]	Résistance du béton à l'appui rigide	EN 1992-1: [6.7.(3)]
$\beta_j =$	0,67		Coefficient réducteur pour la compression	[6.2.5.(7)]
$f_{jd} = \beta_j * F_{rd,u} / (b_{eff} * l_{eff})$				
$f_{jd} =$	3333333,33	[daN/m ²]	Résistance de calcul du matériau du joint	[6.2.5.(7)]
$A_{c,n} =$	888,90	[cm ²]	Aire de compression efficace	[6.2.8.2.(1)]
$A_{c,y} =$	405,55	[cm ²]	Aire de flexion My	[6.2.8.3.(1)]
$A_{c,z} =$	356,15	[cm ²]	Aire de flexion Mz	[6.2.8.3.(1)]
$F_{c,Rd,i} = A_{c,i} * f_{jd}$				
$F_{c,Rd,n} =$	296299,71	[daN]	Résistance du béton à la compression	[6.2.8.2.(1)]
$F_{c,Rd,y} =$	135182,02	[daN]	Résistance du béton à la flexion My	[6.2.8.3.(1)]
$F_{c,Rd,z} =$	118715,68	[daN]	Résistance du béton à la flexion Mz	[6.2.8.3.(1)]

AILE ET AME DU POTEAU EN COMPRESSION

$CL =$	3,00		Classe de la section	EN 1993-1-1: [5.5.2]
$W_{el,y} =$	575,61	[cm ³]	Facteur élastique de la section	EN1993-1-1: [6.2.5.(2)]
$M_{c,Rd,y} =$	14390,23	[daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1: [6.2.5]
$h_{f,y} =$	198	[mm]	Distance entre les centres de gravité des ailes	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{f,y}$				
$F_{c,fc,Rd,y} =$	72823,74	[daN]	Résistance de l'aile et de l'âme comprimées	[6.2.6.7.(1)]
$W_{el,z} =$	533,52	[cm ³]	Facteur élastique de la section	EN1993-1-1: [6.2.5.(2)]
$M_{c,Rd,z} =$	13338,03	[daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1: [6.2.5]
$h_{f,z} =$	200	[mm]	Distance entre les centres de gravité des ailes	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{f,z}$				
$F_{c,fc,Rd,z} =$	66690,17	[daN]	Résistance de l'aile et de l'âme comprimées	[6.2.6.7.(1)]

RESISTANCE DE LA SEMELLE DANS LA ZONE COMPRIMEE

$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$				
$N_{j,Rd} =$	296299,71	[daN]	Résistance de la semelle à l'effort axial	[6.2.8.2.(1)]
$F_{c,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$				
$F_{c,Rd,y} =$	72823,74	[daN]	Résistance de la semelle dans la zone comprimée	[6.2.8.3]
$F_{c,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$				
$F_{c,Rd,z} =$	66690,17	[daN]	Résistance de la semelle dans la zone comprimée	[6.2.8.3]

CONTROLE DE LA RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)		0,14 < 1,00	vérifié	(0,14)
$e_y =$	17	[mm]	Excentricité de l'effort axial	[6.2.8.3]
$Z_{c,y} =$	99	[mm]	Bras de levier $F_{c,Rd,y}$	[6.2.8.1.(2)]

$e_y =$	17	[mm]	Excentricité de l'effort axial	[6.2.8.3]
$Z_{t,y} =$	130	[mm]	Bras de levier $F_{T,Rd,y}$	[6.2.8.1.(3)]
$M_{j,Rd,y} =$	2077,25	[daN*m]	Résistance de l'assemblage à la flexion	[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23)			0,34 < 1,00	vérifié (0,34)
$e_z =$	2	[mm]	Excentricité de l'effort axial	[6.2.8.3]
$Z_{c,z} =$	100	[mm]	Bras de levier $F_{C,Rd,z}$	[6.2.8.1.(2)]
$Z_{t,z} =$	115	[mm]	Bras de levier $F_{T,Rd,z}$	[6.2.8.1.(3)]
$M_{j,Rd,z} =$	276,12	[daN*m]	Résistance de l'assemblage à la flexion	[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23)			0,32 < 1,00	vérifié (0,32)
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$			0,66 < 1,00	vérifié (0,66)

CISAILLEMENT

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

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

$\alpha_{d,y} =$	1,29	Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$\alpha_{b,y} =$	1,00	Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$	[Tableau 3.4]
$k_{1,y} =$	2,50	Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$			
$F_{1,vb,Rd,y} =$	36000,00	[daN]	Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

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

$\alpha_{d,z} =$	0,91	Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$\alpha_{b,z} =$	0,91	Coef. pour les calculs de la résistance $F_{1,vb,Rd}$	[Tableau 3.4]
$k_{1,z} =$	2,50	Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement	[Tableau 3.4]
$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$			
$F_{1,vb,Rd,z} =$	32727,27	[daN]	Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE

$\alpha_b =$	0,25	Coef. pour les calculs de la résistance $F_{2,vb,Rd}$	[6.2.2.(7)]
$A_{vb} =$	3,14	[cm ²] Aire de la section du boulon	[6.2.2.(7)]
$f_{ub} =$	100000000,00	[daN/m ²] Résistance du matériau du boulon à la traction	[6.2.2.(7)]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[6.2.2.(7)]
$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$			
$F_{2,vb,Rd} =$	6232,92	[daN]	Résistance du boulon au cisaillement - sans bras de levier [6.2.2.(7)]

GLISSEMENT DE LA SEMELLE

$C_{f,d} =$	0,30	Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton	[6.2.2.(6)]
$N_{c,Ed} =$	42030,97	[daN]	Effort de compression [6.2.2.(6)]
$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed}$			
$F_{f,Rd} =$	12609,29	[daN]	Résistance au glissement [6.2.2.(6)]

CONTROLE DU CISAILLEMENT

$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$			
$V_{j,Rd,y} =$	50006,81	[daN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$			0,00 < 1,00 vérifié (0,00)
$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$			
$V_{j,Rd,z} =$	50006,81	[daN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement
$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$			0,01 < 1,00 vérifié (0,01)
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$			0,01 < 1,00 vérifié (0,01)

CONTROLE DES RAIDISSEURS

Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)

$M_1 =$	295,44	[daN*m]	Moment fléchissant du raidisseur	
$Q_1 =$	6219,82	[daN]	Effort tranchant du raidisseur	
$Z_s =$	30	[mm]	Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)	
$I_s =$	2450,80	[cm ⁴]	Moment d'inertie du raidisseur	
$\sigma_d =$	65297,33	[daN/m ²]	Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_g =$	2225132,11	[daN/m ²]	Contrainte normale dans les fibres supérieures	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\tau =$	3273590,47	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle dans le raidisseur	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)

$M_1 = 295,44$ [daN*m] Moment fléchissant du raidisseur
 $\sigma_z = 5670400,99$ [daN/m²] Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
 $\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,27 < 1,00$ **vérifié** (0,27)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$M_1 = 327,36$ [daN*m] Moment fléchissant du raidisseur
 $Q_1 = 6547,18$ [daN] Effort tranchant du raidisseur
 $z_s = 43$ [mm] Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)
 $I_s = 2164,67$ [cm⁴] Moment d'inertie du raidisseur
 $\sigma_d = 275451,14$ [daN/m²] Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
 $\sigma_g = 2597882,28$ [daN/m²] Contrainte normale dans les fibres supérieures EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
 $\tau = 3445884,70$ [daN/m²] Contrainte tangentielle dans le raidisseur EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
 $\sigma_z = 5974800,20$ [daN/m²] Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
 $\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,28 < 1,00$ **vérifié** (0,28)

SOUDES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE

$\sigma_{\perp} = 3082650,34$ [daN/m²] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]
 $\tau_{\perp} = 3082650,34$ [daN/m²] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]
 $\tau_{yII} = -2496,22$ [daN/m²] Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,y}$ [4.5.3.(7)]
 $\tau_{zII} = -95361,86$ [daN/m²] Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,z}$ [4.5.3.(7)]
 $\beta_w = 0,80$ Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]
 $\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1) $0,12 < 1,00$ **vérifié** (0,12)
 $\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,17 < 1,00$ **vérifié** (0,17)
 $\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,14 < 1,00$ **vérifié** (0,14)

SOUDES VERTICALES DES RAIDISSEURS**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

$\sigma_{\perp} = 4340208,78$ [daN/m²] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]
 $\tau_{\perp} = 4340208,78$ [daN/m²] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]
 $\tau_{II} = 4091988,08$ [daN/m²] Contrainte tangentielle parallèle [4.5.3.(7)]
 $\sigma_z = 11206370,89$ [daN/m²] Contrainte totale équivalente [4.5.3.(7)]
 $\beta_w = 0,80$ Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]
 $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,31 < 1,00$ **vérifié** (0,31)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$\sigma_{\perp} = 4809095,60$ [daN/m²] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]
 $\tau_{\perp} = 4809095,60$ [daN/m²] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]
 $\tau_{II} = 4307355,88$ [daN/m²] Contrainte tangentielle parallèle [4.5.3.(7)]
 $\sigma_z = 12172491,36$ [daN/m²] Contrainte totale équivalente [4.5.3.(7)]
 $\beta_w = 0,80$ Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]
 $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,34 < 1,00$ **vérifié** (0,34)

SOUDES HORIZONTALES DES RAIDISSEURS**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

$\sigma_{\perp} = 5786945,04$ [daN/m²] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]
 $\tau_{\perp} = 5786945,04$ [daN/m²] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]
 $\tau_{II} = 5397090,73$ [daN/m²] Contrainte tangentielle parallèle [4.5.3.(7)]
 $\sigma_z = 14877523,20$ [daN/m²] Contrainte totale équivalente [4.5.3.(7)]
 $\beta_w = 0,80$ Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]
 $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,41 < 1,00$ **vérifié** (0,41)

Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)

$\sigma_{\perp} = 5786945,04$ [daN/m²] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]
 $\tau_{\perp} = 5786945,04$ [daN/m²] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]
 $\tau_{II} = 5420412,10$ [daN/m²] Contrainte tangentielle parallèle [4.5.3.(7)]
 $\sigma_z = 14902937,09$ [daN/m²] Contrainte totale équivalente [4.5.3.(7)]

$\sigma_{\perp} =$	5786945,04 [daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	0,41 < 1,00	vérifié	(0,41)

RIGIDITE DE L'ASSEMBLAGE

Moment fléchissant $M_{j,Ed,y}$

$b_{eff} =$	89 [mm]	Largeur efficace de la semelle de tronçon T	[6.2.5.(3)]
$l_{eff} =$	279 [mm]	Longueur effective de la semelle de tronçon en T	[6.2.5.(3)]
$k_{13,y} = E_c * \sqrt{(b_{eff} * l_{eff})} / (1.275 * E)$			
$k_{13,y} =$	18 [mm]	Coef. de rigidité du béton comprimé	[Tableau 6.11]
$l_{eff} =$	524 [mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	104 [mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$k_{15,y} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$			
$k_{15,y} =$	6 [mm]	Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction	[Tableau 6.11]
$L_b =$	235 [mm]	Longueur effective du boulon d'ancrage	[Tableau 6.11]
$k_{16,y} = 1.6 * A_b / L_b$			
$k_{16,y} =$	2 [mm]	Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction	[Tableau 6.11]
$\lambda_{0,y} =$	0,70	Elancement du poteau	[5.2.2.5.(2)]
$S_{j,ini,y} =$	7482152,80 [daN*m]	Rigidité en rotation initiale	[Tableau 6.12]
$S_{j,rig,y} =$	4652121,60 [daN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide	[5.2.2.5]
$S_{j,ini,y} \geq S_{j,rig,y}$		RIGIDE	[5.2.2.5.(2)]

Moment fléchissant $M_{j,Ed,z}$

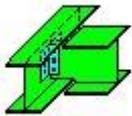
$k_{13,z} = E_c * \sqrt{(A_{c,z})} / (1.275 * E)$			
$k_{13,z} =$	22 [mm]	Coef. de rigidité du béton comprimé	[Tableau 6.11]
$l_{eff} =$	40 [mm]	Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	10 [mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$k_{15,z} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$			
$k_{15,z} =$	266 [mm]	Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction	[Tableau 6.11]
$L_b =$	235 [mm]	Longueur effective du boulon d'ancrage	[Tableau 6.11]
$k_{16,z} = 1.6 * A_b / L_b$			
$k_{16,z} =$	2 [mm]	Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction	[Tableau 6.11]
$\lambda_{0,z} =$	1,16	Elancement du poteau	[5.2.2.5.(2)]
$S_{j,ini,z} =$	9176903,59 [daN*m]	Rigidité en rotation initiale	[6.3.1.(4)]
$S_{j,rig,z} =$	1682742,60 [daN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide	[5.2.2.5]
$S_{j,ini,z} \geq S_{j,rig,z}$		RIGIDE	[5.2.2.5.(2)]

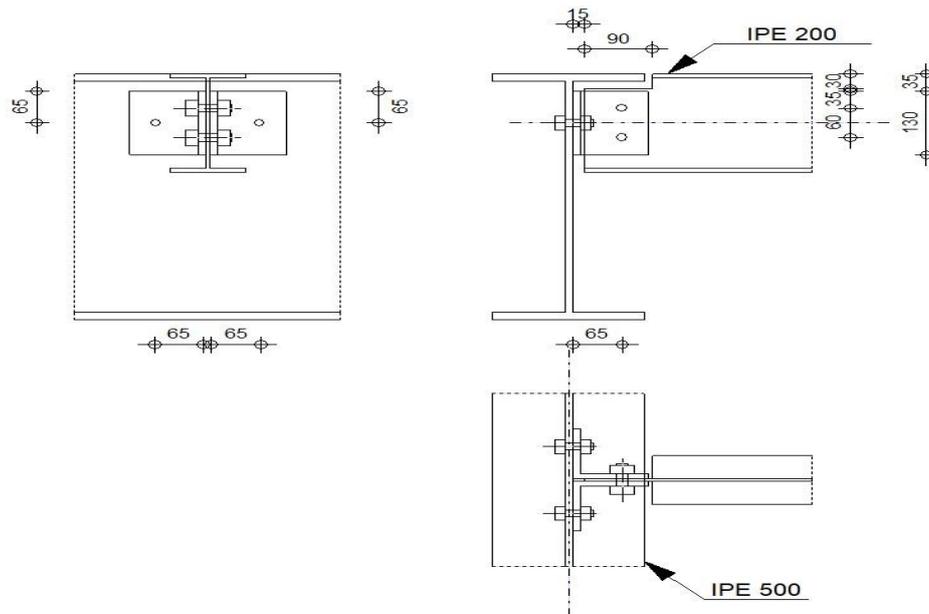
COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

AILE DU POTEAU EN COMPRESSION

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,66

4) Calcule de l'assemblage poutre-poutre (âme) :

	Robot Structural Analysis Professional 2023 Calculs de l'assemblage poutre-poutre (âme) EN 1993-1-8:2005/AC:2009	
		Ratio 0,01



GENERAL

Assemblage N°: 7
 Nom de l'assemblage: Poutre-poutre (âme)
 Noeud de la structure: 1454
 Barres de la structure: 412, 1409

GEOMETRIE

POUTRE PRINCIPALE

Profilé: IPE 500
 Barre N°: 412
 $\alpha = -90,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_g = 500$ [mm] Hauteur de la section poutre principale
 $b_{fg} = 200$ [mm] Largeur de l'aile de la section de la poutre principale
 $t_{wg} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre principale
 $t_{fg} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre principale
 $r_g = 21$ [mm] Rayon de congé de l'âme de la section de la poutre principale
 $A_p = 115,52$ [cm²] Aire de la section de la poutre principale
 $I_{yp} = 48198,50$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section de la poutre principale
 Matériau: S 275
 $f_{yg} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance de calcul
 $f_{ug} = 43000000,00$ [daN/m²] Résistance à la traction

POUTRE

Profilé: IPE 200
 Barre N°: 1409
 $\alpha = 0,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_b = 200$ [mm] Hauteur de la section de la poutre
 $b_b = 100$ [mm] Largeur de la section de la poutre
 $t_{wb} = 6$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
 $t_{fb} = 8$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
 $r_b = 12$ [mm] Rayon de congé de la section de la poutre
 $A_b = 28,48$ [cm²] Aire de la section de la poutre
 $I_{yb} = 1943,17$ [cm⁴] Moment d'inertie de la poutre

Matériau: S 275
 $f_{yb} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance de calcul
 $f_{ub} = 43000000,00$ [daN/m²] Résistance à la traction

ENCOCHE DE LA POUTRE

$h_1 = 30$ [mm] Encoche supérieur
 $h_2 = 0$ [mm] Encoche inférieure
 $l = 90$ [mm] Longueur de l'encoche

CORNIERE

Profilé: CAE 100x10
 $h_k = 100$ [mm] Hauteur de la section de la cornière
 $b_k = 100$ [mm] Largeur de la section de la cornière
 $t_{fk} = 10$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la cornière
 $r_k = 12$ [mm] Rayon de congé de l'âme de la section de la cornière
 $l_k = 130$ [mm] Longueur de la cornière
 Matériau: S 275
 $f_{yk} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance de calcul
 $f_{uk} = 43000000,00$ [daN/m²] Résistance à la traction

BOULONS

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIERE A LA POUTRE PRINCIPALE

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon
 Classe = 8.8 Classe du boulon
 $d = 14$ [mm] Diamètre du boulon
 $d_0 = 15$ [mm] Diamètre du trou de boulon
 $A_s = 1,15$ [cm²] Aire de la section efficace du boulon
 $A_v = 1,54$ [cm²] Aire de la section du boulon
 $f_{ub} = 80000000,00$ [daN/m²] Résistance à la traction
 $k = 1$ Nombre de colonnes des boulons
 $w = 1$ Nombre de rangées des boulons
 $e_1 = 65$ [mm] Niveau du premier boulon

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIERE A LA POUTRE

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon
 Classe = 4.8 Classe du boulon
 $d = 16$ [mm] Diamètre du boulon
 $d_0 = 18$ [mm] Diamètre du trou de boulon
 $A_s = 1,57$ [cm²] Aire de la section efficace du boulon
 $A_v = 2,01$ [cm²] Aire de la section du boulon
 $f_{ub} = 40000000,00$ [daN/m²] Résistance à la traction
 $k = 1$ Nombre de colonnes des boulons
 $w = 2$ Nombre de rangées des boulons
 $e_1 = 35$ [mm] Niveau du premier boulon
 $p_1 = 60$ [mm] Entraxe

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} = 1,10$ Coefficient de sécurité partiel [2.2]
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Coefficient de sécurité partiel [2.2]

EFFORTS

Cas: 11: $ELU/4=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 (1+2+4)*1.35$

$N_{b,Ed} = -0,00$ [daN] Effort axial
 $V_{b,Ed} = 88,83$ [daN] Effort tranchant
 $M_{b,Ed} = 0,00$ [daN*m] Moment fléchissant

RESULTATS

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIERE A LA POUTRE PRINCIPALE

RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 5911,2$ [daN] Résistance du boulon au cisaillement dans la partie non filetée d'un
 = $\frac{2}{2}$] boulon $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur l'âme de la poutre principale

Direction x

$k_{1x} = 2,50$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **vérifié**

$\alpha_{bx} = 1,00$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$ $1,00 > 0,00$ **vérifié**

$F_{b,Rd1x} = 12280,80$ [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2,50$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **vérifié**

$\alpha_{bz} = 1,00$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$ $1,00 > 0,00$ **vérifié**

$F_{b,Rd1z} = 12280,80$ [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la cornière

Direction x

$k_{1x} = 2,50$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **vérifié**

$\alpha_{bx} = 0,78$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$ $0,78 > 0,00$ **vérifié**

$F_{b,Rd2x} = 9364,44$ [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2,50$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **vérifié**

$\alpha_{bz} = 1,00$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$ $1,00 > 0,00$ **vérifié**

$F_{b,Rd2z} = 12040,00$ [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE POUTRE PRINCIPALE - CORNIERE

cisaillement des boulons

$e = 68$ [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre

$M_0 = 3,01$ [daN*m] Moment fléchissant réel $M_0 = 0.5 \cdot V_{b,Ed} \cdot e$

$F_{Vz} = 44,41$ [daN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant $F_{Vz} = 0.5 \cdot |V_{b,Ed}| / n$

$F_{Mx} = 0,00$ [daN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment $F_{Mx} = |M_0| \cdot z_i / \sum z_i^2$

$F_{x,Ed} = 0,00$ [daN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x $F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$

$F_{z,Ed} = 44,41$ [daN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z $F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$

$F_{Ed} = 44,41$ [daN] Effort tranchant résultant dans le boulon $F_{Ed} = \sqrt{(F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)}$

$F_{Rdx} = 9364,44$ [daN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x $F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$

$e =$	68 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre	
$F_{Rdz} =$	12040,00 [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	0,00 < 9364,44		vérifié (0,00)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	44,41 < 12040,00		vérifié (0,00)
$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$	44,41 < 5911,22		vérifié (0,01)

BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIERE A LA POUTRE

RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} =$ 7720,7 [daN] Résistance du boulon au cisaillement dans la partie non filetée d'un boulon
 $F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la poutre

Direction x
 $k_{1x} =$ 2,50 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1x} > 0.0$ 2,50 > 0,00 **vérifié**
 $\alpha_{bx} =$ 0,93 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2 / (3 * d_0), f_{ub} / f_u, 1]$
 $\alpha_{bx} > 0.0$ 0,93 > 0,00 **vérifié**
 $F_{b,Rd1x} =$ 7134,81 [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Direction z
 $k_{1z} =$ 2,50 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1z} > 0.0$ 2,50 > 0,00 **vérifié**
 $\alpha_{bz} =$ 0,74 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1 / (3 * d_0), p_1 / (3 * d_0) - 0.25, f_{ub} / f_u, 1]$
 $\alpha_{bz} > 0.0$ 0,74 > 0,00 **vérifié**
 $F_{b,Rd1z} =$ 5707,85 [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd1z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la cornière

Direction x
 $k_{1x} =$ 2,50 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1x} > 0.0$ 2,50 > 0,00 **vérifié**
 $\alpha_{bx} =$ 0,65 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2 / (3 * d_0), f_{ub} / f_u, 1]$
 $\alpha_{bx} > 0.0$ 0,65 > 0,00 **vérifié**
 $F_{b,Rd2x} =$ 17837,04 [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Direction z
 $k_{1z} =$ 2,50 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1z} > 0.0$ 2,50 > 0,00 **vérifié**
 $\alpha_{bz} =$ 0,65 Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1 / (3 * d_0), p_1 / (3 * d_0) - 0.25, f_{ub} / f_u, 1]$
 $\alpha_{bz} > 0.0$ 0,65 > 0,00 **vérifié**
 $F_{b,Rd2z} =$ 17837,04 [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE CORNIERE - POUTRE

cisaillement des boulons

$e =$ 70 [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme de la poutre principale

$M_0 =$ 6,23 [daN*m] Moment fléchissant réel $M_0 = M_{b,Ed} + V_{b,Ed} * e$

$F_{Nx} =$ 0,00 [daN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial $F_{Nx} = |N_{b,Ed}| / n$

$F_{Vz} =$ 44,41 [daN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant $F_{Vz} = |V_{b,Ed}| / n$

$F_{Mx} =$ 103,78 [daN] Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction x $F_{Mx} = |M_0| * z_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$

$F_{Mz} =$ 0,00 [daN] Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction z $F_{Mz} = |M_0| * x_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$

$e =$	70 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme de la poutre principale		
$F_{x,Ed}$	103,7	[daN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x		$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed}$	44,41	[daN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z		$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
F_{Ed}	112,8	[daN] Effort tranchant résultant dans le boulon		$F_{Ed} = \sqrt{(F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)}$
F_{Rdx}	7134,81	[daN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x		$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
F_{Rdz}	5707,85	[daN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z		$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	103,78	< 7134,81	vérifié	(0,01)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	44,41	< 5707,85	vérifié	(0,01)
$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$	112,88	< 7720,78	vérifié	(0,01)

VERIFICATION DE LA SECTION POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC (EFFORT TRANSVERSAL)

CORNIERE

$A_{nt} =$	2,60 [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} =$	6,80 [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction		
V_{effRd}	14286,9	[daN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les		$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$=$	5] trous		
$ 0.5 * V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	44,41	< 14286,95	vérifié	(0,00)

POUTRE

$A_{nt} =$	2,30 [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} =$	4,09 [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction		
V_{effRd}	9849,6	[daN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les		$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$=$	4] trous		
$ V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	88,83	< 9849,64	vérifié	(0,01)

VERIFICATION DE LA RESISTANCE DE LA SECTION DE LA CORNIERE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$A_t =$	6,50 [cm ²]	Aire de la zone tendue de la section brute		
$A_{t,net} =$	4,70 [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$0.9 * (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y * \gamma_{M2}) / (f_u * \gamma_{M0})$	0,65	< 0,73		
$W_{net} =$	27,22 [cm ³]	Facteur élastique de la section		
$M_{c,Rdnet} =$	680,45 [daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion		$M_{c,Rdnet} = W_{net} * f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_0 \leq M_{c,Rdnet}$	3,11	< 680,45	vérifié	(0,00)
$A_v =$	13,00 [cm ²]	Aire de la section efficace en cisaillement		$A_v = I_a * t_{fa}$
$A_{v,net} =$	9,40 [cm ²]	Aire de la section efficace nette en cisaillement		$A_{v,net} = A_v - n_v * d_0$
$V_{pl,Rd} =$	18763,88 [daN]	Résistance plastique de calcul pour le cisaillement		$V_{pl,Rd} = (A_v * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})$
$ 0.5 * V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$	44,41	< 18763,88	vérifié	(0,00)

VERIFICATION DE LA RESISTANCE DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$A_t =$	4,76 [cm ²]	Aire de la zone tendue de la section brute		
$A_{t,net} =$	3,75 [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$0.9 * (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y * \gamma_{M2}) / (f_u * \gamma_{M0})$	0,71	< 0,73		

$W_{net} = 25,39$ [cm ³]	Facteur élastique de la section		
$M_{c,Rdnet} = 634,86$ [daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion		$M_{c,Rdnet} = W_{net} * f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_0 \leq M_{c,Rdnet}$	6,23 < 634,86	vérifié	(0,01)
$A_v = 9,52$ [cm ²]	Aire de la section efficace en cisaillement		
$A_{v,net} = 7,50$ [cm ²]	Aire de la section efficace nette en cisaillement		$A_{v,net} = A_v - n_v * d_0$
$V_{pl,Rd} = 13740,94$ [daN]	Résistance plastique de calcul pour le cisaillement		$V_{pl,Rd} = (A_v * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})$
$V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$	88,83 < 13740,94	vérifié	(0,01)

REMARQUES

Nombre de boulons insuffisant sur la poutre principale 1 < 2

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,01

5) Calcul de l'encastrement traverse-poteau :



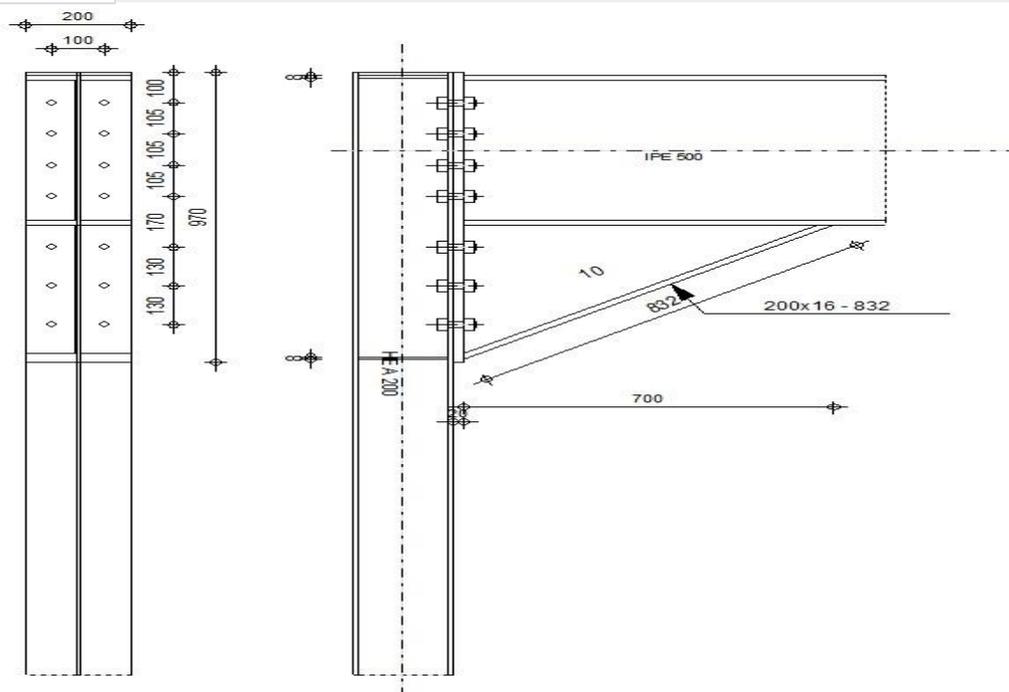
Robot Structural Analysis Professional 2023

Calcul de l'Encastrement Traverse-Poteau

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Ratio
0,73



GENERAL

Assemblage N°: 6
 Nom de l'assemblage: Angle de portique
 Noeud de la structure: 470
 Barres de la structure: 1473, 414

GEOMETRIE

POTEAU

Profilé: HEA 200
 Barre N°: 1473
 $\alpha = -90,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_c = 190$ [mm] Hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 200$ [mm] Largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 7$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau
 $t_{fc} = 10$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau
 $r_c = 18$ [mm] Rayon de congé de la section du poteau
 $A_c = 53,83$ [cm²] Aire de la section du poteau
 $I_{xc} = 3692,16$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section du poteau
 Matériau: S 275
 $f_{yc} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance

POUTRE

Profilé: IPE 500
 Barre N°: 414
 $\alpha = -0,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_b = 500$ [mm] Hauteur de la section de la poutre
 $b_f = 200$ [mm] Largeur de la section de la poutre
 $t_{wb} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
 $t_{fb} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
 $r_b = 21$ [mm] Rayon de congé de la section de la poutre
 $r_b = 21$ [mm] Rayon de congé de la section de la poutre
 $A_b = 115,52$ [cm²] Aire de la section de la poutre
 $I_{xb} = 48198,50$ [cm⁴] Moment d'inertie de la poutre
 Matériau: S 275
 $f_{yb} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance

BOULONS

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

$d = 20$ [mm] Diamètre du boulon
 Classe = HR 10.9 Classe du boulon
 $F_{tRd} = 17640,00$ [daN] Résistance du boulon à la traction
 $n_h = 2$ Nombre de colonnes des boulons
 $n_v = 7$ Nombre de rangées des boulons
 $h_1 = 100$ [mm] Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about
 Ecartement $e_i = 100$ [mm]
 Entraxe $p_i = 105;105;105;170;130;130$ [mm]

PLATINE

$h_p = 970$ [mm] Hauteur de la platine
 $b_p = 200$ [mm] Largeur de la platine
 $t_p = 20$ [mm] Epaisseur de la platine
 Matériau: S 235
 $f_{yp} = 23500000,00$ [daN/m²] Résistance

JARRET INFÉRIEUR

$w_d = 200$ [mm] Largeur de la platine
 $t_{fd} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile
 $h_d = 450$ [mm] Hauteur de la platine
 $t_{wd} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme
 $l_d = 700$ [mm] Longueur de la platine
 $\alpha = 32,7$ [Deg] Angle d'inclinaison

Matériau: S 275
 $f_{ybu} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance

RAIDISSEUR POTEAU

Supérieur

$h_{su} = 170$ [mm] Hauteur du raidisseur
 $b_{su} = 97$ [mm] Largeur du raidisseur
 $t_{hu} = 8$ [mm] Epaisseur du raidisseur

Matériau: S 235
 $f_{ysu} = 23500000,00$ [daN/m²] Résistance

Inférieur

$h_{sd} = 170$ [mm] Hauteur du raidisseur
 $b_{sd} = 97$ [mm] Largeur du raidisseur
 $t_{hd} = 8$ [mm] Epaisseur du raidisseur

Matériau: S 235
 $f_{ysu} = 23500000,00$ [daN/m²] Résistance

SOUDURES D'ANGLE

$a_w = 8$ [mm] Soudure âme
 $a_r = 12$ [mm] Soudure semelle
 $a_s = 8$ [mm] Soudure du raidisseur
 $a_{fd} = 5$ [mm] Soudure horizontale

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} = 1,10$	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M1} = 1,10$	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M3} = 1,25$	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

EFFORTS

Etat limite: ultime

Cas: 11: $ELU/4=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 (1+2+4)*1.35$

$M_{b1,Ed} = 25125,80$ [daN*m] Moment fléchissant dans la poutre droite
 $V_{b1,Ed} = 21460,51$ [daN] Effort tranchant dans la poutre droite
 $N_{b1,Ed} = -0,01$ [daN] Effort axial dans la poutre droite
 $M_{b2,Ed} = 24312,84$ [daN*m] Moment fléchissant dans la poutre gauche
 $V_{b2,Ed} = 19367,27$ [daN] Effort tranchant dans la poutre gauche
 $N_{b2,Ed} = 0,01$ [daN] Effort axial dans la poutre gauche
 $M_{c1,Ed} = 812,95$ [daN*m] Moment fléchissant dans le poteau inférieur
 $V_{c1,Ed} = 289,77$ [daN] Effort tranchant dans le poteau inférieur
 $N_{c1,Ed} = -41005,43$ [daN] Effort axial dans le poteau inférieur

RESULTATS

RESISTANCES DE LA POUTRE

COMPRESSION

$A_b = 115,52$ [cm²] Aire de la section EN1993-1-1:[6.2.4]

$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$

$N_{cb,Rd} = 288800,00$ [daN] Résistance de calcul de la section à la compression EN1993-1-1:[6.2.4]

CISAILLEMENT

$A_{vb} = 104,87$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$

$V_{cb,Rd} = 151369,69$ [daN] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]

$$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0 \quad 0,14 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,14)$$

FLEXION - MOMENT PLASTIQUE (SANS RENFORTS)

$$W_{plb} = 2194,12 \text{ [cm}^3\text{]} \quad \text{Facteur plastique de la section} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]}$$

$$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$$M_{b,pl,Rd} = 54853,00 \text{ [daN*m]} \quad \text{Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts)} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]}$$

FLEXION AU CONTACT DE LA PLAQUE AVEC L'ELEMENT ASSEMBLE

$$W_{pl} = 4614,52 \text{ [cm}^3\text{]} \quad \text{Facteur plastique de la section} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5]}$$

$$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$$M_{cb,Rd} = 115362,90 \text{ [daN*m]} \quad \text{Résistance de calcul de la section à la flexion} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5]}$$

AILE ET AME EN COMPRESSION

$$M_{cb,Rd} = 115362,90 \text{ [daN*m]} \quad \text{Résistance de calcul de la section à la flexion} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5]}$$

$$h_f = 932 \text{ [mm]} \quad \text{Distance entre les centres de gravité des ailes} \quad \text{[6.2.6.7.(1)]}$$

$$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$$

$$F_{c,fb,Rd} = 123714,96 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'aile et de l'âme comprimées} \quad \text{[6.2.6.7.(1)]}$$

AME OU AILE DU RENFORT EN COMPRESSION - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$$\beta = 0,0 \text{ [Deg]} \quad \text{Angle entre la platine d'about et la poutre}$$

$$\gamma = 32,7 \text{ [Deg]} \quad \text{Angle d'inclinaison du renfort}$$

$$b_{eff,c,wb} = 249 \text{ [mm]} \quad \text{Largeur efficace de l'âme à la compression} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

$$A_{vb} = 59,87 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{Aire de la section au cisaillement} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$\omega = 1,00 \quad \text{Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{11103655,0}{6} \text{ [daN/m}^2\text{]} \quad \text{Contrainte de compression maximale dans l'âme} \quad \text{[6.2.6.2.(2)]}$$

$$k_{wc} = 1,00 \quad \text{Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression} \quad \text{[6.2.6.2.(2)]}$$

$$F_{c,wb,Rd1} = [\omega k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$$

$$F_{c,wb,Rd1} = 98583,27 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'âme de la poutre} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

Flambement:

$$d_{wb} = 426 \text{ [mm]} \quad \text{Hauteur de l'âme comprimée} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

$$\lambda_p = 1,08 \quad \text{Elancement de plaque} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

$$\rho = 0,76 \quad \text{Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

$$F_{c,wb,Rd2} = [\omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M1}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$$

$$F_{c,wb,Rd2} = 74596,51 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'âme de la poutre} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

Résistance de l'aile du renfort

$$F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0,8 \cdot \gamma_{M0})$$

$$F_{c,wb,Rd3} = 100000,00 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'aile du renfort} \quad \text{[6.2.6.7.(1)]}$$

Résistance finale:

$$F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wb,Rd1}, F_{c,wb,Rd2}, F_{c,wb,Rd3})$$

$$F_{c,wb,Rd,low} = 74596,51 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'âme de la poutre} \quad \text{[6.2.6.2.(1)]}$$

RESISTANCES DU POTEAU**PANNEAU D'AME EN CISAILLEMENT**

$$M_{b1,Ed} = 25125,80 \text{ [daN*m]} \quad \text{Moment fléchissant dans la poutre droite} \quad \text{[5.3.(3)]}$$

$$M_{b2,Ed} = 24312,84 \text{ [daN*m]} \quad \text{Moment fléchissant dans la poutre gauche} \quad \text{[5.3.(3)]}$$

$$V_{c1,Ed} = 289,77 \text{ [daN]} \quad \text{Effort tranchant dans le poteau inférieur} \quad \text{[5.3.(3)]}$$

$$V_{c2,Ed} = 0,00 \text{ [daN]} \quad \text{Effort tranchant dans le poteau supérieur} \quad \text{[5.3.(3)]}$$

$$z = 798 \text{ [mm]} \quad \text{Bras de levier} \quad \text{[6.2.5]}$$

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

$$V_{wp,Ed} = 873,87 \text{ [daN]} \quad \text{Panneau d'âme en cisaillement} \quad \text{[5.3.(3)]}$$

$$A_{vs} = 18,08 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{Aire de cisaillement de l'âme du poteau} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$A_{vc} = 18,08 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{Aire de la section au cisaillement} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$d_s = 942 \text{ [mm]} \quad \text{Distance entre les centres de gravités des raidisseurs} \quad \text{[6.2.6.1.(4)]}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = \frac{137,5}{0} \text{ [daN*m]} \quad \text{Résistance plastique de l'aile du poteau en flexion} \quad \text{[6.2.6.1.(4)]}$$

$A_{vs} =$	18,08 [cm ²]	Aire de cisaillement de l'âme du poteau	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$M_{pl,stu,Rd} =$	75,20 [daN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal supérieur en flexion	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sti,Rd} =$	75,20 [daN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal inférieur en flexion	[6.2.6.1.(4)]
$V_{wp,Rd} =$	$0.9 (A_{vs} * f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$		
$V_{wp,Rd} =$	23938,20 [daN]	Résistance du panneau d'âme au cisaillement	[6.2.6.1]
$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq$	1,0	0,04 < 1,00	vérifié (0,04)

AME EN COMPRESSION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$t_{wc} =$	7 [mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} =$	233 [mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} =$	18,08 [cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	1,00	Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	9092811,90 [daN/m ²]	Contrainte de compression maximale dans l'âme	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1,00	Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression	[6.2.6.2.(2)]
$A_s =$	15,48 [cm ²]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$			
$F_{c,wc,Rd1} =$	70927,24 [daN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wc} =$	134 [mm]	Hauteur de l'âme comprimée	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	0,92	Elancement de plaque	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0,85	Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s =$	2,28	Elancement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s =$	1,00	Coefficient de flambement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$			
$F_{c,wc,Rd2} =$	65356,00 [daN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]

Résistance finale:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$			
$F_{c,wc,Rd} =$	65356,00 [daN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]

AME EN TRACTION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$t_{wc} =$	7 [mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} =$	230 [mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} =$	18,08 [cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	1,00	Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	9092811,90 [daN/m ²]	Contrainte de compression maximale dans l'âme	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1,00	Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression	[6.2.6.2.(2)]
$A_s =$	15,48 [cm ²]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$			
$F_{c,wc,Rd1} =$	70436,34 [daN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wc} =$	134 [mm]	Hauteur de l'âme comprimée	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	0,91	Elancement de plaque	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0,86	Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s =$	2,28	Elancement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s =$	1,00	Coefficient de flambement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$			
$F_{c,wc,Rd2} =$	65087,39 [daN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]

Résistance finale:

$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min}(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$			
$F_{c,wc,Rd,upp} =$	65087,39 [daN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]

PARAMETRES GEOMETRIQUES DE L'ASSEMBLAGE**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	32	-	50	-	105	203	197	197	197	207	153	153	153
2	32	-	50	-	105	203	192	192	192	210	105	105	105
3	32	-	50	-	105	203	192	192	192	210	105	105	105
4	32	-	50	-	138	203	192	192	192	275	138	138	138
5	32	-	50	-	150	203	192	192	192	300	150	150	150
6	32	-	50	-	130	203	192	192	192	260	130	130	130
7	32	-	50	-	130	203	195	195	195	232	164	164	164

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	36	-	50	-	105	225	213	213	213	218	163	163	163
2	36	-	50	-	105	225	206	206	206	210	105	105	105
3	36	-	50	-	105	225	206	206	206	210	105	105	105
4	36	-	50	-	138	225	206	206	206	275	138	138	138
5	36	-	50	-	150	225	206	206	206	300	150	150	150
6	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
7	36	-	50	-	130	225	206	206	206	243	168	168	168

- 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 effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes circulaires
- l_{eff,nc} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes non circulaires
- l_{eff,1} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1
- l_{eff,2} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2
- l_{eff,cp,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires
- l_{eff,nc,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires
- l_{eff,1,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 1
- l_{eff,2,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 2

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA COMPRESSION

$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd} 2 F_{c,wb,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,upp})$
 $N_{j,Rd} = 130174,78 \text{ [daN]}$ Résistance de l'assemblage à la compression [6.2]
 $N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ 0,00 < 1,00 vérifié (0,00)

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION

$F_{t,Rd} = 17640,00 \text{ [daN]}$ Résistance du boulon à la traction [Tableau 3.4]
 $B_{p,Rd} = 19452,74 \text{ [daN]}$ Résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement [Tableau 3.4]
 $F_{t,fc,Rd}$ – 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
 $F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd})$ [6.2.6.4] , [Tab.6.2]
 $F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.3.(1)]
 $F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd})$ [6.2.6.5] , [Tab.6.2]
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.8.(1)]

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})	15193,07	Résistance d'une rangée de boulon
F _{t,fc,Rd(1)} = 15193,07	15193,07	Aile du poteau - traction
F _{t,wc,Rd(1)} = 31947,22	31947,22	Ame du poteau - traction
F _{t,ep,Rd(1)} = 30886,95	30886,95	Platine d'about - traction
F _{t,wb,Rd(1)} = 54334,00	54334,00	Ame de la poutre - traction
B _{p,Rd} = 38905,48	38905,48	Boulons au cisaillement/poinçonnement

F_{t1,Rd,comp} - Formule	F_{t1,Rd,comp}	Composant
$V_{wp,Rd}/\beta = 739852,63$	739852,63	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} = 65356,00$	65356,00	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} = 123714,96$	123714,96	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} = 74596,51$	74596,51	Ame de la poutre - compression

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 2

F_{t2,Rd,comp} - Formule	F_{t2,Rd,comp}	Composant
$F_{t2,Rd} = \text{Min}(F_{t2,Rd,comp})$	4756,57	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(2)} = 14829,98$	14829,98	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(2)} = 31183,75$	31183,75	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(2)} = 30506,70$	30506,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(2)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 38905,48$	38905,48	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 739852,63 - 15193,07$	724659,57	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 65356,00 - 15193,07$	50162,93	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 123714,96 - 15193,07$	108521,89	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 74596,51 - 15193,07$	59403,44	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 19949,64 - 15193,07$	4756,57	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 41949,10 - 15193,07$	26756,03	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 53376,67 - 15193,07$	38183,60	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 68244,74 - 15193,07$	53051,67	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 3

F_{t3,Rd,comp} - Formule	F_{t3,Rd,comp}	Composant
$F_{t3,Rd} = \text{Min}(F_{t3,Rd,comp})$	8114,37	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(3)} = 14829,98$	14829,98	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(3)} = 31183,75$	31183,75	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(3)} = 30506,70$	30506,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(3)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 38905,48$	38905,48	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 739852,63 - 19949,64$	719903,00	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 65356,00 - 19949,64$	45406,37	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 123714,96 - 19949,64$	103765,32	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 74596,51 - 19949,64$	54646,87	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 16228,75 - 4756,57$	11472,18	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 34125,00 - 4756,57$	29368,43	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 28064,01 - 19949,64$	8114,37	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 59011,60 - 19949,64$	39061,96	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 50058,41 - 4756,57$	45301,84	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 53550,00 - 4756,57$	48793,43	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 78538,71 - 19949,64$	58589,08	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 95019,74 - 19949,64$	75070,11	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 4

F_{t4,Rd,comp} - Formule	F_{t4,Rd,comp}	Composant
$F_{t4,Rd} = \text{Min}(F_{t4,Rd,comp})$	10625,97	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(4)} = 14829,98$	14829,98	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(4)} = 31183,75$	31183,75	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(4)} = 30506,70$	30506,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(4)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 38905,48$	38905,48	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^3 F_{ti,Rd} = 739852,63 - 28064,01$	711788,62	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 65356,00 - 28064,01$	37291,99	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 123714,96 - 28064,01$	95650,95	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 74596,51 - 28064,01$	46532,50	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 18740,34 - 8114,37$	10625,97	Aile du poteau - traction - groupe

F_{t4,Rd,comp} - Formule	F_{t4,Rd,comp}	Composant
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 39406,25 - 8114,37$	31291,88	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 26854,71 - 12870,94$	13983,77	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 56468,75 - 12870,94$	43597,81	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 38689,98 - 28064,01$	10625,97	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 81355,35 - 28064,01$	53291,34	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 52045,68 - 8114,37$	43931,30	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 61837,50 - 8114,37$	53723,13	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 77207,72 - 12870,94$	64336,78	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 88612,50 - 12870,94$	75741,56	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 105422,35 - 28064,01$	77358,34	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 130082,24 - 28064,01$	102018,23	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 5

F_{t5,Rd,comp} - Formule	F_{t5,Rd,comp}	Composant
$F_{t5,Rd} = \text{Min}(F_{t5,Rd,comp})$	11591,96	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(5)} = 14829,98$	14829,98	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(5)} = 31183,75$	31183,75	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(5)} = 30506,70$	30506,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(5)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 38905,48$	38905,48	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum 1^4 F_{ti,Rd} = 739852,63 - 38689,98$	701162,66	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^4 F_{tj,Rd} = 65356,00 - 38689,98$	26666,03	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^4 F_{tj,Rd} = 123714,96 - 38689,98$	85024,98	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^4 F_{tj,Rd} = 74596,51 - 38689,98$	35906,53	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 22217,93 - 10625,97$	11591,96	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 46718,75 - 10625,97$	36092,78	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 30332,30 - 18740,34$	11591,96	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 63781,25 - 18740,34$	45040,91	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 38446,68 - 23496,91$	14949,77	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 80843,75 - 23496,91$	57346,84	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 50281,94 - 38689,98$	11591,96	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 105730,35 - 38689,98$	67040,37	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 54429,41 - 10625,97$	43803,44	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 73312,50 - 10625,97$	62686,53	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 79591,45 - 18740,34$	60851,11	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 100087,50 - 18740,34$	81347,16	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 104753,50 - 23496,91$	81256,59	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 126862,50 - 23496,91$	103365,59	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 132968,12 - 38689,98$	94278,15	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 168332,24 - 38689,98$	129642,27	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 6

F_{t6,Rd,comp} - Formule	F_{t6,Rd,comp}	Composant
$F_{t6,Rd} = \text{Min}(F_{t6,Rd,comp})$	10046,37	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(6)} = 14829,98$	14829,98	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(6)} = 31183,75$	31183,75	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(6)} = 30506,70$	30506,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(6)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 38905,48$	38905,48	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum 1^5 F_{ti,Rd} = 739852,63 - 50281,94$	689570,70	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 65356,00 - 50281,94$	15074,06	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 123714,96 - 50281,94$	73433,02	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 74596,51 - 50281,94$	24314,57	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 21638,33 - 11591,96$	10046,37	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 45500,00 - 11591,96$	33908,04	Ame du poteau - traction - groupe

F_{t6,Rd,comp} - Formule	F_{t6,Rd,comp}	Composant
$F_{t,fc,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 32264,30 - 22217,93$	10046,37	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 67843,75 - 22217,93$	45625,82	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 40378,67 - 30332,30$	10046,37	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 84906,25 - 30332,30$	54573,95	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 48493,04 - 35088,87$	13404,17	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 101968,75 - 35088,87$	66879,88	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 60328,31 - 50281,94$	10046,37	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 126855,35 - 50281,94$	76573,41	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 54032,12 - 11591,96$	42440,16	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 71400,00 - 11591,96$	59808,04	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 80915,75 - 22217,93$	58697,82	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 106462,50 - 22217,93$	84244,57	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 106077,80 - 30332,30$	75745,49	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 133237,50 - 30332,30$	102905,20	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 131239,84 - 35088,87$	96150,97	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 160012,50 - 35088,87$	124923,63	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 159454,47 - 50281,94$	109172,53	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 201482,24 - 50281,94$	151200,30	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 7

F_{t7,Rd,comp} - Formule	F_{t7,Rd,comp}	Composant
$F_{t7,Rd} = \text{Min}(F_{t7,Rd,comp})$	5027,69	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(7)} = 15100,30$	15100,30	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(7)} = 31752,16$	31752,16	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(7)} = 30506,70$	30506,70	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(7)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 38905,48$	38905,48	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd/\beta} - \sum 1^6 F_{ti,Rd} = 739852,63 - 60328,31$	679524,33	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 65356,00 - 60328,31$	5027,69	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 123714,96 - 60328,31$	63386,65	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 74596,51 - 60328,31$	14268,20	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 22754,86 - 10046,37$	12708,50	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 47847,79 - 10046,37$	37801,42	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 34346,83 - 21638,33$	12708,50	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 72222,79 - 21638,33$	50584,46	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 44972,79 - 32264,30$	12708,50	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 94566,54 - 32264,30$	62302,24	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 53087,17 - 40378,67$	12708,50	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 111629,04 - 40378,67$	71250,37	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 61201,54 - 45135,24$	16066,30	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 128691,54 - 45135,24$	83556,30	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 73036,80 - 60328,31$	12708,50	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 153578,13 - 60328,31$	93249,83	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 54982,86 - 10046,37$	44936,49	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 75976,76 - 10046,37$	65930,39	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 82528,64 - 21638,33$	60890,31	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 114226,76 - 21638,33$	92588,43	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 109412,27 - 32264,30$	77147,98	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 149289,26 - 32264,30$	117024,96	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 134574,32 - 40378,67$	94195,65	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 176064,26 - 40378,67$	135685,59	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 159736,36 - 45135,24$	114601,12	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 202839,26 - 45135,24$	157704,02	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 187950,99 - 60328,31$	127622,68	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{tj,Rd} = 244309,00 - 60328,31$	183980,69	Ame de la poutre - traction - groupe

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	850	15193,07	15193,07	31947,22	30886,95	54334,00	35280,00	38905,48
2	745	4756,57	14829,98	31183,75	30506,70	52503,51	35280,00	38905,48
3	640	8114,37	14829,98	31183,75	30506,70	52503,51	35280,00	38905,48
4	535	10625,97	14829,98	31183,75	30506,70	52503,51	35280,00	38905,48
5	365	11591,96	14829,98	31183,75	30506,70	52503,51	35280,00	38905,48
6	235	10046,37	14829,98	31183,75	30506,70	52503,51	35280,00	38905,48
7	105	5027,69	15100,30	31752,16	30506,70	52503,51	35280,00	38905,48

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M_{j,Rd}

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$
 $M_{j,Rd} = 34487,71 \text{ [daN*m]}$ Résistance de l'assemblage à la flexion [6.2]
 $M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,73 < 1,00$ vérifié $(0,73)$

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT

$\alpha_v = 0,60$ Coefficient pour le calcul de F_{v,Rd} [Tableau 3.4]
 $\beta_{Lf} = 0,89$ Coefficient réducteur pour les assemblages longs [3.8]
 $F_{v,Rd} = 13402,03 \text{ [daN]}$ Résistance d'un boulon au cisaillement [Tableau 3.4]
 $F_{t,Rd,max} = 17640,00 \text{ [daN]}$ Résistance d'un boulon à la traction [Tableau 3.4]
 $F_{b,Rd,int} = 17200,00 \text{ [daN]}$ Résistance du boulon intérieur en pression diamétrale [Tableau 3.4]
 $F_{b,Rd,ext} = 17200,00 \text{ [daN]}$ Résistance du boulon de rive en pression diamétrale [Tableau 3.4]

Nr	F _{tj,Rd,N}	F _{tj,Ed,N}	F _{tj,Rd,M}	F _{tj,Ed,M}	F _{tj,Ed}	F _{vj,Rd}
1	35280,00	-0,00	15193,07	11068,81	11068,81	20797,24
2	35280,00	-0,00	4756,57	3465,37	3465,37	24923,48
3	35280,00	-0,00	8114,37	5911,67	5911,67	23595,92
4	35280,00	-0,00	10625,97	7741,48	7741,48	22602,92
5	35280,00	-0,00	11591,96	8445,25	8445,25	22221,00
6	35280,00	-0,00	10046,37	7319,22	7319,21	22832,07
7	35280,00	-0,00	5027,69	3662,89	3662,89	24816,29

$F_{tj,Rd,N}$ – Résistance d'une rangée de boulons à la traction pure
 $F_{tj,Ed,N}$ – Effort dans une rangée de boulons dû à l'effort axial
 $F_{tj,Rd,M}$ – Résistance d'une rangée de boulons à la flexion pure
 $F_{tj,Ed,M}$ – Effort dans une rangée de boulons dû au moment
 $F_{tj,Ed}$ – Effort de traction maximal dans la rangée de boulons
 $F_{vj,Rd}$ – Résistance réduite d'une rangée de boulon
 $F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$
 $F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$
 $F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$
 $F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$
 $V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$ [Tableau 3.4]
 $V_{j,Rd} = 161788,93 \text{ [daN]}$ Résistance de l'assemblage au cisaillement [Tableau 3.4]
 $V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,13 < 1,00$ vérifié $(0,13)$

RESISTANCE DES SOUDURES

$A_w = 214,35 \text{ [cm}^2\text{]}$ Aire de toutes les soudures [4.5.3.2(2)]
 $A_{wy} = 77,23 \text{ [cm}^2\text{]}$ Aire des soudures horizontales [4.5.3.2(2)]
 $A_{wz} = 137,12 \text{ [cm}^2\text{]}$ Aire des soudures verticales [4.5.3.2(2)]
 $I_{wy} = 173743,21 \text{ [cm}^4\text{]}$ Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz. [4.5.3.2(5)]
 $\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max} = 4790144,6 / 2 \text{ [daN/m}^2\text{]}$ Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.2(6)]
 $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 4636757,7 / 0 \text{ [daN/m}^2\text{]}$ Contraintes dans la soudure verticale [4.5.3.2(5)]

RESISTANCE DES SOUDURES

$A_w =$	214,35 [cm ²]	Aire de toutes les soudures	[4.5.3.2(2)]
$\tau_{II} =$	$\frac{1565127,7}{3}$ [daN/m ²]	Contrainte tangentielle	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w =$	0,80	Coefficient de corrélation	[4.5.3.2(7)]
$\sqrt{[\sigma_{\perp\max}^2 + 3*(\tau_{\perp\max}^2)]} \leq f_u/(\beta_w*\gamma_{M2})$	9580289,24	< 36000000,00	vérifié (0,27)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]} \leq f_u/(\beta_w*\gamma_{M2})$	9661623,17	< 36000000,00	vérifié (0,27)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9*f_u/\gamma_{M2}$	4790144,62	< 25920000,00	vérifié (0,18)

RIGIDITE DE L'ASSEMBLAGE

$t_{wash} =$	4 [mm]	Epaisseur de la plaquette	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	14 [mm]	Hauteur de la tête du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	20 [mm]	Hauteur de l'écrou du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	55 [mm]	Longueur du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	7 [mm]	Coefficient de rigidité des boulons	[6.3.2.(1)]

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	45,25	2813,36
1	850	4	4	25	1	12,71	1080,83
2	745	3	3	16	1	8,14	607,16
3	640	3	3	16	1	7,00	448,17
4	535	4	4	21	1	7,31	391,65
5	365	4	4	23	1	5,35	195,63
6	235	3	3	20	1	3,07	72,37
7	105	4	4	26	2	1,66	17,54

$k_{eff,j} = 1 / (\sum 3^5 (1 / k_{i,j}))$	[6.3.3.1.(2)]
$Z_{eq} = \sum_i k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$	
$Z_{eq} =$ 622 [mm]	Bras de levier équivalent [6.3.3.1.(3)]
$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / Z_{eq}$	
$k_{eq} =$ 7 [mm]	Coefficient de rigidité équivalent du système de boulons [6.3.3.1.(1)]
$A_{vc} =$ 18,08 [cm ²]	Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\beta =$ 0,03	Paramètre de transformation [5.3.(7)]
$z =$ 622 [mm]	Bras de levier [6.2.5]
$k_1 =$ 34 [mm]	Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en cisaillement [6.3.2.(1)]
$k_2 =$ ∞	Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en compression [6.3.2.(1)]
$S_{j,ini} = E Z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$	[6.3.1.(4)]
$S_{j,ini} =$ 48701564,50 [daN*m]	Rigidité en rotation initiale [6.3.1.(4)]
$\mu =$ 1,27	Coefficient de rigidité de l'assemblage [6.3.1.(6)]
$S_j = S_{j,ini} / \mu$	[6.3.1.(4)]
$S_j =$ 38323627,16 [daN*m]	Rigidité en rotation finale [6.3.1.(4)]
Classification de l'assemblage par rigidité.	
$S_{j,rig} =$ 11567640,00 [daN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]
$S_{j,pin} =$ 722977,50 [daN*m]	Rigidité de l'assemblage articulé [5.2.2.5]
$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$ RIGIDE	

COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

AILE DU POTEAU EN TRACTION

REMARQUES

Pince du boulon trop grande.	125 [mm] > 120 [mm]
Entraxe des boulons trop grand.	170 [mm] > 140 [mm]

Assemblage N°: 2

GEOMETRIE**POTEAU**

Profilé: HEA 320
 Barre N°: 76
 $\alpha = -90,0$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_c = 310$ [mm] Hauteur de la section du poteau
 $b_{fc} = 300$ [mm] Largeur de la section du poteau
 $t_{wc} = 9$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau
 $t_{fc} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau
 $r_c = 27$ [mm] Rayon de congé de la section du poteau
 $A_c = 124,37$ [cm²] Aire de la section du poteau
 $I_{xc} = 22928,60$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section du poteau
 Matériau: S 275
 $f_{yc} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance

POUTRE

Profilé: IPE 500
 Barre N°: 80
 $\alpha = 8,1$ [Deg] Angle d'inclinaison
 $h_b = 500$ [mm] Hauteur de la section de la poutre
 $b_f = 200$ [mm] Largeur de la section de la poutre
 $t_{wb} = 10$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
 $t_{fb} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
 $r_b = 21$ [mm] Rayon de congé de la section de la poutre
 $r_b = 21$ [mm] Rayon de congé de la section de la poutre
 $A_b = 115,52$ [cm²] Aire de la section de la poutre
 $I_{xb} = 48198,50$ [cm⁴] Moment d'inertie de la poutre
 Matériau: S 275
 $f_{yb} = 27500000,00$ [daN/m²] Résistance

BOULONS

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

$d = 16$ [mm] Diamètre du boulon
 Classe = HR 10.9 Classe du boulon
 $F_{tRd} = 11304,00$ [daN] Résistance du boulon à la traction
 $n_h = 2$ Nombre de colonnes des boulons
 $n_v = 8$ Nombre de rangées des boulons
 $h_1 = 65$ [mm] Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about
 Ecartement $e_i = 100$ [mm]
 Entraxe $p_i = 120;120;120;140;110;110;110$ [mm]

PLATINE

$h_p = 975$ [mm] Hauteur de la platine
 $b_p = 200$ [mm] Largeur de la platine
 $t_p = 20$ [mm] Epaisseur de la platine
 Matériau: S 235
 $f_{yp} = 23500000,00$ [daN/m²] Résistance

JARRET INFERIEUR

$w_d = 200$ [mm] Largeur de la platine
 $t_{fd} = 16$ [mm] Epaisseur de l'aile

JARRET INFERIEUR

$w_d =$	200	[mm]	Largeur de la platine
$h_d =$	450	[mm]	Hauteur de la platine
$t_{wd} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme
$l_d =$	1200	[mm]	Longueur de la platine
$\alpha =$	27,5	[Deg]	Angle d'inclinaison
Matériau:	S 275		
$f_{ybu} =$	27500000,00	[daN/m ²]	Résistance

RAIDISSEUR POTEAU**Supérieur**

$h_{su} =$	279	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{su} =$	146	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hu} =$	8	[mm]	Epaisseur du raidisseur
Matériau:	S 235		
$f_{ysu} =$	23500000,00	[daN/m ²]	Résistance

Inférieur

$h_{sd} =$	279	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{sd} =$	146	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hd} =$	8	[mm]	Epaisseur du raidisseur
Matériau:	S 235		
$f_{ysu} =$	23500000,00	[daN/m ²]	Résistance

SOUDURES D'ANGLE

$a_w =$	8	[mm]	Soudure âme
$a_r =$	12	[mm]	Soudure semelle
$a_s =$	8	[mm]	Soudure du raidisseur
$a_{fd} =$	5	[mm]	Soudure horizontale

COEFFICIENTS DE MATERIAU

$\gamma_{M0} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

EFFORTS**Etat limite: ultime**

Cas: 9: $ELU/1=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 (1+2+3)*1.35$

$M_{b1,Ed} =$	23313,91	[daN*m]	Moment fléchissant dans la poutre droite
$V_{b1,Ed} =$	9695,89	[daN]	Effort tranchant dans la poutre droite
$N_{b1,Ed} =$	-14307,90	[daN]	Effort axial dans la poutre droite
$M_{b2,Ed} =$	9109,57	[daN*m]	Moment fléchissant dans la poutre gauche
$V_{b2,Ed} =$	1664,29	[daN]	Effort tranchant dans la poutre gauche
$N_{b2,Ed} =$	9697,58	[daN]	Effort axial dans la poutre gauche
$M_{c1,Ed} =$	14204,35	[daN*m]	Moment fléchissant dans le poteau inférieur
$V_{c1,Ed} =$	24005,47	[daN]	Effort tranchant dans le poteau inférieur
$N_{c1,Ed} =$	-11484,81	[daN]	Effort axial dans le poteau inférieur

RESULTATS**RESISTANCES DE LA POUTRE****COMPRESSION**

$A_b = 115,52$ [cm²] Aire de la section EN1993-1-1:[6.2.4]
 $N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$
 $N_{cb,Rd} = 288800,00$ [daN] Résistance de calcul de la section à la compression EN1993-1-1:[6.2.4]

CISAILLEMENT

$A_{vb} = 105,77$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
 $V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$
 $V_{cb,Rd} = 152668,73$ [daN] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
 $V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ $0,06 < 1,00$ **vérifié** (0,06)

FLEXION - MOMENT PLASTIQUE (SANS RENFORTS)

$W_{plb} = 2194,12$ [cm³] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
 $M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$
 $M_{b,pl,Rd} = 54853,00$ [daN*m] Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

FLEXION AU CONTACT DE LA PLAQUE AVEC L'ELEMENT ASSEMBLE

$W_{pl} = 4585,83$ [cm³] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5]
 $M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$
 $M_{cb,Rd} = 114645,69$ [daN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]

AILE ET AME EN COMPRESSION

$M_{cb,Rd} = 114645,69$ [daN*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]
 $h_f = 938$ [mm] Distance entre les centres de gravité des ailes [6.2.6.7.(1)]
 $F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$
 $F_{c,fb,Rd} = 122227,20$ [daN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

AME OU AILE DU RENFORT EN COMPRESSION - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$\beta = 8,1$ [Deg] Angle entre la platine d'about et la poutre
 $\gamma = 27,5$ [Deg] Angle d'inclinaison du renfort
 $b_{eff,c,wb} = 267$ [mm] Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]
 $A_{vb} = 59,87$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
 $\omega = 0,98$ Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]
 $\sigma_{com,Ed} = 11541506,0$ [daN/m²] Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]
 $= 7$]
 $k_{wc} = 1,00$ Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]
 $F_{c,wb,Rd1} = [\omega k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$
 $F_{c,wb,Rd1} = 177145,80$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wb} = 426$ [mm] Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]
 $\lambda_p = 1,12$ Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]
 $\rho = 0,74$ Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]
 $F_{c,wb,Rd2} = [\omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M1}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$
 $F_{c,wb,Rd2} = 130351,48$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]
 Résistance de l'aile du renfort
 $F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0.8 \gamma_{M0})$
 $F_{c,wb,Rd3} = 100000,00$ [daN] Résistance de l'aile du renfort [6.2.6.7.(1)]

Résistance finale:

$F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wb,Rd1}, F_{c,wb,Rd2}, F_{c,wb,Rd3})$
 $F_{c,wb,Rd,low} = 100000,00$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

RESISTANCES DU POTEAU

PANNEAU D'AME EN CISAILLEMENT

$M_{b1,Ed} = 23313,91$ [daN*m] Moment fléchissant dans la poutre droite [5.3.(3)]
 $M_{b2,Ed} = 9109,57$ [daN*m] Moment fléchissant dans la poutre gauche [5.3.(3)]
 $V_{c1,Ed} = 24005,47$ [daN] Effort tranchant dans le poteau inférieur [5.3.(3)]
 $V_{c2,Ed} = 0,00$ [daN] Effort tranchant dans le poteau supérieur [5.3.(3)]
 $z = 831$ [mm] Bras de levier [6.2.5]

$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / Z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$	
$V_{wp,Ed} = 5089,24$ [daN]	Panneau d'âme en cisaillement [5.3.(3)]
$A_{vs} = 41,13$ [cm ²]	Aire de cisaillement de l'âme du poteau EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$A_{vc} = 41,13$ [cm ²]	Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$d_s = 947$ [mm]	Distance entre les centres de gravités des raidisseurs [6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,fc,Rd} = 495,5$ [daN*m]	Résistance plastique de l'aile du poteau en flexion [6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stu,Rd} = 112,8$ [daN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal supérieur en flexion [6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sti,Rd} = 112,8$ [daN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal inférieur en flexion [6.2.6.1.(4)]
$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} * f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$	
$V_{wp,Rd} = 54720,55$ [daN]	Résistance du panneau d'âme au cisaillement [6.2.6.1]
$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$	$0,09 < 1,00$ vérifié (0,09)

AME EN COMPRESSION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$t_{wc} = 9$ [mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau [6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} = 304$ [mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} = 41,13$ [cm ²]	Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega = 0,96$	Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} = 7892851,84$ [daN/m ²]	Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} = 1,00$	Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]
$A_s = 19,83$ [cm ²]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$	
$F_{c,wc,Rd1} = 107814,09$ [daN]	Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wc} = 225$ [mm]	Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p = 0,98$	Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]
$\rho = 0,81$	Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s = 2,56$	Elancement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s = 1,00$	Coefficient de flambement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$	
$F_{c,wc,Rd2} = 95483,55$ [daN]	Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Résistance finale:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$	
$F_{c,wc,Rd} = 95483,55$ [daN]	Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

AME EN TRACTION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

$t_{wc} = 9$ [mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau [6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} = 303$ [mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} = 41,13$ [cm ²]	Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega = 0,96$	Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} = 7892851,84$ [daN/m ²]	Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} = 1,00$	Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]
$A_s = 19,83$ [cm ²]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$	
$F_{c,wc,Rd1} = 107435,94$ [daN]	Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Flambement:

$d_{wc} = 225$ [mm]	Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p = 0,98$	Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]
$\rho = 0,81$	Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s = 2,56$	Elancement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s = 1,00$	Coefficient de flambement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$	
$F_{c,wc,Rd2} = 95298,61$ [daN]	Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Résistance finale:

$$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$$

$$F_{c,wc,Rd,upp} = 95298,61 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'âme du poteau} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

PARAMETRES GEOMETRIQUES DE L'ASSEMBLAGE

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	24	-	100	-	120	150	191	150	191	195	141	141	141
2	24	-	100	-	120	150	221	150	221	240	120	120	120
3	24	-	100	-	120	150	221	150	221	240	120	120	120
4	24	-	100	-	130	150	221	150	221	260	130	130	130
5	24	-	100	-	125	150	221	150	221	250	125	125	125
6	24	-	100	-	110	150	221	150	221	220	110	110	110
7	24	-	100	-	110	150	221	150	221	220	110	110	110
8	24	-	100	-	110	150	191	150	191	185	136	136	136

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	36	-	50	-	120	225	250	225	250	233	208	208	208
2	36	-	50	-	120	225	206	206	206	240	120	120	120
3	36	-	50	-	120	225	206	206	206	240	120	120	120
4	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
5	36	-	50	-	125	225	206	206	206	250	125	125	125
6	36	-	50	-	110	225	206	206	206	220	110	110	110
7	36	-	50	-	110	225	206	206	206	220	110	110	110
8	36	-	50	-	110	225	206	206	206	223	158	158	158

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 effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes circulaires

l_{eff,nc} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes non circulaires

l_{eff,1} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1

l_{eff,2} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2

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

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

l_{eff,1,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 1

l_{eff,2,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 2

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA COMPRESSION

$$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd} 2 F_{c,wb,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,upp})$$

$$N_{j,Rd} = 190597,22 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance de l'assemblage à la compression} \quad [6.2]$$

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,08 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,08)$$

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION

$$F_{t,Rd} = 11304,00 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance du boulon à la traction} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

$$B_{p,Rd} = 24121,40 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

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 fléchée à la flexion

F_{t,wb,Rd} – résistance de l'âme à la traction

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd}) \quad [6.2.6.4] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

$$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd}) \quad [6.2.6.5] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd}) \quad [6.2.6.4] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{\text{eff},t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.8.(1)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 1

F_{t1,Rd,comp} - Formule	F_{t1,Rd,comp}	Composant
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(1)} = 22608,00$	22608,00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(1)} = 33318,59$	33318,59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(1)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(1)} = 57437,76$	57437,76	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242,80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta = 89814,07$	89814,07	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} = 95483,55$	95483,55	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} = 122227,20$	122227,20	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} = 100000,00$	100000,00	Ame de la poutre - compression

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 2

F_{t2,Rd,comp} - Formule	F_{t2,Rd,comp}	Composant
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	17082,25	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(2)} = 22608,00$	22608,00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(2)} = 33318,59$	33318,59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(2)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(2)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242,80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 89814,07 - 22608,00$	67206,07	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 95483,55 - 22608,00$	72875,55	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 22608,00$	99619,20	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 22608,00$	77392,00	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 39690,25 - 22608,00$	17082,25	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 56625,87 - 22608,00$	34017,87	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 42469,46 - 22608,00$	19861,46	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 83518,15 - 22608,00$	60910,15	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 3

F_{t3,Rd,comp} - Formule	F_{t3,Rd,comp}	Composant
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	19261,53	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(3)} = 22608,00$	22608,00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(3)} = 33318,59$	33318,59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(3)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(3)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242,80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 89814,07 - 39690,25$	50123,82	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 95483,55 - 39690,25$	55793,30	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 39690,25$	82536,95	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 39690,25$	60309,75	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 38523,07 - 17082,25$	21440,82	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 52324,11 - 17082,25$	35241,85	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 58951,79 - 39690,25$	19261,53	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 80550,81 - 39690,25$	40860,56	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 37833,25 - 17082,25$	20750,99	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 61200,00 - 17082,25$	44117,75	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 61386,08 - 39690,25$	21695,83	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 114118,15 - 39690,25$	74427,89	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t3,Rd} = F_{t1,Rd} h_3/h_1$$

$$F_{t3,Rd} = 16518,67 \quad [\text{daN}] \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 4

F_{t4,Rd,comp} - Formule	F_{t4,Rd,comp}	Composant
$F_{t4,Rd} = \text{Min} (F_{t4,Rd,comp})$	21844, 30	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(4)} = 22608,00$	22608, 00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(4)} = 33318,59$	33318, 59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(4)} = 22608,00$	22608, 00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(4)} = 52503,51$	52503, 51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242, 80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^3 F_{ti,Rd} = 89814,07 - 56208,92$	33605, 16	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 95483,55 - 56208,92$	39274, 63	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 56208,92$	66018, 28	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 56208,92$	43791, 08	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 39081,53 - 16518,67$	22562, 86	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 54387,86 - 16518,67$	37869, 20	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 58343,06 - 33600,92$	24742, 15	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 78425,86 - 33600,92$	44824, 95	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 78771,78 - 56208,92$	22562, 86	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 105338,65 - 56208,92$	49129, 73	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 38362,96 - 16518,67$	21844, 30	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 63750,00 - 16518,67$	47231, 33	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 57279,59 - 33600,92$	23678, 67	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 94350,00 - 33600,92$	60749, 08	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 80832,42 - 56208,92$	24623, 50	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 147268,15 - 56208,92$	91059, 23	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$F_{t4,Rd} = F_{t1,Rd} h_4/h_1$

$F_{t4,Rd} = 13474, 00$ [daN] Résistance réduite d'une rangée de boulon [6.2.7.2.(9)]

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 5

F_{t5,Rd,comp} - Formule	F_{t5,Rd,comp}	Composant
$F_{t5,Rd} = \text{Min} (F_{t5,Rd,comp})$	20131, 16	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(5)} = 22608,00$	22608, 00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(5)} = 33318,59$	33318, 59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(5)} = 22608,00$	22608, 00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(5)} = 52503,51$	52503, 51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242, 80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^4 F_{ti,Rd} = 89814,07 - 69682,92$	20131, 16	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^4 F_{tj,Rd} = 95483,55 - 69682,92$	25800, 63	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^4 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 69682,92$	52544, 29	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^4 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 69682,92$	30317, 08	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(5+4)} - \sum_4^4 F_{tj,Rd} = 39360,76 - 13474,00$	25886, 76	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4)} - \sum_4^4 F_{tj,Rd} = 55415,95 - 13474,00$	41941, 95	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(5+4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 58622,29 - 29992,67$	28629, 63	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 79401,66 - 29992,67$	49409, 00	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(5+4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 77883,83 - 47074,92$	30808, 91	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 102353,62 - 47074,92$	55278, 70	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 98312,55 - 69682,92$	28629, 63	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 128484,51 - 69682,92$	58801, 59	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4)} - \sum_4^4 F_{tj,Rd} = 38627,82 - 13474,00$	25153, 82	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4)} - \sum_4^4 F_{tj,Rd} = 65025,00 - 13474,00$	51551, 00	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 57544,45 - 29992,67$	27551, 78	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 95625,00 - 29992,67$	65632, 33	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 76461,07 - 47074,92$	29386, 15	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 126225,00 - 47074,92$	79150, 08	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 100013,90 - 69682,92$	30330, 99	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 179143,15 - 69682,92$	109460, 23	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t5,Rd} = F_{t1,Rd} h_5/h_1$$

$$F_{t5,Rd} = 9921,89 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 6

F_{t6,Rd,comp} - Formule	F_{t6,Rd,comp}	Composant
$F_{t6,Rd} = \text{Min} (F_{t6,Rd,comp})$	10209,27	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(6)} = 22608,00$	22608,00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(6)} = 33318,59$	33318,59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(6)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(6)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242,80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 89814,07 - 79604,81$	10209,27	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 95483,55 - 79604,81$	15878,74	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 79604,81$	42622,40	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^5 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 79604,81$	20395,19	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 38243,84 - 9921,89$	28321,95	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 51288,39 - 9921,89$	41366,51	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 58063,83 - 23395,89$	34667,95	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 77448,25 - 23395,89$	54052,36	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 77325,37 - 39914,55$	37410,81	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 100470,48 - 39914,55$	60555,92	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 96586,90 - 56996,81$	39590,10	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 122808,39 - 56996,81$	65811,58	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 117015,62 - 79604,81$	37410,81	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 148513,97 - 79604,81$	68909,17	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 37568,39 - 9921,89$	27646,50	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 59925,00 - 9921,89$	50003,11	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 57014,73 - 23395,89$	33618,84	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{tj,Rd} = 93075,00 - 23395,89$	69679,11	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 75931,35 - 39914,55$	36016,80	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{tj,Rd} = 123675,00 - 39914,55$	83760,45	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 94847,97 - 56996,81$	37851,17	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{tj,Rd} = 154275,00 - 56996,81$	97278,19	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 118400,81 - 79604,81$	38796,00	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{tj,Rd} = 207193,15 - 79604,81$	127588,34	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t6,Rd} = F_{t1,Rd} h_6/h_1$$

$$F_{t6,Rd} = 7130,94 \text{ [daN]} \quad \text{Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 7

F_{t7,Rd,comp} - Formule	F_{t7,Rd,comp}	Composant
$F_{t7,Rd} = \text{Min} (F_{t7,Rd,comp})$	3078,32	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(7)} = 22608,00$	22608,00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(7)} = 33318,59$	33318,59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(7)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(7)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242,80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 89814,07 - 86735,75$	3078,32	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 95483,55 - 86735,75$	8747,80	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 122227,20 - 86735,75$	35491,45	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^6 F_{tj,Rd} = 100000,00 - 86735,75$	13264,25	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 37406,15 - 7130,94$	30275,20	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{tj,Rd} = 48165,75 - 7130,94$	41034,80	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 56946,91 - 17052,83$	39894,08	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{tj,Rd} = 73518,94 - 17052,83$	56466,11	Ame du poteau - traction - groupe

F_{t7,Rd,comp} - Formule	F_{t7,Rd,comp}	Composant
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{ij,Rd} = 76766,91 - 30526,83$	46240,07	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{ij,Rd} = 98582,66 - 30526,83$	68055,83	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{ij,Rd} = 96028,44 - 47045,50$	48982,94	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{ij,Rd} = 120965,78 - 47045,50$	73920,28	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{ij,Rd} = 115289,97 - 64127,75$	51162,22	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{ij,Rd} = 142911,53 - 64127,75$	78783,78	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{ij,Rd} = 135718,69 - 86735,75$	48982,94	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{ij,Rd} = 168343,08 - 86735,75$	81607,33	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{ij,Rd} = 36773,81 - 7130,94$	29642,87	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{ij,Rd} = 56100,00 - 7130,94$	48969,06	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5)} - \sum 6^5 F_{ij,Rd} = 55955,29 - 17052,83$	38902,46	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5)} - \sum 6^5 F_{ij,Rd} = 87975,00 - 17052,83$	70922,17	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{ij,Rd} = 75401,63 - 30526,83$	44874,80	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{ij,Rd} = 121125,00 - 30526,83$	90598,17	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{ij,Rd} = 94318,26 - 47045,50$	47272,76	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{ij,Rd} = 151725,00 - 47045,50$	104679,50	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{ij,Rd} = 113234,88 - 64127,75$	49107,13	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{ij,Rd} = 182325,00 - 64127,75$	118197,25	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{ij,Rd} = 136787,71 - 86735,75$	50051,96	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{ij,Rd} = 235243,15 - 86735,75$	148507,40	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 8

F_{t8,Rd,comp} - Formule	F_{t8,Rd,comp}	Composant
$F_{t8,Rd} = \text{Min}(F_{t8,Rd,comp})$	0,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(8)} = 22608,00$	22608,00	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(8)} = 33318,59$	33318,59	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(8)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(8)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 48242,80$	48242,80	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum 1^7 F_{ti,Rd} = 89814,07 - 89814,07$	0,00	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^7 F_{ij,Rd} = 95483,55 - 89814,07$	5669,48	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^7 F_{ij,Rd} = 122227,20 - 89814,07$	32413,13	Aile de la poutre - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^7 F_{ij,Rd} = 100000,00 - 89814,07$	10185,93	Ame de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(8+7)} - \sum 7^7 F_{ij,Rd} = 38852,56 - 3078,32$	35774,24	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(8+7)} - \sum 7^7 F_{ij,Rd} = 53542,95 - 3078,32$	50464,63	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(8+7+6)} - \sum 7^6 F_{ij,Rd} = 57555,63 - 10209,27$	47346,37	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(8+7+6)} - \sum 7^6 F_{ij,Rd} = 75664,21 - 10209,27$	65454,94	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(8+7+6+5)} - \sum 7^5 F_{ij,Rd} = 77096,40 - 20131,16$	56965,24	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(8+7+6+5)} - \sum 7^5 F_{ij,Rd} = 99697,05 - 20131,16$	79565,89	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(8+7+6+5+4)} - \sum 7^4 F_{ij,Rd} = 96916,39 - 33605,16$	63311,24	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(8+7+6+5+4)} - \sum 7^4 F_{ij,Rd} = 123894,18 - 33605,16$	90289,03	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(8+7+6+5+4+3)} - \sum 7^3 F_{ij,Rd} = 116177,93 - 50123,82$	66054,11	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(8+7+6+5+4+3)} - \sum 7^3 F_{ij,Rd} = 145796,40 - 50123,82$	95672,58	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(8+7+6+5+4+3+2)} - \sum 7^2 F_{ij,Rd} = 135439,46 - 67206,07$	68233,39	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(8+7+6+5+4+3+2)} - \sum 7^2 F_{ij,Rd} = 167445,03 - 67206,07$	100238,96	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(8+7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 7^1 F_{ij,Rd} = 155868,18 - 89814,07$	66054,11	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(8+7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 7^1 F_{ij,Rd} = 192663,01 - 89814,07$	102848,94	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(8+7)} - \sum 7^7 F_{ij,Rd} = 39313,71 - 3078,32$	36235,38	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(8+7)} - \sum 7^7 F_{ij,Rd} = 68326,76 - 3078,32$	65248,43	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(8+7+6)} - \sum 7^6 F_{ij,Rd} = 57700,61 - 10209,27$	47491,34	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(8+7+6)} - \sum 7^6 F_{ij,Rd} = 96376,76 - 10209,27$	86167,49	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5)} - \sum 7^5 F_{ij,Rd} = 76882,09 - 20131,16$	56750,94	Platine d'about - traction - groupe

F _{t8,Rd,comp} - Formule	F _{t8,Rd,comp}	Composant
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5)} - \sum 7^5 F_{tj,Rd} = 128251,76 - 20131,16$	108120,60	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4)} - \sum 7^4 F_{tj,Rd} = 96328,44 - 33605,16$	62723,28	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4)} - \sum 7^4 F_{tj,Rd} = 161401,76 - 33605,16$	127796,60	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4+3)} - \sum 7^3 F_{tj,Rd} = 115245,06 - 50123,82$	65121,24	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4+3)} - \sum 7^3 F_{tj,Rd} = 192001,76 - 50123,82$	141877,94	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4+3+2)} - \sum 7^2 F_{tj,Rd} = 134161,68 - 67206,07$	66955,61	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4+3+2)} - \sum 7^2 F_{tj,Rd} = 222601,76 - 67206,07$	155395,68	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 7^1 F_{tj,Rd} = 157714,51 - 89814,07$	67900,44	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 7^1 F_{tj,Rd} = 275519,90 - 89814,07$	185705,83	Ame de la poutre - traction - groupe

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	891	22608,00	22608,00	33318,59	22608,00	57437,76	22608,00	48242,80
2	771	17082,25	22608,00	33318,59	22608,00	52503,51	22608,00	48242,80
3	651	16518,67	22608,00	33318,59	22608,00	52503,51	22608,00	48242,80
4	531	13474,00	22608,00	33318,59	22608,00	52503,51	22608,00	48242,80
5	391	9921,89	22608,00	33318,59	22608,00	52503,51	22608,00	48242,80
6	281	7130,94	22608,00	33318,59	22608,00	52503,51	22608,00	48242,80
7	171	3078,32	22608,00	33318,59	22608,00	52503,51	22608,00	48242,80
8	61	-	22608,00	33318,59	22608,00	52503,51	22608,00	48242,80

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M_{j,Rd}

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd} = 57636,91$ [daN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion [6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,40 < 1,00$ **vérifié** (0,40)

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT

$\alpha_v = 0,60$ Coefficient pour le calcul de F_{v,Rd} [Tableau 3.4]

$\beta_{Lf} = 0,82$ Coefficient réducteur pour les assemblages longs [3.8]

F_{v,Rd} = 7871,57 [daN] Résistance d'un boulon au cisaillement [Tableau 3.4]

F_{t,Rd,max} = 11304,00 [daN] Résistance d'un boulon à la traction [Tableau 3.4]

F_{b,Rd,int} = 21328,00 [daN] Résistance du boulon intérieur en pression diamétrale [Tableau 3.4]

F_{b,Rd,ext} = 21328,00 [daN] Résistance du boulon de rive en pression diamétrale [Tableau 3.4]

Nr	F _{tj,Rd,N}	F _{tj,Ed,N}	F _{tj,Rd,M}	F _{tj,Ed,M}	F _{tj,Ed}	F _{vj,Rd}
1	22608,00	-1788,49	22608,00	9144,85	7356,36	12084,13
2	22608,00	-1788,49	17082,25	6909,71	5121,22	13195,88
3	22608,00	-1788,49	16518,67	6681,74	4893,25	13309,27
4	22608,00	-1788,49	13474,00	5450,18	3661,69	13921,84
5	22608,00	-1788,49	9921,89	4013,37	2224,88	14636,51
6	22608,00	-1788,49	7130,94	2884,44	1095,95	15198,03
7	22608,00	-1788,49	3078,32	1245,17	-543,32	15743,15
8	22608,00	-1788,49	0,00	0,00	-1788,49	15743,15

F_{tj,Rd,N} – Résistance d'une rangée de boulons à la traction pure

F_{tj,Ed,N} – Effort dans une rangée de boulons dû à l'effort axial

F_{tj,Rd,M} – Résistance d'une rangée de boulons à la flexion pure

F_{tj,Ed,M} – Effort dans une rangée de boulons dû au moment

F_{tj,Ed} – Effort de traction maximal dans la rangée de boulons

F_{vj,Rd} – Résistance réduite d'une rangée de boulon

$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$

$F_{ij,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{ij,Rd,N} / N_{j,Rd}$
 $F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{ij,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$
 $V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$ [Tableau 3.4]
 $V_{j,Rd} = 113831,95$ [daN] Résistance de l'assemblage au cisaillement [Tableau 3.4]
 $V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,09 < 1,00$ **vérifié** (0,09)

RESISTANCE DES SOUDURES

$A_w = 215,15$ [cm²] Aire de toutes les soudures [4.5.3.2(2)]
 $A_{wy} = 77,18$ [cm²] Aire des soudures horizontales [4.5.3.2(2)]
 $A_{wz} = 137,96$ [cm²] Aire des soudures verticales [4.5.3.2(2)]
 $I_{wy} = 176555,74$ [cm⁴] Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz. [4.5.3.2(5)]
 $\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max} = 5220953,18$ [daN/m²] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.2(6)]
 $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 5220953,18$ [daN/m²] Contraintes dans la soudure verticale [4.5.3.2(5)]
 $\tau_{\parallel} = 702780,70$ [daN/m²] Contrainte tangentielle [4.5.3.2(5)]
 $\beta_w = 0,80$ Coefficient de corrélation [4.5.3.2(7)]
 $\sqrt{[\sigma_{\perp max}^2 + 3*(\tau_{\perp max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ $10441906,36 < 36000000,00$ **vérifié** (0,29)
 $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ $10512616,73 < 36000000,00$ **vérifié** (0,29)
 $\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$ $5220953,18 < 25920000,00$ **vérifié** (0,20)

RIGIDITE DE L'ASSEMBLAGE

$t_{wash} = 4$ [mm] Epaisseur de la plaquette [6.2.6.3.(2)]
 $h_{head} = 12$ [mm] Hauteur de la tête du boulon [6.2.6.3.(2)]
 $h_{nut} = 16$ [mm] Hauteur de l'écrou du boulon [6.2.6.3.(2)]
 $L_b = 58$ [mm] Longueur du boulon [6.2.6.3.(2)]
 $k_{10} = 4$ [mm] Coefficient de rigidité des boulons [6.3.2.(1)]

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	56,76	3621,05
1	891	3	35	32	2	14,78	1316,82
2	771	3	29	19	1	11,25	867,64
3	651	3	29	19	1	9,50	618,59
4	531	3	32	20	2	8,17	433,80
5	391	3	31	20	1	5,86	229,28
6	281	2	27	17	1	3,87	108,70
7	171	2	27	17	1	2,35	40,26
8	61	3	33	25	2	0,98	5,96

$k_{eff,j} = 1 / (\sum 3^5 (1 / k_{i,j}))$ [6.3.3.1.(2)]

$Z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$
 $Z_{eq} = 638$ [mm] Bras de levier équivalent [6.3.3.1.(3)]

$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / Z_{eq}$
 $k_{eq} = 9$ [mm] Coefficient de rigidité équivalent du système de boulons [6.3.3.1.(1)]

$A_{vc} = 41,13$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\beta = 0,61$ Paramètre de transformation [5.3.(7)]

$Z = 638$ [mm] Bras de levier [6.2.5]

$k_1 = 4$ [mm] Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en cisaillement [6.3.2.(1)]

$k_2 = \infty$ Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en compression [6.3.2.(1)]

$S_{j,ini} = E Z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$ [6.3.1.(4)]

$S_{j,ini} = 23671259,39$ [daN*m] Rigidité en rotation initiale [6.3.1.(4)]

$\mu = 1,00$ Coefficient de rigidité de l'assemblage [6.3.1.(6)]
 $S_j = S_{j,ini} / \mu$ [6.3.1.(4)]
 $S_j = 23671259,39$ [daN*m] Rigidité en rotation finale [6.3.1.(4)]

Classification de l'assemblage par rigidité.

$S_{j,rig} = 7634252,91$ [daN*m] Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]
 $S_{j,pin} = 477140,81$ [daN*m] Rigidité de l'assemblage articulé [5.2.2.5]
 $S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$ RIGIDE

COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

PANNEAU D'AME DU POTEAU EN CISAILLEMENT

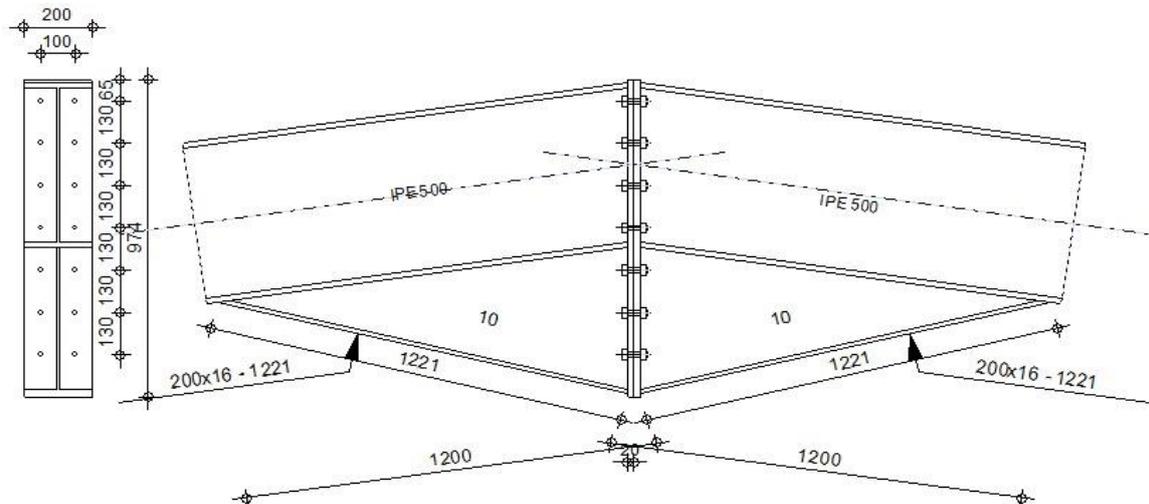
REMARQUES

Epaisseur de l'âme de la contreplaque inférieure à l'épaisseur de l'âme de la poutre 10 [mm] < 10 [mm]

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,40

7) Calcul de l'encastrement poutre-poutre

	Robot Structural Analysis Professional 2023	
	Calcul de l'Encastrement Poutre-Poutre EN 1993-1-8:2005/AC:2009	



GENERAL

Assemblage N°: 3
 Nom de l'assemblage: Poutre - poutre
 Noeud de la structure: 90
 Barres de la structure: 80, 81

GEOMETRIE

GAUCHE

POUTRE

Profilé:	IPE 500		
Barre N°:	80		
$\alpha =$	-171,9	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_{bl} =$	500	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_{fbl} =$	200	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wbl} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
$t_{fbl} =$	16	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_{bl} =$	21	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_{bl} =$	115,52	[cm ²]	Aire de la section de la poutre
$I_{xbl} =$	48198,50	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la poutre
Matériau:	S 275		
$f_{yb} =$	27500000,00 [daN/m ²] Résistance		

DROITE**POUTRE**

Profilé:	IPE 500		
Barre N°:	81		
$\alpha =$	-8,1	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_{br} =$	500	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_{fbr} =$	200	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wbr} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
$t_{fbr} =$	16	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_{br} =$	21	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_{br} =$	115,52	[cm ²]	Aire de la section de la poutre
$I_{xbr} =$	48198,50	[cm ⁴]	Moment d'inertie de la poutre
Matériau:	S 275		
$f_{yb} =$	27500000,00 [daN/m ²] Résistance		

BOULONS

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

$d =$	16	[mm]	Diamètre du boulon
Classe =	HR 10.9		Classe du boulon
$F_{tRd} =$	11304,00	[daN]	Résistance du boulon à la traction
$n_h =$	2		Nombre de colonnes des boulons
$n_v =$	7		Nombre de rangées des boulons
$h_1 =$	65	[mm]	Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about
Ecartement $e_i =$	100	[mm]	
Entraxe $p_i =$	130;130;130;130;130;130 [mm]		

PLATINE

$h_{pr} =$	974	[mm]	Hauteur de la platine
$b_{pr} =$	200	[mm]	Largeur de la platine
$t_{pr} =$	20	[mm]	Epaisseur de la platine
Matériau:	S 235		
$f_{ypr} =$	23500000,00 [daN/m ²] Résistance		

JARRET INFERIEUR

$w_{rd} =$	200	[mm]	Largeur de la platine
$t_{frd} =$	16	[mm]	Epaisseur de l'aile
$h_{rd} =$	450	[mm]	Hauteur de la platine
$t_{wrd} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme

JARRET INFERIEUR

w_{rd} =	200	[mm]	Largeur de la platine
l_{rd} =	1200	[mm]	Longueur de la platine
α_d =	13,3	[Deg]	Angle d'inclinaison
Matériau:	S 275		
f_{ybu} =	27500000,00	[daN/m ²]	Résistance

SOUDURES D'ANGLE

a_w =	8	[mm]	Soudure âme
a_r =	12	[mm]	Soudure semelle
a_{fd} =	5	[mm]	Soudure horizontale

COEFFICIENTS DE MATERIAU

γ_{M0} =	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ_{M1} =	1,10	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ_{M2} =	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ_{M3} =	1,25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

EFFORTS**Etat limite: ultime**

Cas: 9: $ELU/1=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 (1+2+3)*1.35$

$M_{b1,Ed}$ =	-6972,95	[daN*m]	Moment fléchissant dans la poutre droite
$V_{b1,Ed}$ =	-253,01	[daN]	Effort tranchant dans la poutre droite
$N_{b1,Ed}$ =	-16556,56	[daN]	Effort axial dans la poutre droite

RESULTATS**RESISTANCES DE LA POUTRE****COMPRESSION**

A_b =	115,52	[cm ²]	Aire de la section	EN1993-1-1:[6.2.4]
$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$N_{cb,Rd}$ =	288800,00	[daN]	Résistance de calcul de la section à la compression	EN1993-1-1:[6.2.4]

CISAILEMENT

A_{vb} =	104,87	[cm ²]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$				
$V_{cb,Rd}$ =	151369,69	[daN]	Résistance de calcul de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$		0,00 < 1,00	vérifié	(0,00)

FLEXION - MOMENT PLASTIQUE (SANS RENFORTS)

W_{plb} =	2194,12	[cm ³]	Facteur plastique de la section	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{b,pl,Rd}$ =	54853,00	[daN*m]	Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts)	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

FLEXION AU CONTACT DE LA PLAQUE AVEC L'ELEMENT ASSEMBLE

W_{pl} =	4449,19	[cm ³]	Facteur plastique de la section	EN1993-1-1:[6.2.5]
$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{cb,Rd}$ =	111229,86	[daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1:[6.2.5]

AILE ET AME EN COMPRESSION

$M_{cb,Rd} = 111229,86$	[daN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1:[6.2.5]	
h_f =	939	[mm]	Distance entre les centres de gravité des ailes	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$				
$F_{c,fb,Rd}$ =	118484,00	[daN]	Résistance de l'aile et de l'âme comprimées	[6.2.6.7.(1)]

AME OU AILE DU RENFORT EN COMPRESSION - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale:

- $\beta = 8,1$ [Deg] Angle entre la platine d'about et la poutre
- $\gamma = 13,3$ [Deg] Angle d'inclinaison du renfort
- $b_{eff,c,wb} = 263$ [mm] Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]
- $A_{vb} = 59,87$ [cm²] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
- $\omega = 0,89$ Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]
- $\sigma_{com,Ed} = 0,00$ [daN/m²] Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]
- $k_{wc} = 1,00$ Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]
- $F_{c,wb,Rd1} = [\omega k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$
- $F_{c,wb,Rd1} = 159155,42$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

Flambement:

- $d_{wb} = 426$ [mm] Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]
- $\lambda_p = 1,11$ Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]
- $\rho = 0,74$ Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]
- $F_{c,wb,Rd2} = [\omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M1}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$
- $F_{c,wb,Rd2} = 117854,89$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

Résistance de l'aile du renfort

- $F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0.8 \cdot \gamma_{M0})$
- $F_{c,wb,Rd3} = 100000,00$ [daN] Résistance de l'aile du renfort [6.2.6.7.(1)]

Résistance finale:

- $F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wb,Rd1}, F_{c,wb,Rd2}, F_{c,wb,Rd3})$
- $F_{c,wb,Rd,low} = 100000,00$ [daN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

PARAMETRES GEOMETRIQUES DE L'ASSEMBLAGE

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	36	-	50	-	130	225	211	211	211	243	173	173	173
2	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
3	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
4	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
5	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
6	36	-	50	-	130	225	206	206	206	260	130	130	130
7	36	-	50	-	130	225	206	206	206	243	168	168	168

- 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 effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes circulaires
- l_{eff,nc} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons dans les mécanismes non circulaires
- l_{eff,1} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 1
- l_{eff,2} – Longueur effective pour une seule ligne de boulons pour le mode 2
- l_{eff,cp,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires
- l_{eff,nc,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires
- l_{eff,1,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 1
- l_{eff,2,g} – Longueur effective pour un groupe de boulons pour le mode 2

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA COMPRESSION

- $N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd2} F_{c,wb,Rd,low})$
- $N_{j,Rd} = 200000,00$ [daN] Résistance de l'assemblage à la compression [6.2]
- $N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,08 < 1,00$ **vérifié** (0,08)

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION

- $F_{t,Rd} = 11304,00$ [daN] Résistance du boulon à la traction [Tableau 3.4]
 $B_{p,Rd} = 26057,63$ [daN] Résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement [Tableau 3.4]
 $F_{t,fc,Rd}$ – 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
 $F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd}, F_{T,2,fc,Rd}, F_{T,3,fc,Rd})$ [6.2.6.4] , [Tab.6.2]
 $F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.3.(1)]
 $F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd}, F_{T,2,ep,Rd}, F_{T,3,ep,Rd})$ [6.2.6.5] , [Tab.6.2]
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.8.(1)]

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 1

F_{t1,Rd,comp} - Formule	F_{t1,Rd,comp}	Composant
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(1)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(1)} = 53700,96$	53700,96	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} = 118484,00$	118484,00	Aile de la poutre - compression

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 2

F_{t2,Rd,comp} - Formule	F_{t2,Rd,comp}	Composant
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	18543,61	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(2)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(2)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 118484,00 - 22608,00$	95876,00	Aile de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 41151,61 - 22608,00$	18543,61	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 77174,20 - 22608,00$	54566,20	Ame de la poutre - traction - groupe

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 3

F_{t3,Rd,comp} - Formule	F_{t3,Rd,comp}	Composant
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	19446,34	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(3)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(3)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{ij,Rd} = 118484,00 - 41151,61$	77332,39	Aile de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ij,Rd} = 38892,68 - 18543,61$	20349,07	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ij,Rd} = 66300,00 - 18543,61$	47756,39	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{ij,Rd} = 60597,95 - 41151,61$	19446,34	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{ij,Rd} = 110324,20 - 41151,61$	69172,59	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

- $F_{t3,Rd} = F_{t1,Rd} h_3/h_1$
 $F_{t3,Rd} = 15499,59$ [daN] Résistance réduite d'une rangée de boulon [6.2.7.2.(9)]

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 4

F_{t4,Rd,comp} - Formule	F_{t4,Rd,comp}	Composant
$F_{t4,Rd} = \text{Min} (F_{t4,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(4)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(4)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 118484,00 - 56651,20$	61832,80	Aile de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{ij,Rd} = 38892,68 - 15499,59$	23393,10	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{ij,Rd} = 66300,00 - 15499,59$	50800,41	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{ij,Rd} = 58339,02 - 34043,20$	24295,83	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{ij,Rd} = 99450,00 - 34043,20$	65406,80	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{ij,Rd} = 80044,29 - 56651,20$	23393,10	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{ij,Rd} = 143474,20 - 56651,20$	86823,01	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t4,Rd} = F_{t1,Rd} h_4/h_1$$

$$F_{t4,Rd} = 11945,38 \text{ [daN]} \text{ Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 5

F_{t5,Rd,comp} - Formule	F_{t5,Rd,comp}	Composant
$F_{t5,Rd} = \text{Min} (F_{t5,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(5)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(5)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^4 F_{ij,Rd} = 118484,00 - 68596,58$	49887,42	Aile de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{ij,Rd} = 38892,68 - 11945,38$	26947,30	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{ij,Rd} = 66300,00 - 11945,38$	54354,62	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 58339,02 - 27444,97$	30894,06	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 99450,00 - 27444,97$	72005,03	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{ij,Rd} = 77785,37 - 45988,58$	31796,79	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{ij,Rd} = 132600,00 - 45988,58$	86611,42	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 99490,64 - 68596,58$	30894,06	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 176624,20 - 68596,58$	108027,62	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t5,Rd} = F_{t1,Rd} h_5/h_1$$

$$F_{t5,Rd} = 8391,17 \text{ [daN]} \text{ Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 6

F_{t6,Rd,comp} - Formule	F_{t6,Rd,comp}	Composant
$F_{t6,Rd} = \text{Min} (F_{t6,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(6)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(6)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^5 F_{ij,Rd} = 118484,00 - 76987,75$	41496,24	Aile de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{ij,Rd} = 38892,68 - 8391,17$	30501,51	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{ij,Rd} = 66300,00 - 8391,17$	57908,83	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4)} - \sum 4^4 F_{ij,Rd} = 58339,02 - 20336,56$	38002,47	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4)} - \sum 4^4 F_{ij,Rd} = 99450,00 - 20336,56$	79113,44	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 77785,37 - 35836,14$	41949,22	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 132600,00 - 35836,14$	96763,86	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{ij,Rd} = 97231,71 - 54379,75$	42851,95	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 2^2 F_{ij,Rd} = 165750,00 - 54379,75$	111370,25	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 118936,98 - 76987,75$	41949,22	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 209774,20 - 76987,75$	132786,45	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$$F_{t6,Rd} = F_{t1,Rd} h_6/h_1$$

$$F_{t6,Rd} = 4836,97 \text{ [daN]} \text{ Résistance réduite d'une rangée de boulon} \quad [6.2.7.2.(9)]$$

RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 7

F_{t7,Rd,comp} - Formule	F_{t7,Rd,comp}	Composant
$F_{t7,Rd} = \text{Min} (F_{t7,Rd,comp})$	22608,00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,ep,Rd(7)} = 22608,00$	22608,00	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(7)} = 52503,51$	52503,51	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 52115,25$	52115,25	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^6 F_{ij,Rd} = 118484,00 - 81824,72$	36659,28	Aile de la poutre - compression
$F_{t,ep,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{ij,Rd} = 40902,86 - 4836,97$	36065,89	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{ij,Rd} = 75976,76 - 4836,97$	71139,79	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{ij,Rd} = 60349,20 - 13228,14$	47121,06	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5)} - \sum 5^5 F_{ij,Rd} = 109126,76 - 13228,14$	95898,61	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4)} - \sum 4^4 F_{ij,Rd} = 79795,55 - 25173,52$	54622,02	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4)} - \sum 4^4 F_{ij,Rd} = 142276,76 - 25173,52$	117103,23	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 99241,89 - 40673,11$	58568,78	Platine d'about - traction - groupe

F _{t7,Rd,comp} - Formule	F _{t7,Rd,comp}	Composant
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{tj,Rd} = 175426,76 - 40673,11$	134753,65	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{tj,Rd} = 118688,23 - 59216,72$	59471,51	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{tj,Rd} = 208576,76 - 59216,72$	149360,03	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{tj,Rd} = 140393,50 - 81824,72$	58568,78	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{tj,Rd} = 252600,96 - 81824,72$	170776,24	Ame de la poutre - traction - groupe

Réduction supplémentaire de la résistance d'une rangée de boulons

$F_{t7,Rd} = F_{t1,Rd} h_7/h_1$

$F_{t7,Rd} = 1282,76$ [daN] Résistance réduite d'une rangée de boulon [6.2.7.2.(9)]

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	827	22608,00	-	-	22608,00	53700,96	22608,00	52115,25
2	697	18543,61	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
3	567	15499,59	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
4	437	11945,38	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
5	307	8391,17	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
6	177	4836,97	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25
7	47	1282,76	-	-	22608,00	52503,51	22608,00	52115,25

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M_{j,Rd}

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd} = 49115,88$ [daN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion [6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ 0,14 < 1,00 **vérifié** (0,14)

VERIFICATION DE L'INTERACTION M+N

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1$ [6.2.5.1.(3)]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd}$ 0,22 < 1,00 **vérifié** (0,22)

RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT

$\alpha_v = 0,60$ Coefficient pour le calcul de F_{v,Rd} [Tableau 3.4]

$\beta_{Lf} = 0,83$ Coefficient réducteur pour les assemblages longs [3.8]

$F_{v,Rd} = 8022,37$ [daN] Résistance d'un boulon au cisaillement [Tableau 3.4]

$F_{t,Rd,max} = 11304,00$ [daN] Résistance d'un boulon à la traction [Tableau 3.4]

$F_{b,Rd,int} = 23040,00$ [daN] Résistance du boulon intérieur en pression diamétrale [Tableau 3.4]

$F_{b,Rd,ext} = 23040,00$ [daN] Résistance du boulon de rive en pression diamétrale [Tableau 3.4]

Nr	F _{tj,Rd,N}	F _{tj,Ed,N}	F _{tj,Rd,M}	F _{tj,Ed,M}	F _{tj,Ed}	F _{vj,Rd}
1	22608,00	-2365,22	22608,00	3209,64	844,42	15616,69
2	22608,00	-2365,22	18543,61	2632,62	267,40	15909,19
3	22608,00	-2365,22	15499,59	2200,47	-164,76	16044,74
4	22608,00	-2365,22	11945,38	1695,88	-669,35	16044,74
5	22608,00	-2365,22	8391,17	1191,29	-1173,93	16044,74
6	22608,00	-2365,22	4836,97	686,70	-1678,52	16044,74
7	22608,00	-2365,22	1282,76	182,11	-2183,11	16044,74

F_{tj,Rd,N} – Résistance d'une rangée de boulons à la traction pure

F_{tj,Ed,N} – Effort dans une rangée de boulons dû à l'effort axial

F_{tj,Rd,M} – Résistance d'une rangée de boulons à la flexion pure

F_{tj,Ed,M} – Effort dans une rangée de boulons dû au moment

F_{tj,Ed} – Effort de traction maximal dans la rangée de boulons

F_{vj,Rd} – Résistance réduite d'une rangée de boulon

$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$

$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$

$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$ [Tableau 3.4]

$V_{j,Rd} = 111749,59$ [daN] Résistance de l'assemblage au cisaillement [Tableau 3.4]

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,00 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

RESISTANCE DES SOUDURES

$A_w =$	215,45	[cm ²]	Aire de toutes les soudures	[4.5.3.2(2)]
$A_{wy} =$	77,23	[cm ²]	Aire des soudures horizontales	[4.5.3.2(2)]
$A_{wz} =$	138,22	[cm ²]	Aire des soudures verticales	[4.5.3.2(2)]
$I_{wy} =$	177401,15	[cm ⁴]	Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz.	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp \max} = \tau_{\perp \max}$	1101740,88	[daN/m ²]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.2(6)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$	1083761,08	[daN/m ²]	Contraintes dans la soudure verticale	[4.5.3.2(5)]
$\tau_{\parallel} =$	-18304,53	[daN/m ²]	Contrainte tangentielle	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w =$	0,80		Coefficient de corrélation	[4.5.3.2(7)]
$\sqrt{[\sigma_{\perp \max}^2 + 3*(\tau_{\perp \max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	2203481,76	<	36000000,00	vérifié (0,06)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	2167754,02	<	36000000,00	vérifié (0,06)
$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	1101740,88	<	25920000,00	vérifié (0,04)

RIGIDITE DE L'ASSEMBLAGE

$t_{wash} =$	4	[mm]	Epaisseur de la plaquette	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	12	[mm]	Hauteur de la tête du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	16	[mm]	Hauteur de l'écrou du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	58	[mm]	Longueur du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	4	[mm]	Coefficient de rigidité des boulons	[6.3.2.(1)]

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	94,97	5660,37
1	827	∞	∞	27	3	27,11	2241,81
2	697	∞	∞	20	3	21,16	1474,78
3	567	∞	∞	20	3	17,21	975,90
4	437	∞	∞	20	3	13,27	579,65
5	307	∞	∞	20	3	9,32	286,03
6	177	∞	∞	20	3	5,37	95,04
7	47	∞	∞	26	3	1,53	7,17

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum 3^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$Z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j \quad [6.3.3.1.(3)]$$

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / Z_{eq} \quad [6.3.3.1.(1)]$$

$$S_{j,ini} = E Z_{eq}^2 k_{eq} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,ini} = 118867705,53 \text{ [daN*m]} \text{ Rigidité en rotation initiale} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$\mu = 1,00 \text{ Coefficient de rigidité de l'assemblage} \quad [6.3.1.(6)]$$

$$S_j = S_{j,ini} / \mu \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 118867705,53 \text{ [daN*m]} \text{ Rigidité en rotation finale} \quad [6.3.1.(4)]$$

Classification de l'assemblage par rigidité.

$$S_{j,rig} = 7634252,91 \text{ [daN*m]} \text{ Rigidité de l'assemblage rigide} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,pin} = 477140,81 \text{ [daN*m]} \text{ Rigidité de l'assemblage articulé} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \text{ RIGIDE}$$

COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:

PLATINE D'ABOUT EN TRACTION

REMARQUES

Pince du boulon trop grande.

129 [mm] > 120 [mm]

Epaisseur de l'âme de la contreplaque inférieure à l'épaisseur de l'âme de la poutre

10 [mm] < 10 [mm]

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,22**V. CONCLUSION :**

L'étude que nous avons effectuée nous a permis de déterminer la nature des tiges d'ancrage capables de résister à l'effort d'arrachement provoqué par les combinaisons de charges les plus défavorables. On déduit que la bêche est inutile à tous les efforts extrêmes de compression.

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE :

Dans cette étude nous avons trouvé divers cas qui ont enrichi nos connaissances dans le domaine de la structure métallique. Ces cas nous ont obligé à faire des recherches à l'aide d'un travail en groupe avec des personnes expérimentées en université et aussi dans le bureau d'études, qui nous ont permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la conception et de la réalisation.

Cette étude a été une bonne occasion d'apprendre à utiliser différents logiciels de calculs et de dessins. Ces logiciels deviennent aujourd'hui une nécessité en réduisant le temps d'étude ainsi que le temps de l'exécution avec une possibilité de modification très rapide, meilleure précision et optimisation d'éléments constructifs.

Nous avons aussi élargi notre connaissance dans l'application des nouveaux règlements de calculs.

Les Eurocodes :

- Eurocode 3 « calcul des structures en acier »

Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.

- Eurocode 3 « calcul des structures en acier et document d'applications nationale »

Partie 6 : chemins de roulement.

- Eurocode 1 « bases de calcul et actions sur les structures »

Partie 5 : actions induites par les ponts roulants et autres machines.

➤ Les DTR :

- « R.N.V. 2013 » centre national d'études et de recherche intégrée du bâtiment.
- « RPA99 version 2003 » Centre national de recherche appliquée en génie parasismique, Alger, 2003.

Enfin, nous espérons que ce projet qui présente pour nous une première expérience pratique dans l'étude de structure, aidera les futures promotions de Master dans leurs projets de fin d'études.

BIBLIOGRAPHIE

- **Eurocode 3**, Calcul des structures en acier, Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.
- **Eurocode 3**, Calcul des structures en acier et document d'application nationale, Partie 6 : chemins de roulement.
- **Eurocode 1**, Bases de calcul et actions sur les structures, Partie 5 : actions induites par les ponts roulants et autres machines.
- **Jean MOREL**, Conception et calcul des structures métalliques selon l'EUROCODE 3, Editions Eyrolles, Paris, 1994.
- **Règlement Neige et Vent, R.N.V. 2013**, Centre National d'Etudes et de Recherche Intégrée du Bâtiment, CNERIB, Alger, 2013.
- **Règles Parasismiques Algériennes RPA99 version 2003**, Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique, CGS, Alger, 2003.
- **Claude HAZARD, MEMOTECH**, structures métalliques. Editions Casteilla, Paris, 1997.
- **Manfred A. Hirt et Michel Crisinel**, Notation fondamentales et méthode de Dimensionnement, volume 10, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1994.
- **Manfred A. Hirt et Michel Crisinel**, Conception et dimensionnement des halles et bâtiments, volume 11, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1994.
- **Mémoire de fin d'étude**
BOUKREN Djallal eddin, Etude et conception d'un hangar composé de deux ponts roulants + plancher, Spécialité MOMC 13
- **Logiciels utilisés**
ROBOT structure 2023
Auto CAD

ملخص

يتعلق هذا المشروع بدراسة وتصميم لمبنى صناعي من قاعدتين. أولا وقبل كل شيء يندرج على تقييم تأثير العوامل المناخية وفقا للمعيار **RNV99.V2013**. ثم تنزيل الاحمال لتحديد مختلف أجزاء المشاة يدويا وفقا للمعيار **L'EUROCODE3**. واليا بمساعدة البرنامج **.ROBOT Structural** وقمنا بالدراسة الزلزالية بغرض التحقق من استقرار المنشأة وفي النهاية يأتي حساب التجميعات (الوصلات) والمنتجبات. وانتهت المذكرة بخاتمة وخلاصة عامة.

الكلمات المفتاحية

منشأة معدنية، عوامل مناخية (ثلج ورياح)، دراسة زلزالية.

Summary

This project concerns the study and design of an industrial building with two bases. First of all, it depends on the assessment of the influence of climatic factors according to the **RNV99.V2013** standard. Then the descent of the loads to determine the different parts of the pedestrian. Handcrafted according to the **EUROCODE3** standard. And with the help of the **ROBOT Structural program**.

We carried out a seismic study in order to check the stability of the installation and finally to calculate the assemblies (Links) and fasteners. The memorandum ended with a conclusion and general summary.

Keywords

Metallurgical installation, climatic factors (snow and wind), seismic stud.

Résumé

Ce projet concerne l'étude et la conception d'un bâtiment industriel à deux bases. Tout d'abord, cela dépend de l'évaluation l'influence des facteurs climatiques selon la norme **RNV99.V2013**. Ensuite la descente des charges pour déterminer les différentes parties du piéton. Fabriqué artisanalement selon la norme **L'EUROCODE**. Et avec l'aide du programme **ROBOT Structural**.

Nous avons réalisé une étude sismique dans le but de vérifier la stabilité de l'installation et enfin de calculer les assemblages (Liens) et attaches. Le mémoire ardu se terminait par une conclusion et un résumé général.

Les Mots clés

Installation métallurgique, facteurs climatiques (neige et vent), étude sismique.