

**I.Introduction :**

Peu importe le projet de construction, il existe divers procédés de conception et de réalisation selon les besoins et les capacités : construction en béton armé, en précontrainte, charpente en bois ou charpente métallique.

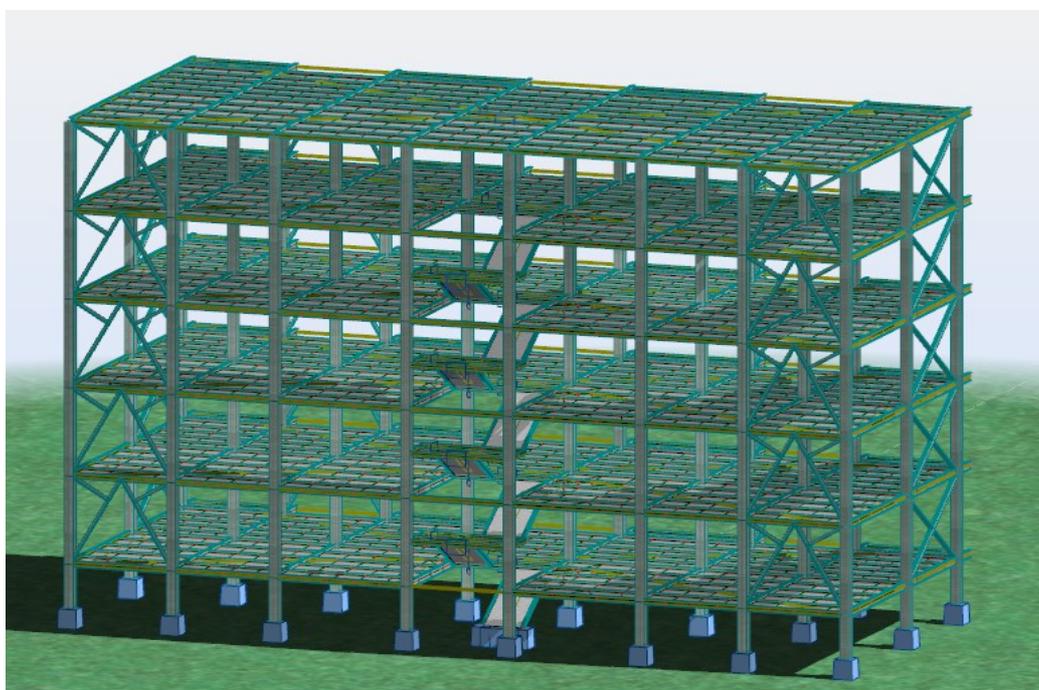
Notre projet de fin d'étude consiste à étudier un bâtiment en charpente métallique a usage d'habitation. Il situe à la zone industrielle Mechta Fatima à Bordj Bou Arreridj.

Dans le présent mémoire nous allons essayer d'appliquer toutes les connaissances acquises durant notre cursus sur un projet réel. L'objectif principal sera de comprendre et de compléter les informations déjà acquises dans le cours de charpente métallique, ensuite viendra le second but qui est de présenter un travail satisfaisant en vue d'obtenir le diplôme de master.

**II. Présentation de l'ouvrage :**

Ce travaille consiste à l'étude d'un bâtiment à usage d'habitation, il est constitué d'un rez-de-chaussée et de quatre (4) étage.

- Hypothèse climatique : **zone B** pour la neige (selon le RNV2013).
- **Zone II** pour le vent (selon le RNV2013).
- Zone sismique : **IIa**(selon le RPA99 V2003).
- **Catégorie I** : bâtiment à usage d'habitation (selon le RNV2013).
- Altitude du site : **H=880m**



**Figure 1** : vue de la structure en 3D

## II.1. Caractéristique de l'ouvrage :

### II.1.1. Caractéristique géométrique :

- Longueur totale du bâtiment : 26.80m.
- Largeur totale du bâtiment : 11.95m.
- Hauteur de chaque niveau : 3.00m.
- Hauteur de l'acrotère : 0.5m.
- Hauteur totale y compris l'acrotère : 17,00m.

### II.1.2. Caractéristique structurales :

- Ossature de la structure :

Notre structure est composée de portiques métalliques, avec des contreventements triangulaires qui assurent la stabilité de la structure vis-à-vis les efforts horizontaux (vent et efforts sismiques) et les efforts verticaux (poids propre et neige). Pour des raisons conceptuelles et économiques, nous allons adopter des poteaux en HEA, et des poutres en IPE.

- Plancher :

Concernant les planchers courants, on va choisir des planchers mixtes à dalle collaborant. Sa composition est illustrée sur la figure (2)

- Dalle de compression en béton armé d'épaisseur :  $e=12$  cm.
- Une tôle nervurée de type TN40.
- Poutres secondaires (solives).
- Connexion (goujons).

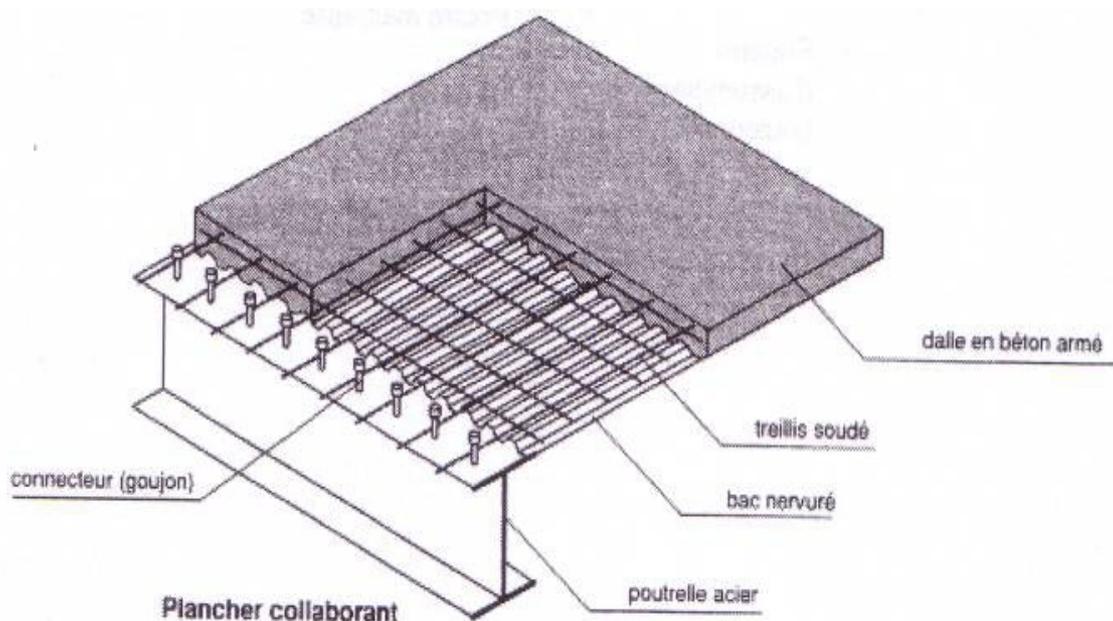


Figure 2 Planchers mixtes à dalle collaborant

➤ Escalier

Les escaliers sont des éléments qui permettent l'accès aux différents niveaux d'une construction. Pour notre bâtiment, on va utiliser un seul type d'escalier en construction métallique constitué d'un palier de repos et de deux volée (figure 3), les marches sont en tôle, revêtues avec du béton et carrelage.

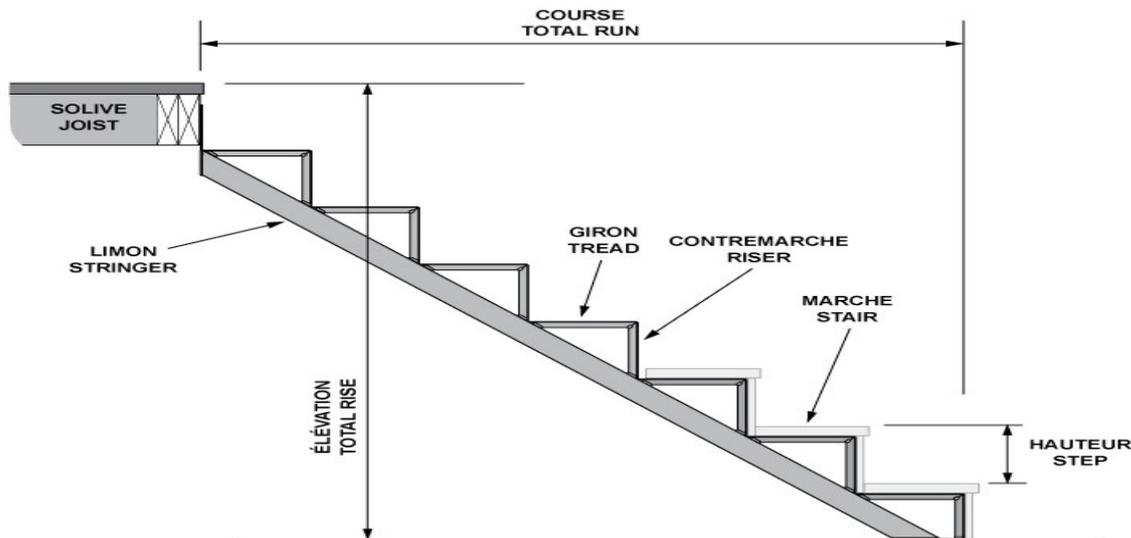


Figure 3 Présentation des escaliers.

➤ L'acrotère :

C'est un muret encastré en bordure de toitures terrasses pour permettre le relevé d'étanchéité.

• Types d'acrotère :

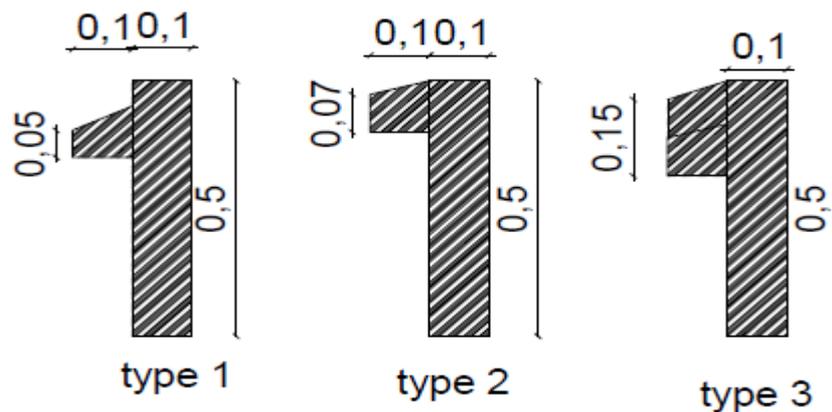


Figure 4 Type d'acrotère.

➤ Maçonnerie :

Ce sont des éléments secondaires qui n'ont aucun rôle dans la résistance de la structure.

*Murs extérieurs* : en double cloisons, en briques creuses (15+10) cm avec une lame d'air de 5cm

*Murs intérieurs* : en briques creuses de 10 cm d'épaisseur.

## ➤ Revêtement :

*Horizontal* : mortier de pose et carrelage pour toutes les pièces (4+2) cm.

Plâtre pour les plafonds 2 cm d'épaisseur

*Vertical* : revêtement des murs intérieurs en plâtre 2 cm d'épaisseur.

Revêtement des murs extérieurs par mortier de ciment de 2 cm d'épaisseur.

## ➤ Assemblage

La caractéristique essentielle des ossatures métalliques est d'être composée d'éléments élaborés en des lieux et des instants différents qui sont ensuite assemblés sur le site de construction. Les liaisons ont ainsi un double rôle ; permettre la construction d'une structure spatiale et assurer la fiabilité et la stabilité de cette structure. On distingue deux types d'assemblage.

### • Assemblages boulonnés :

Les assemblages boulonnés servent à réunir ensemble deux ou plusieurs pièces en assurant la bonne transmission des efforts. Sans entrer dans les calculs de vérification de la résistance des assemblages, le respect de quelques règles simples et le choix de bonnes dispositions constructives donneront des résultats satisfaisants.

Les valeurs nominales de la limite d'élasticité  $F_{yb}$  et de résistance ultime à la traction  $F_{ub}$  pour les boulons sont illustrés sur le tableau (1).

**Tableau 1** : valeurs nominales de la limite d'élasticité  $F_{yb}$  et de la résistance ultime à la traction  $F_{ub}$

Classe	4.6	4.8	5.6	6.6	8.8	10.9
$F_{yb}$	240	302	300	360	480	900
$F_{ub}$	400	400	500	600	800	1000

### • Assemblage soudé :

En charpente soudée les assemblages sont plus rigides, cela a pour effet un encastrement partiel des éléments constructifs. Les soudages à la flamme oxyacétylénique et le soudage à l'arc électrique sont des moyens de chauffage qui permettent d'élever à la température de fusion brilles des pièces de métal à assembler.

## III. Hypothèses de calculs :

### III.1. Règlements utilisés :

**RPA99/2003** (règles parasismique Algériennes).

**EUROCODE 3** (règles de conception et de calcul des structures en acier « CCM 97 »).

**EUROCODE 4** (conception et dimensionnement des structures mixtes acier béton).

**D.T.R.B.C.2.2** (charges permanentes et charges d'exploitations).

**D.T.R.C 2-4.7** (règlement neige et vent « RNV2013 »)

**BAEL 91-CBA93** (béton armé aux états limites).

**III.2. Actions et combinaisons d'actions :**

**III.2.1. Les actions :**

➤ **Actions permanentes :**

- Poids propre des éléments de la construction ;
- Poids propre des équipements fixes.
- Action de précontrainte
- Déplacement différentiel des appuis

➤ **Actions variables :**

- Charges d'exploitation ;
- Charges appliquées en cours d'exécution
- Action des gradients thermique
- Action de vent W
- Action de la neige S

➤ **Actions accidentelles :**

- Séisme E
- Explosions

**III.2.2. Combinaisons d'actions« CCM97-article 2.3.2.2 »**

• **Situations durable :**

a) **ELU**

Pour les structures de bâtiments, on utilise la plus défavorable des deux formules suivantes :

- Avec prise en compte uniquement de l'action variable la plus défavorable :
  
- Avec prise en compte de toutes les actions variables défavorables :

Avec :

Valeur caractéristique des actions permanentes ;

Valeur caractéristique des actions variables ;

**b) ELS**

Pour les structures de bâtiments, on utilise la plus défavorable des deux formules suivantes :

- Avec prise en compte uniquement de l'action variable la plus défavorable :
  
- Avec prise en compte de toutes les actions variables défavorables :

- **Situations accidentelles**« RPA 99 version 2003 article 5.2 »

Les combinaisons d'actions à considérer pour la détermination des sollicitations et de déformations de calcul sont :

**III.3. Limite des flèches et des déplacements :****a) Flèches verticales :**

- Toitures en général :  $f_{avec}$
- Plancher en général :  $f_{avec}$
- Plancher supportant des poteaux :  $f_{avec}$

Longueur de la poutre considérée.

**b) Flèches horizontales :**

- Poteaux de portique en générale :
- Poteaux de portique avec pont roulant :

**III.4. Matériaux utilisé :****a) Acier :**

L'acier est constitué d'au moins deux éléments, le fer ; très majoritaire, et le Carbone dans les proportions comprises entre 0.1% pour l'acier doux a 0.85% pour l'acier dur.

Outre le fer et le Carbone, l'acier peut comporter d'autre éléments qui lui sont associés soit :

- Involontairement comme le phosphore et le soufre qui sont les impuretés qui altèrent les propriétés des aciers.

- Volontairement comme le silicium, le manganèse, le nickel, le chrome...etc. ces derniers ont pour propriétés d'améliorer les caractéristiques mécaniques des aciers (Résistance à la rupture, dureté, ductilité, résistance vis-à-vis de la corrosion,...).

- **Propriété de l'acier :**

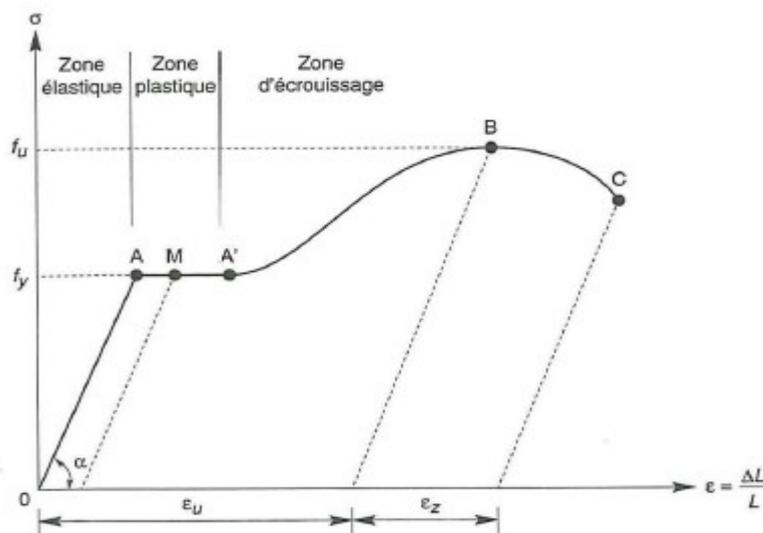
1. **Résistance :**

Les nuances d'aciers et leurs résistances limites sont citées dans les **Eurocode 03 et 04** ainsi que le **DTR CCM97** et ce, conformément à la norme **EN 10 025**. Pour notre ouvrage ; notre choix s'est porté sur la **nuance S235** qui présente les meilleurs propriétés de ductilité.

2. **Ductilité :**

L'acier de construction choisi doit satisfaire les conditions suivantes :

- Le rapport  $f_u / f_y > 1.2$
- La déformation ultime doit être supérieure à 20 fois la déformation élastique ( $\epsilon_u \geq 20 \epsilon_y$ )
- A la rupture, l'allongement relatif ultime  $\epsilon_u$  doit être supérieur ou égal à 15%.



**Figure 5 :** Diagramme effort /déformation de l'acier.

3. **Propriétés mécaniques :**

- Masse volumique :  $\rho = 7850 \text{ Kg / m}^3$
- Module d'élasticité longitudinal :  $E = 210000 \text{ MPa}$ .
- Module d'élasticité transversale :  $G = E/2(1+\nu)$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0,3$
- Coefficient de dilatation thermique :  $/^\circ\text{C}$

**b) Le béton :**

Le béton est un mélange de matériaux « granulats » (sable, graviers), liants hydrauliques (ciment) ; de l'eau et éventuellement des adjuvants. Le mélange ainsi obtenu est appelé "Béton frais" celui-ci commence à durcir après quelques heures et à atteindre progressivement sa résistance caractéristique.

- Propriétés du béton :

Le béton utilisé sera de classe C25 avec :

- Une résistance à la compression à 28 jours :  $F_{c28}=25$  MPa.
- La résistance à la traction à 28 jours :  $F_{t28}=2.1$  MPa.
- Le poids spécifique :
- **Coefficient de retrait :  $\epsilon= 2.10^{-4}$**
- Module d'élasticité transversale :  $G = E/2(1+\nu)$
- Module d'élasticité longitudinal :  $E = 32154$  MPa.
- Coefficient de dilatation thermique :  $\alpha=10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

**I. Introduction**

Dans ce chapitre, notre objectif consiste à déterminer les différentes actions auxquelles notre structure sera exposée. Ces différentes actions sont les suivantes :

- Actions permanentes en utilisant (Le D.T.R-C2.47).
- Actions variables en utilisant (Le D.T.R-C2.47).
- Action de la neige en utilisant (Le RNV2013).
- Action du vent en utilisant (Le RNV2013).
- Efforts sismiques en utilisant (Le RPA 2003).

**II. Charges permanentes****Plancher courant**

- Cloisons de séparation (y compris l'enduit en plâtre).....1.20kN/m<sup>2</sup>
  - Mortier de pose (e= 4cm) .....22\*0.04=0.88kN/m<sup>2</sup>
  - Revêtement en carrelage (e=2cm) .....20\*0.02=0.40kN/m<sup>2</sup>
  - Plafond en plâtre (e=2cm) .....1.0\*0.02=0.20kN/m<sup>2</sup>
  - Dalle en béton armé (e=12cm) .....25.\*0.12=3.00kN/m<sup>2</sup>
  - Tôle de type TN40 (e=1mm) .....0.09kN/m<sup>2</sup>
- G =5.77 KN/m<sup>2</sup>**

**Plancher terrasse**

- Gravillon de protection (e=4cm) .....17\*0.04=0.68kN/m<sup>2</sup>
- Étanchéité multicouche.....0.12kN/m<sup>2</sup>

- Béton de pente (e=7cm).....  $22*0.07=1.54\text{kN/m}^2$
- Isolation en polystyrène (e=4cm).....  $0.4*.04=0.016\text{kN/m}^2$
- Dalle en béton armé (e=12cm) .....  $25*0.12=3.00\text{kN/m}^2$
- Tôle de type TN40 (e=1mm) .....  $0.09\text{kN/m}^2$
- Plafond en plâtre (e=2cm) .....  $1.0*0.02=0.20\text{kN/m}^2$

**G=5.65 KN/m<sup>2</sup>****Murs extérieurs**

- Enduit intérieur en plâtre (e=1cm).....  $0.1\text{KN/m}^2$
- Briques creuses (e=10+15cm) .....  $2.2\text{KN/m}^2$
- Enduit extérieur en ciment (e=2cm) .....  $18*0.02=0.36\text{KN/m}^2$
- Lamelle d'air (e=5cm) .....  $0.00\text{KN/m}^2$

**G=2.66KN/m<sup>2</sup>****Murs intérieurs**

- Enduit en plâtre (e=1cm).....  $0.1\text{KN/m}^2$
- Briques creuses (e=10cm).....  $0.9 \text{ KN/m}^2$
- Enduit en plâtre (e=1cm).....  $0.1\text{KN/m}^2$

**G=1.1KN/m<sup>2</sup>.****III. Charge d'exploitation**

- Plancher terrasse inaccessible .....  $1\text{KN/m}^2$
- Plancher courant .....  $1.5\text{KN/m}^2$
- Balcon .....  $3 \text{ KN/m}^2$
- Escalier .....  $2,5 \text{ KN/m}^2$

---

**IV. Charges climatiques****IV.1. Action de la neige****a. Introduction**

L'accumulation de la neige sur le plancher terrasse du bâtiment produit une surcharge qu'il faut prendre en compte pour les vérifications des éléments du bâtiment en Algérie situé à une altitude inférieure à 2000 mètre.

Notre projet se trouve à une altitude de **880m**.

**b. Calcul des charges de la neige**

Le RNV2013 définit les valeurs représentatives de la charge statique de neige sur toute surface. Située au-dessus du sol et soumise à l'accumulation de la neige et notamment sur les toitures. Il s'applique à l'ensemble des constructions situées à une altitude inférieure à 2000 mètres. La charge de la neige **S** par unité de surface en projection horizontale de toiture est donnée selon le RNV2013 par la formule suivante :

$S=[KN/m^2]$  Avec:

$S_k$ : Charge de neige sur le sol, elle est en fonction de l'altitude et de la zone de neige.

$\mu$ : Coefficient d'ajustement des charges, il est en fonction de la forme de la toiture plate.

La zone de notre projet comme indique au premier chapitre zone **(B)** pour la neige

$S_k =$

H: L'altitude par rapport au niveau de la mer en (m)=880m.

$S_k = 0,452 KN/m^2$ .

La pente de notre construction est très faible ( $0 < \alpha < 15$ )

Selon le tableau 6.1 du RNVA99 en prend la valeur de  $\mu = 0,8$

La charge S est donc :  $S = 0,8 * 0,452 = 0,362 KN/m^2$

**IV.2. Action du vent :**

L'effet du vent sur une construction est assez prépondérant et a une grande influence sur la stabilité de l'ouvrage. Pour cela, une étude approfondie doit être élaborée pour la détermination des différentes actions dues au vent et ceci dans toutes les directions possibles. Le calcul sera mené conformément au Règlement Neige et Vent 2013. Ce document technique réglementaire (DTR) fournit les procédures et principes généraux pour la détermination des actions du vent sur l'ensemble d'une construction et sur ses différentes parties et s'applique aux constructions dont la hauteur est inférieure à 200m.

Les actions du vent appliquées aux parois dépendent de :

- La direction.
- L'intensité.
- La région.
- Le site d'implantation de la structure et leur environnement.

- La forme géométrique et les ouvertures de la structure.

**Remarque :**

Dans notre cas nous avons besoin de calculé just la force globale du vent puisque notre structure est lourde à cause des planchers mixtes et des murs en maçonnerie

- **Données relative au site :**

Catégorie de site : II

Zone de vent II

(RNV2013)

Qref=0.435 (KN/m<sup>2</sup>)

(tableau 2.2 RNVA2013)

Réf=27m/s

(tableau A1 RNVA2013)

- **Géométrie :**

l=26.80m

b=11.95

H=17m

- **Catégorie du terrain :(cf chapitre 2 §2.4.3)**

**Tableau 2 :catégorie du terrain**

Catégorie du terrain	Kt	Z <sub>0</sub>	Z <sub>min</sub>	ε
<b>II</b> Zone à végétation basse telle que l’herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparé les uns des autres d’au moins 20fois leurs hauteur.	<b>0.190</b>	<b>0.05</b>	<b>2</b>	<b>0.52</b>

- **Paramètre de calcul :**

- **Hauteur de référence Ze :**

La hauteur de référence est :

- Pour les murs au vent : on définit deux bandes

Bande 1 : Ze = b =11.95m.

Bande 2 : Ze = h = 17m.

- Pour les murs sous le vent et parallèle au vent : Ze= h = 17m.

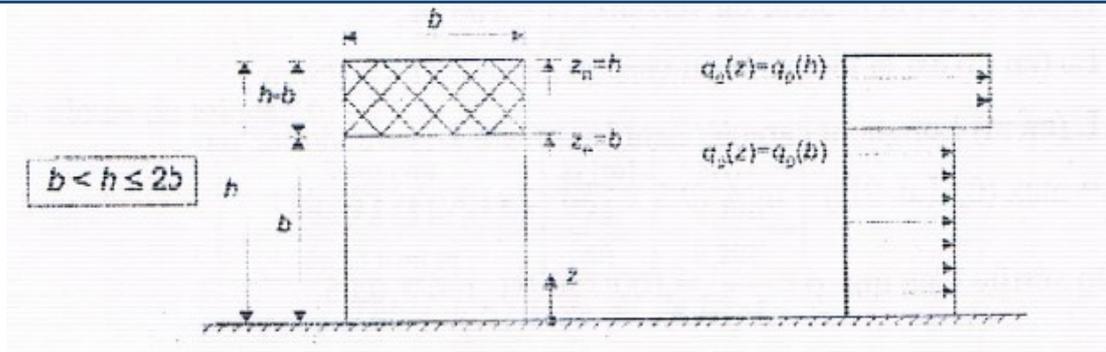


Figure 6 : hauteur de référence Ze et profile correspondant de la pression dynamique

➤ **Détermination du coefficient de rugosité Cr** (cf. chapitre 2 §2.4.4)

Le coefficient de rugosité, est donné en fonction de la hauteur, et du site comme suit :

$$C_r(Z) = K_T \cdot \ln(Z/Z_0) \quad \text{pour } Z_{\min} \leq Z \leq 200 \text{ m.}$$

$$K_T \cdot \ln(Z_{\min}/Z_0) \quad \text{pour } Z \leq Z_{\min}.$$

On obtient les valeurs dans le tableau suivant

Tableau 3 : resultats de Ze et Cr

Tronçon	Z=Ze [m]	Cr
De 0 à 11.95 m	11.95	1.04
De 11.95 à 17 m	17	1.11

➤ **Coefficient de topographie**

Site plat  $\phi < 0.05$  donc  $C_t=1$  (RNVA2013)

➤ **Détermination des coefficients d'exposition Ce :**

Le coefficient d'exposition  $C_e(z)$  est donné par la formule suivante :

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

Où :

$K_T$  : coefficient de terrain  $K_T = 0,19$

$C_r$  : coefficient de rugosité.

$I_v(z)$  : est l'intensité de turbulence.

On a  $Z > Z_{\min}$  donc

Les résultats de  $I_v$  sont illustrés dans le tableau

Tableau 4 : resultats de Iv

Tronçon	Ze [m]	Iv
---------	--------	----

De 0 à 11.95 m	11.95	0.182
De 11.95 à 17 m	17	0.171

Alors on obtient les valeurs suivante de  $C_e$ .

**Tableau 5 : resultats de  $C_e$**

Tronçon	$Z_e$ [m]	$C_e(z_e)$
De 0 à 11.95 m	11.95	2.46
De 11.95 à 17 m	17	2.71

- **Calcul de la pression dynamique de pointe  $q_p$**

La pression dynamique de pointe est déterminer par (cf. §.3)

$q_p(Z_e) = q_{ref} * C_e(Z_e)$  avec  $q_{ref} = 0.435 \text{KN/m}^2$ .

Les valeurs de  $q_p$  sont données dans le tableau (6) pour chaque tronçon du bâtiment.

**Tableau 6 : resultats de la pression dynamique de pointe  $q_p$**

Tronçon	$Z_e$ [m]	$q_p$ [KN/m <sup>2</sup> ].
De 0 à 11.95 m	11.95	1.07
De 11.95 à 17 m	17	1.19

➤ **Récapitulation**

**Tableau 7 : recapitulation des resultats**

Tronçon	$Z_e$ [m]	$C_r$	$C_t$	$I_v$	$C_e(Z_e)$	$q_p$ [KN/m <sup>2</sup> ].
---------	-----------	-------	-------	-------	------------	-----------------------------

De 0 à 11.95 m	11.95	1.04	1	0.182	2.46	1.07
De 11.95 à 17 m	17	1.11	1	0.171	2.71	1.19

## I. Etude des escaliers :

### I.1.Introduction :

L'escalier est une construction architecturale constituée d'une suite régulière de marches, les degrés, permettant d'accéder à un étage, de passer d'un niveau à un autre en montant et descendant. Un escalier peut être en pierre, en bois, en métal, en béton, en verre ou en plâtre. Dans notre projet, on a un seul type d'escalier métallique qui est composé de deux volées liées à un palier de repos, ce dernier se compose d'une solive encastrée aux poteaux, la volée est constituée de deux limons, et des marches constituées par des cornières de support et de tôle striée.

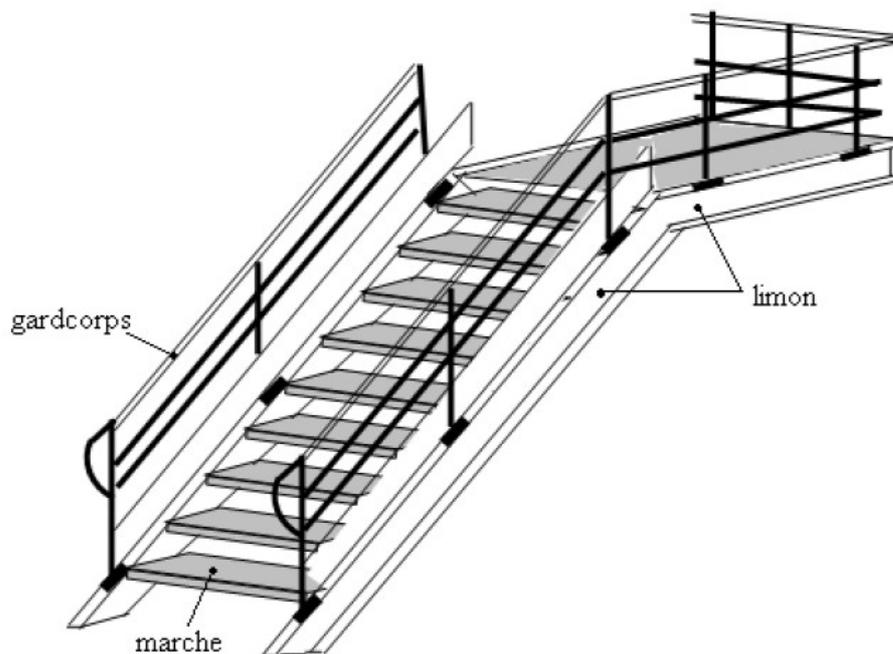


Figure 7 : Vue de l'escalier.

### I.2. Définitions :

- **Un palier** : Plate-forme ménagée à l'étage accédant aux portes palières, le palier principal. La plate-forme intermédiaire est appelée repos ou palier de repos et ne donne pas accès à des locaux.
- **Une volée** : Portion d'escalier comprise entre deux plates-formes et qui comprend les marches. Les marches sont droites (en parallèle) dans la volée droite.
- **Limon**

Pièce d'appui, poutre qui permet de tenir les marches d'escalier. Cette pièce se trouve parallèle au mur et suivant l'angle de l'escalier.

- **Giron** : c'est la largeur d'une marche d'escalier, mesurée entre l'aplomb de deux contremarches successives. Distance horizontale de nez de marche à nez de marche

#### ➤ **Avantage des escaliers métalliques :**

L'escalier en métal est un escalier pré-usiné, La structure d'acier vient en deux ou trois morceaux qui sont assemblés, par boulons, sur place et elle est ensuite recouverte de marches, de contremarches et de limons.

La préfabrication sur mesure et le calcul informatisé des dimensions assurent aussi une grande précision et une qualité uniforme du travail.

Economie de mains d'œuvres et temps de travail.

➤ **Inconvénients des escaliers métalliques :**

L'entretien et la protection contre la corrosion.

➤ **Choix des dimensions :**

Le choix des dimensions se fait selon la formule de BLONDEL :  $60\text{cm} \leq g + 2.h \leq 64\text{cm}$

Avec :

**I. Pré dimensionnement de l'escalier du RDC :**

Hauteur de la contre marche donné par :

Largeur de la marche (giron) donné par :

Nombre de contremarche.

Hauteur à franchir avec une volée

La condition assurant le confort de l'escalier est donnée par la relation de BLONDEL

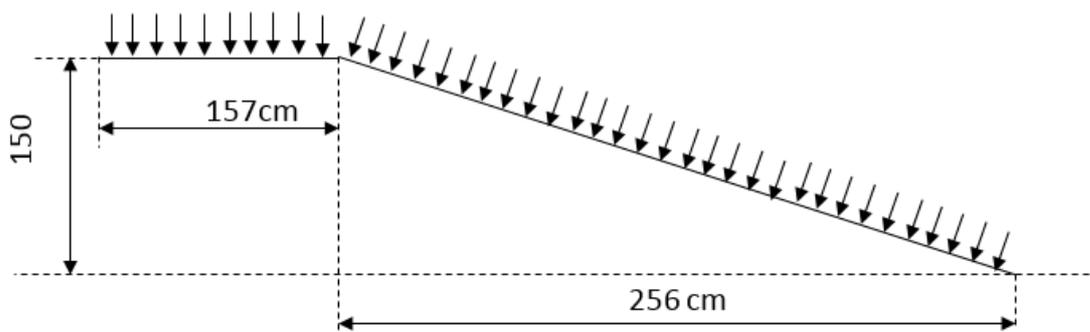
Avec :

Si on prend

Application de la règle de BLONDEL :

On prend :  $g = 32\text{ cm}$

Angle d'inclinaison .....



**Figure 8 : inclinaison des escaliers**

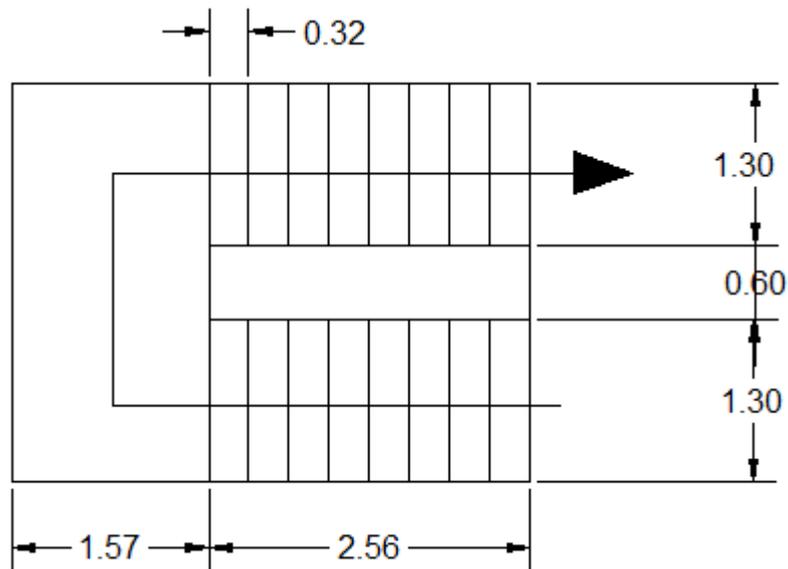


Figure 9 : Vue en plan de l'escalier.

**II.1. Évaluation des charges**

➤ **Charges permanentes :**

Garde-corps .....	$0.02 \times 78.5 = 1.57 \text{ KN/m}^2$ .
Tôle striée (5 mm) .....	$0.005 \times 78.5 = 0.40 \text{ KN/m}^2$ .
	<b>G = 1.97 KN/m<sup>2</sup></b>

➤ **Charges d'exploitation Q = 2,5 KN/m<sup>2</sup>**

**II.2. Pré dimensionnement de la Cornière :**

Les cornières sont sollicitées par :

$G = 1.97 \text{ KN/m}^2$ .

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

Chaque cornière reprend la moitié de la charge.

➤ **Combinaison de charge :**

**ELU :**

$$\begin{aligned}
 &= (1.35G + 1.5Q) \times \\
 &= (1.35 \times 1.97 + 1.5 \times 2,5) \times 0.3/2 \\
 &= 0,961 \text{ KN/m.}
 \end{aligned}$$

**ELS:**

$$\begin{aligned}
 &= (G+Q) \times 0.3/2 \\
 &= (1.97 + 2.5) \times 0.3/2 = 0.67 \text{ KN/m} \\
 &= 0.67 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

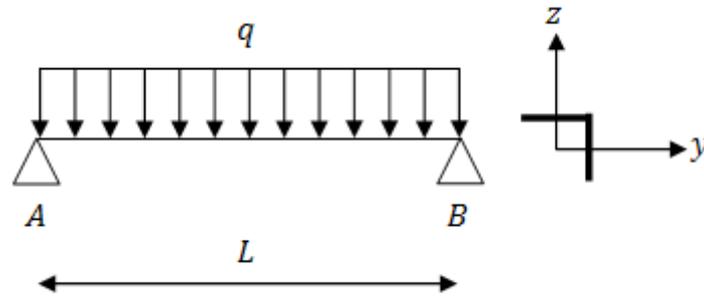


Figure 10 : Schémas statique de la cornière.

-Condition de flèche :

Il faut vérifier :

Avec :

$\text{cm}^4$

Soit une cornière à ailes égale avec les caractéristiques suivantes

➤ **Vérification en tenant compte du poids du profilé :**

- **La flèche :**

- **La résistance :**

Il faut vérifier que :

- **Vérification au Cisaillement :**

Toutes les conditions sont vérifiées, alors convient comme cornière de support.

Conclusion : on choisit pour la cornière de support une cornière de

### II.3. Pré dimensionnement du limon :

Le limon est l'élément qui supporte le poids total de l'escalier et qui permet aux marches de prendre appui.

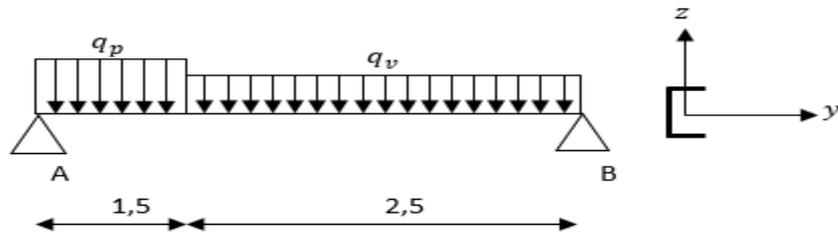


Figure 11 Charges appliqué sur un limon.

➤ Evaluation de charges :

a) Volée :

• Charges permanentes :

- Poids estimé de 2 limon (UPN160) : .....  $2 \times 0.189 = 0.378$  KN/m.
- Cornière (40404) : ..... 2 KN/m.
- Tôle striée d'épaisseur ( $e = 5$ mm) : .....  $0.00578 \times 5 = 0.0289$  KN/m<sup>2</sup>
- Garde-corps .....  $0.02 \times 78.5 = 1.57$  KN/m<sup>2</sup>.
- Charge totale : =  $(0.401 \times 30) + (1.571) + 0.378 + 0.0484 = 2.52$  KN/ml

b) Palier :

• Charges permanentes :

- Revêtements en carrelage ..... KN/m<sup>2</sup>
  - Mortier de pose ..... KN/m<sup>2</sup>
  - Dalle en béton armé ..... KN/m<sup>2</sup>
  - Tôle type TN 40 ..... KN/m<sup>2</sup>
- KN/m<sup>2</sup>**

• Charges d'exploitation :

La charge revenant au limon est :

: La longueur de la marche

*Condition de flèche :*

Il faut vérifier :

Avec :

Soit un avec les caractéristiques suivantes :

3). Vérification en tenant compte du poids du profilé :

- **La flèche :**

Condition vérifiée

- **La résistance :**

- Charge totale : =  $(0.401 \cdot 30) + (1.571) + 0.378 + 0.0484 = 2.52 \text{Kn/ml}$

Le limon est considéré comme une poutre isostatique, alors on utilise la méthode de la résistance des matériaux pour calculer les réactions d'appuis et le moment maximal.

- **Calcul des efforts internes :**

Le moment est maximum pour :

Le moment est maximum pour :  
Donc les efforts maximum sont :

- **Cisaillement :**

Conclusion : on choisit pour le limon un **UPN160**

II.4. Etude de la poutre palière :

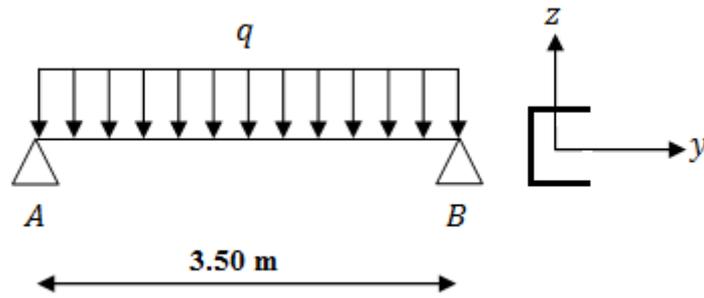


Figure 12 : Schéma statique de la poutre palière.

➤ Evaluation de charges :

Les charges revenant sur la poutre palière sont :

Charge des cloisons .....  $G = 2,661,5 = 4 \text{ KN/m}$

Charge revenant du palier .....  $G = 3,8251,57 = 6 \text{ KN/m}$

$Q = 31,57 = 4,71 \text{ KN/m}$

$q_s = 6 + 4,71 + 4 = 14,71 \text{ kN/m}$

➤ Condition de flèche :

Avec :

Soit un **IPE180** caractérisé par :

$11,3 \text{ cm}^2$

➤ Vérification en tenant compte le poids du profilé

$q_i = 1.35 (10 + 0.188) + 1.54,71 = 20,82 \text{ kN/m}$

$q_s = 10 + 0.188 + 4,71 = 14,9 \text{ kN/m}$

- La flèche :

- La résistance

Vérifiée

- Vérification au cisaillement

$V_{sd} \leq V_{Rd}$

$V_{sd} = 36.43 \text{ kn} < 0.5 v_{plrd} = 76.66 \text{ kn}$

Conclusion : on choisit un **IPE180** pour la poutre palière

**II.5. Pré dimensionnement de la console :**

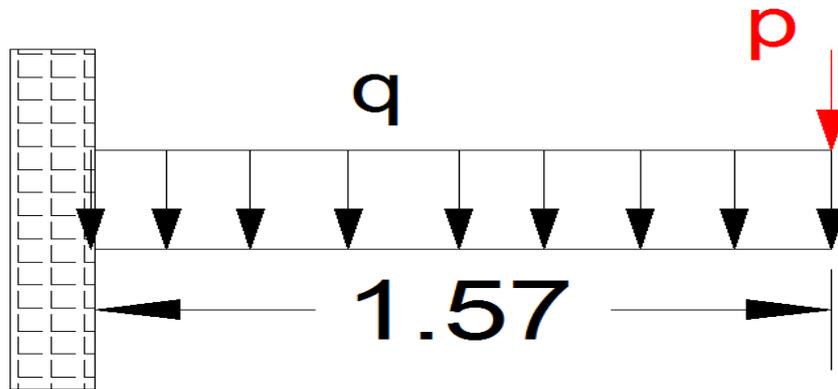


Figure 13 : Schéma statique de la console.

➤ **Evaluation de charges**

Les charges revenant sur la console sont :

Charge revenant du palier .....  $G = 3,8251.57 = 6 \text{ KN/m}$

$Q = 31.57 = 4,71 \text{ KN/m}$

$q_u = 1.356 + 1.54,71 = 15,165 \text{ KN/m}$

$q_s = 6 + 4,71 = 10,71 \text{ KN/m}$

P : réaction de la poutre palière

➤ **Condition de flèche :**

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

$619,698 \text{ cm}^4$

Soit un **IPE160** caractérisé par

$9,7 \text{ cm}^2$

➤ **Vérification en tenant compte du poids du profilé**

$q_u = 1.35 (6 + 0.158) + 1.54,71 = 15,38 \text{ KN/m}$

$q_s = 6 + 0.158 + 4,71 = 10,87 \text{ KN/m}$

- **La flèche :**

Vérifié

- **La résistance**

- **Vérification au cisaillement**

$$V_{sd} \leq V_{Rd}$$
$$V_{sd} = q_u \cdot l + p_u = 15,38 \cdot 1,57 + 3 = 27,14 \text{ kN}$$

$$V_{sd} < 0,5 \quad \text{vérifie}$$

Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant

Conclusion : on choisit un **IPE160** pour la console

### **III. Calcul de L'acrotère :**

#### **III.1. Introduction :**

L'acrotère est un relief constitué par un muret situé en bordure de la toiture, dans le prolongement de ses murs de façade.

Généralement en béton armé, ce petit muret d'un minimum de 15 centimètres de hauteur, permet de coller une étanchéité à chaud côté extérieur et possède des passages pour l'évacuation des eaux de pluie.

Sur l'acrotère peut se fixer une couverture, élément de protection et d'étanchéité de la partie supérieure. La couverture joue le rôle de dispositif empêchant les eaux de ruissellement et de rejaillissement de s'introduire derrière les relevés d'étanchéité. Elle est un élément essentiel à la pérennité des toitures terrasses et des façades.

L'acrotère sera calculé comme une console encastree a sa base au plancher terrasse est soumis à une flexion composée due à un effort normale (fp) est à un moment provoqué par une surcharge due à la main courante majorée de 50 pour un terrasse inaccessible (Fig1)

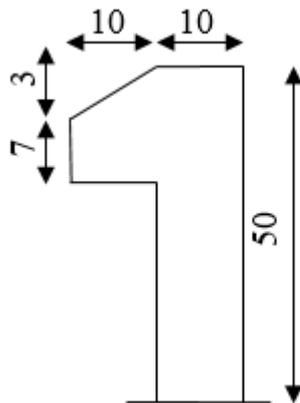


Figure 14 : Schéma d'un acrotère.

Le calcul de l'acrotère se fera pour une bande de 1 m linéaire sollicité la flexion composée qui est due à l'effort normal (poids propre d (l'acrotère) et à un moment fléchissant.

$$M = M_{\max} [M (P), M (q)]$$

Avec :

- M (P) : le moment fléchissant due à l'effort horizontal accidentel.
- M (q) : le moment fléchissant due à l'effort de la main courante (q) qui est une surcharge d'exploitation.

La surface de l'acrotère est :

Le poids propre de l'acrotère est :

Enduit en ciment

Le poids total estimé est :

-Le poids propre :  $G = 1,64 \text{ kN/ml}$

-Charge d'exploitation :  $P=1 \text{ kN/ml}$

➤ **Calcul de la force horizontale (Fp):**

La force horizontale dans les éléments se conduises donnée par le RPA99 –(6.3)

$$F_p = 4. A. C_p . W_p$$

Zone II group d'usage 2 et Zone (zone industrielle mechta fatima, W. Bordj Bou Arreridj).

$C_p$  : facteur de force horizontale donné par le tableau (6.1) (RPA99).

$W_p$  : poids des éléments a considères.

Donc :

**Hypothèse de calcul :**

L'acrotère est sollicité en flexion composée.

La fissuration est considérée comme préjudiciable.

Le calcul se fera pour une bande de un mètre linéaire.

On a les données suivantes :

- Calcul des sollicitations :
- Calcul du centre de pression :

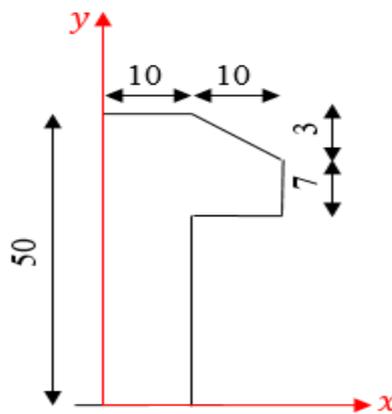


Figure 15 : Les dimensions de l'acrotère.

- Moment engendré par les efforts normaux :

NB : La section dangereuse se situe à l'encastrement.

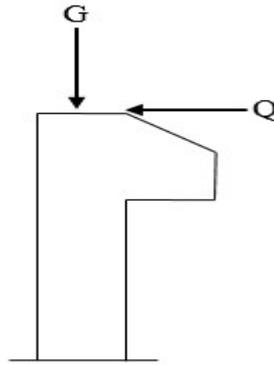


Figure 16 : Les efforts agissant sur l’acrotère.

- **Combinaison des charges : (tableau 8)**

Tableau 8 : Sollicitations et combinaisons d’action.

Sollicitations	Combinaisons		
	RPA 99	ELU	ELS
	1,6425	2,22	1,6425
	0,72	0,72	0,5

- **Calcul de l’excentricité :**

Un élément soumis à un effort composé du à une force de compression, doit être justifié à l’état limite ultime de stabilité de forme (B.A.E.L 91 Art 4.4.1).

Pour l’excentricité : (C.B.A Art 4.3.5)

Tel que :

Excentricité additionnelle

Excentricité structurale (résultat des contraintes normales avant application des excentricités additionnelles).

D’où :

Calcul à la flexion composée, en tenant compte de façon forfaitaire de l’excentricité du second ordre due à la déformation.

Tel que :

Le rapport du moment du premier ordre dû aux charges permanentes et quasi permanentes au moment total du premier ordre.

Le rapport de la déformation finale dû au fluage à la déformation instantanée sous la charge considérée.

D’où :

Les sollicitations corrigées pour le calcul en flexion composée sont :

- Ferrailage :

**ELU :**

L'acrotère, est sollicité en flexion composée, mais le calcul se fera par assimilation à la flexion simple sous l'effet d'un moment fictif :

Tel que :

Les sollicitations au centre de gravité de la section du béton seul.

Moment de flexion évalué au niveau de l'armature.

- **Vérification de la condition de non fragilité :**

On adopte :  $4HA8 = 2,01\text{cm}^2$

- **Armatures de répartition :**

On adopte  $5HA6 = 1,41\text{cm}^2$

- **Espacement :**

Armatures principales : On adopte :

Armatures de répartitions : On adopte :

- **Vérification au cisaillement :**

L'acrotère est exposé aux intempéries (fissuration préjudiciable).

Pas de rupture par cisaillement

- **Vérification de l'adhérence :**

La somme des périmètres des barres.

Pas de risque par rapport à l'adhérence.

**ELS** :(vérification des contraintes).

D'après le BAEL 91, la vérification des contraintes se fait de la façon suivante :

➤ **Position de l'axe neutre :**

Tel que

Distance du centre de pression C à la fibre la plus comprimée B de la section.

Tel que :

On a L'équation admet trois solutions :

On choisit la solution qui vérifie la condition suivante :

Donc on choisit

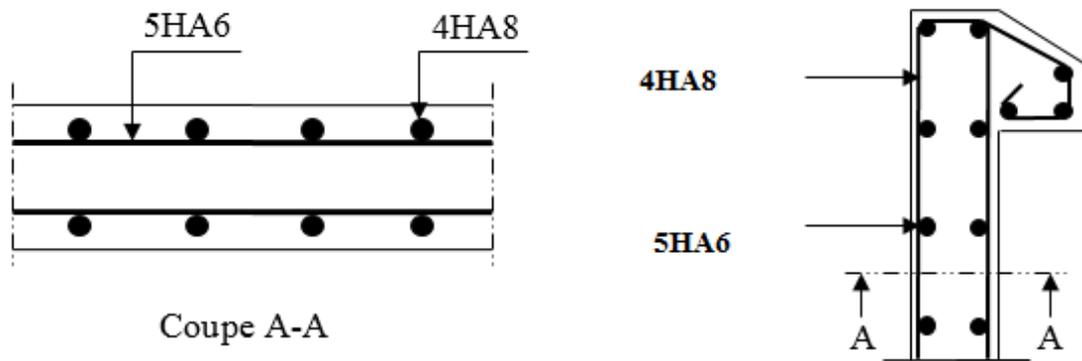
➤ **Calcul des contraintes :**

Moment d'inertie de la section réduite par rapport à l'axe neutre.

Coefficient angulaire du diagramme de Navier

Pour le béton :

Pour l'acier :



*Figure 17* : Schéma de ferrailage de l'acrotère

## I. Introduction :

Un plancher, dans le domaine du bâtiment, est un ouvrage de charpente de menuiserie ou de maçonnerie, tout ou partie en bois, en fer ou en béton, formant une plate-forme horizontale au rez-de-chaussée ou une séparation entre les étages d'une construction. Sa sous-face est appelée plafond. Dans notre projet, on utilisera des planchers collaborant.

## II. Description d'un plancher collaborant :

Les planchers collaborant sont basés sur un principe très simple, il consiste à connecter des poutres métalliques pour résister aux efforts de traction et aux efforts tranchants, à une dalle en béton qui va alors travailler en compression. L'objectif de cette association est de tirer, sur le plan mécanique, la meilleure partie de résistance. Cette connexion se fait principalement à l'aide de goujons, des pièces empêchant le glissement d'un matériau sur l'autre et permettant la bonne transmission des charges.

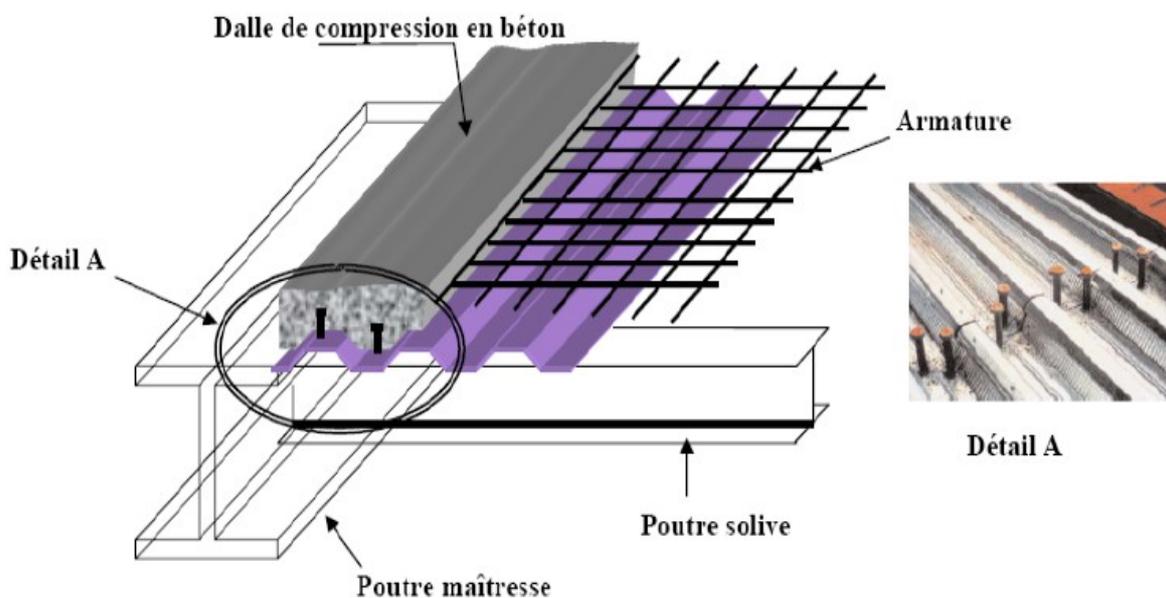


Figure 18 : Éléments constructifs d'un plancher collaborant.

### II.1. Etude de la dalle collaborant :

Le calcul de plancher mixte se fait en deux phases :

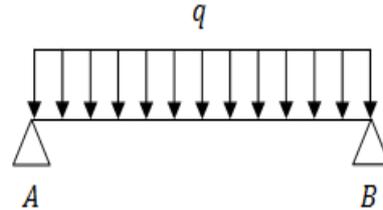
- Phase de construction
- Phase finale

- Phase de construction :

Le profilé d'acier travail seul :

Les charges de la phase de construction sont :

- Poids propre du profilé
  - Poids propre du béton frais
  - Surcharge de construction+ (ouvrier)
- Phase finale :
- Le béton ayant durci, donc la section mixte (le profilé et la dalle) travaillant ensemble.



Les charges de la phase finale sont :

- Poids propre du profilé
- Poids propre du béton (sec)
- Surcharge d'exploitation
- Finition

### II.2. Vérification des solives :

Notre structure est constituée de solives isostatiques

#### ➤ Phase de construction :

L'entre axe des solives est :

Le profilé d'acier travail seul, donc les charges de la phase de construction, comme indiqué dans le deuxième chapitre sont :

Après la soustraction :

- **Vérification de la résistance à L'ELU :**

Les combinaisons de charges à considérées sont :

Il faut vérifier la condition suivante :

Avec :

La section est vérifiée.

- **Vérification de la flèche en service :**

Les combinaisons de charges à considérées sont :

Il faut vérifier la condition suivante :

Avec :

La flèche n'est pas vérifiée, mais avec l'étalement on obtient :

Toutes les conditions sont vérifiées avec un étalement.

➤ **Phase finale :**

- **Plancher terrasse inaccessible**

L'entre axe des solives est :

Le béton ayant durci, donc la section mixte (le profile et la dalle) travaillant ensemble.

Donc les charges de la phase finale sont :

**ELU :**

Les combinaisons de charges à considérées sont :

**ELS :**

Les combinaisons de charges à considérées sont :

- **Plancher étage courant :**

**ELU :**

Les combinaisons de charges à considérées sont :

**ELS :**

Les combinaisons de charges à considérées sont :

Nous constatons que le plancher terrasse est le plus sollicitant, donc la vérification est faite pour ce dernier.

- **Vérification de la résistance à L'ELU :**

Il faut vérifier la condition suivante :

Avec :

- **Position de l'axe neutre plastique (ANP) :**

La section est sous moment positif (en travée)

La largeur participante de la dalle est donnée par la relation suivante :

Avec :

Longueur de la solive.

Entre axe des solives.

L'axe neutre plastique est dans la dalle

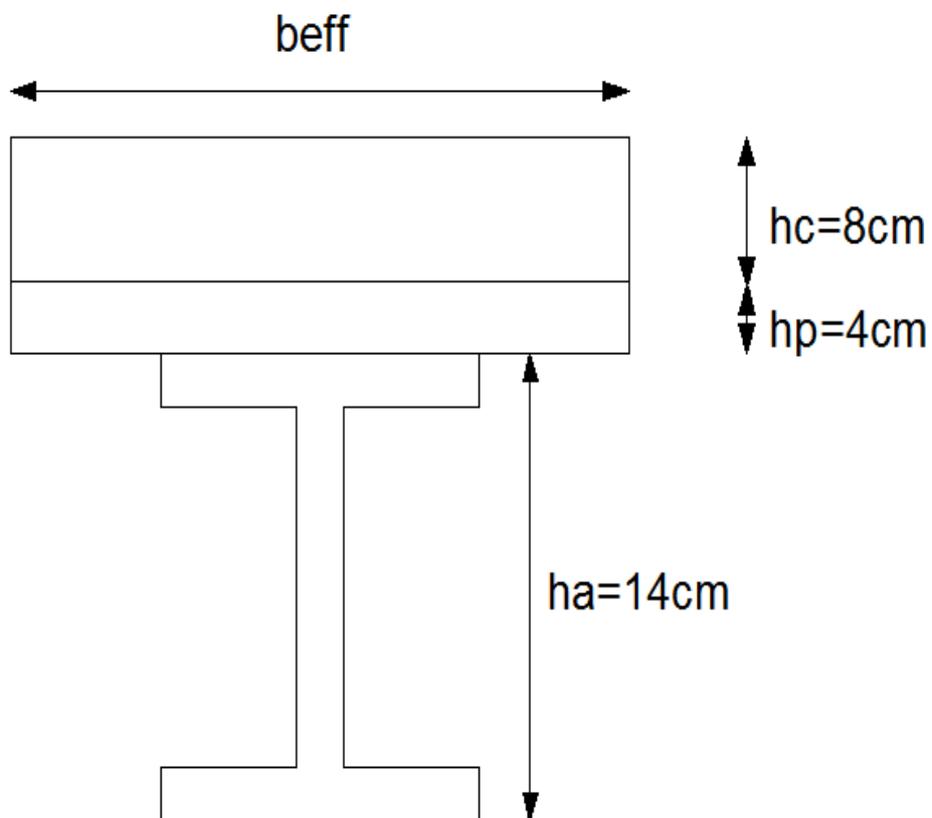


Figure 19 : dimensions des elements constituant le plancher

26,96 KN

La section est vérifiée en résistance.

- **Vérification de la flèche en service :**

Il faut vérifier la condition suivante :

Avec :

- Calcul de :

Position de la fibre la plus tendue de l'acier par rapport à l'axe neutre

Position de la fibre la plus comprimée du béton par rapport à l'axe neutre

d : distance entre le centre de gravité de la solive et l'axe neutre.

S : section mixte.

: Moment d'inertie mixte de la section par rapport à l'axe neutre.

= coefficient d'équivalence acier/béton

= /

= : pour les bâtiments à usage d'habitation

= 25 MPa

=  $29 \times 10^6$  KN/m<sup>2</sup>

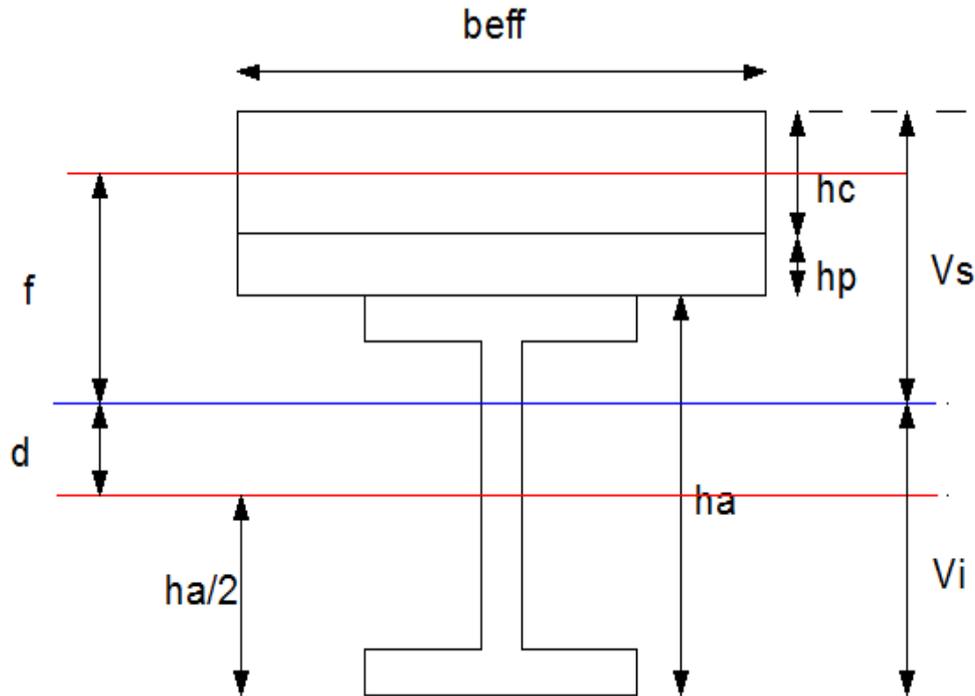


Figure 20 : position de l'axe neutre

E&

Elle est donnée par la relation :  $d =$

Avec :

$n$  : coefficient d'équivalence Acier Béton ;  $n =$   
 : Valeur de module sécant d'élasticité  $= 29. \text{KN/m}^2$

$d$  : distance entre CDG de la solive et la position de l'axe neutre.

$$S = 16,4 + 51,7$$

$$d = 7,16 \quad d = 7,16 \text{ cm}$$

$$v_i = (h / 2) + d = (14 / 2) + 7,16 = 14,16 \text{ cm}$$

$$v_s = (h / 2) + t - d = (14/2) + 7 - 7,16 = 6,84 \text{ cm}$$

$$I_m = I_A + A. d^2 +$$

$$I_m = 541,2 + 33,4 (7,16)^2 +$$

$$I_m = 2491,9 \text{ cm}^4$$

La flèche est vérifiée.

- Résistance de la section au cisaillement :

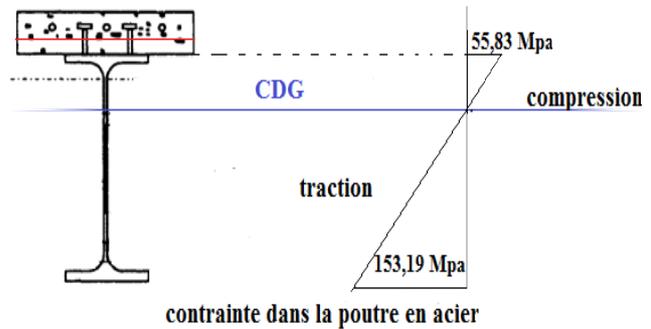
La condition est vérifiée.

- Calcul des contraintes :
  - Contraintes dues au moment fléchissant :

- Contrainte dans la poutre acier :

Traction dans la fibre inférieure :

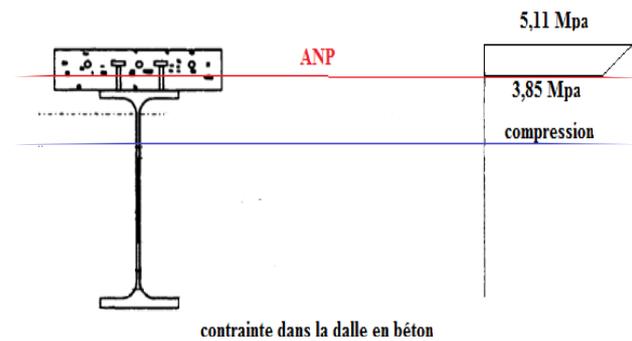
Compression dans la fibre supérieure :



- Contrainte dans la dalle béton :

Compression dans la fibre supérieure :

Compression dans la fibre inférieure :



- Contraintes dues au retrait :

Distance entre le CDG de l'acier et CDG du béton

Distance entre le CDG de l'acier et l'AN de la section homogène

Avec :

Distance entre l'interface et l'AN de la section homogène

Distance entre la fibre supérieure du béton et l'AN de la section homogène

D'où les valeurs de contraintes sont :

---

➤ Contraintes finales :

### III. Calcul des connecteurs :

#### III.1 Introduction :

Le fonctionnement de façon monolithique d'un tel plancher n'est disponible que si la connexion entre la poutre métallique et le béton se fait sans glissement, c'est pourquoi, on est obligé de disposer des éléments de liaison appelés **connecteurs**.

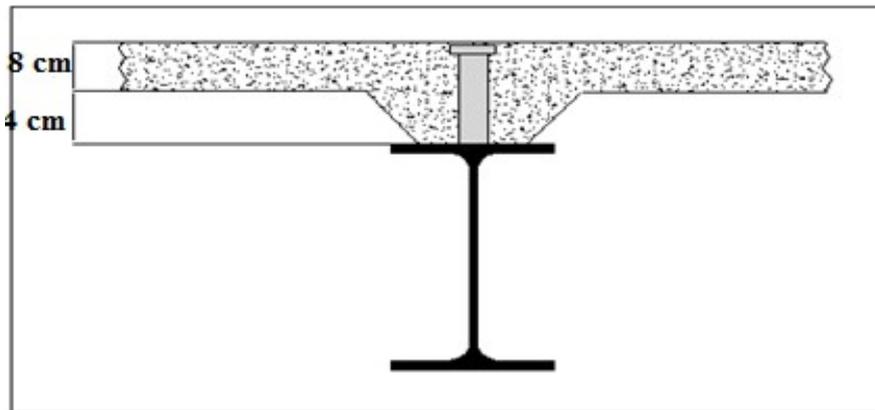


Figure 21 : Connexion acier-béton.

Ces connecteurs ont pour rôle :

- De recevoir de la part de la poutre métallique un effort de cisaillement qu'ils transmettent au béton par butée ; cet effort correspond à l'effort de glissement, c'est-à-dire à la variation de compression du béton due à la flexion.
- D'empêcher un soulèvement du béton ; cet effort de soulèvement est donnée par l'EC4 comme n'étant pas inférieur à 10% de sa résistance ultime au glissement.

On choisit des connecteurs de type M16 de classe 4.6

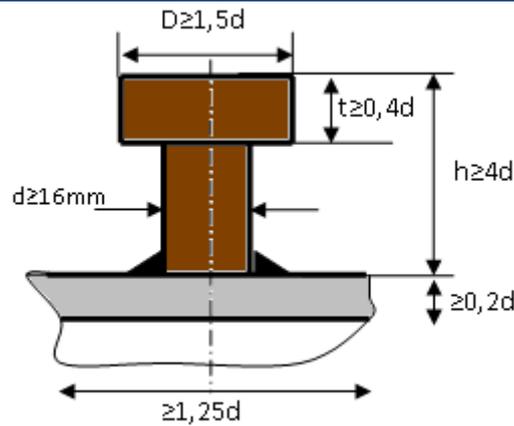


Figure 22 : Dimensions du connecteur

4 h  
 On a  $d = 16\text{mm}$   $h = 64\text{mm}$   
 On prend  $h = 65\text{mm}$   
 $4 = a = 1$

**III.2. Calcul de la résistance d'un connecteur :**

La résistance ultime d'un connecteur est donnée par :  
 Min de

- $f_{ck}$  : résistance caractéristique à la compression du béton (25 MPa).
  - $f_u$  : la contrainte résistante ultime de l'acier du goujon (400MPa).
- Avec :
- $E_{cm}$  : module de Young instantané du béton (30500 MPa)
  - $\gamma_v$  : le coefficient partiel de sécurité à l'état limite ultime soit 1.25
  - $\alpha = 1$  pour

$$0,8 \times 400 \times x = 51,44 \text{ KN}$$

$$P_{Rd} = \text{min de}$$

$$0,29 \times 16^2 \times x = 51,86 \text{ KN} \quad \text{Donc : } P_{Rd} = 51,44 \text{ KN}$$

➤ Calcul de l'effort de cisaillement longitudinal  $V_{el}$  :

$$V_{el} = \text{min} \quad \text{EC4 art 6.2.1.1}$$

$$0,85..$$

- $A_a$  : section d'acier soit  $16,4 \text{ cm}^2$

- $f_y$ : 235 MPa (S235)
- $\gamma_a$ : coefficient de sécurité pour l'acier soit 1.1

$$V_{el} = \min ( ; 0,85. 1,12. ) = 350,36 \text{ KN}$$

Le nombre de goujons est :

$$N = \frac{V_{el}}{F_{t,d}} = 6,81$$

On prend  $N = 7$  goujons

$$e = \frac{L}{N} = 2,25 \text{ m}$$

L'entraxe longitudinal maximal des connecteurs sur la longueur critique ne doit pas dépasser 6 fois l'épaisseur totale de la dalle (ht) ni 800 mm conformément à l'EC4.

L'espacement est donnée par :

$$e = 321,4 \text{ mm}$$

$$e < \min (6ht ; 800) = \min (720 ; 800)$$

$$e < 720 \quad \text{CONDITION VERIFIER}$$

### III.3. Vérification de la soudure :

a : la gorge

$$a < \min (d ; 6,9) = \min (16 ; 6,9) = 6,9 \text{ mm}$$

On prend  $a = 7 \text{ mm}$

L : la longueur du cordon de soudure circulaire

L =

L'effort résistant de cisaillement est :

$$a \times l \times 7 \times 50,265 \times 7 = 81,25 \text{ KN}$$

$$= 400 \text{ MPa}$$

Avec

$$= 1,25$$

L'effort sollicitant est donné par :

$$= 50,05 \text{ KN}$$

Quelle que soit la direction de l'effort sollicitant par rapport au cordon on a : 50,05

81,25 **Condition vérifier**

### III.4. Ferrailage de la dalle du plancher :

➤ **Plancher terrasse :**

$$= \max ( ) = 9,46$$

$$6,65$$

$$6,87$$

$$6,$$

➤ **Plancher courant :**

$$= \max ( ) = 10,04$$

$$7,27$$

,27

Nous constatons que le plancher courant est le plus sollicitant, donc on ferraille les dalles de ce dernier et on adopte le même ferrailage pour les dalles du plancher terrasse.

**A L'ELU :**

$$= 10,04$$

$= = = 0,25 \ 0,4$  La dalle travaille dans un seul sens. La dalle se calcul comme une poutre en flexion simple.

$$= = = 1,63 \text{ KN.m}$$

Le moment en travée est :  $= 0,75 = 1,22 \text{ KN.m}$

Le moment en appuis est :  $= -0,5 = -0,815 \text{ KN.m}$

- Calcul des armatures en travée :

$$= 1,22 \text{ KN.m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 8 \text{ cm}$$

$$c = 4 \text{ cm} \quad , \quad d' = 2 \text{ cm} \quad , \quad d = 6 \text{ cm}$$

$$\mu_l = 0,8_l (1-0,4_l) = 0,392$$

$$l = 0,668$$

On a

$$= 6 \text{ cm}$$

$$A_l$$

- **Condition de non fragilité**

$$A = \max (A_l; A_{min}) \Rightarrow A = 0,725 \text{ cm}^2$$

On choisit: **4HA8 = 2,01 cm<sup>2</sup>.**

$$St = 100/4 = 25 \text{ cm}$$

- **Armatures de répartitions**

$$A_r = A/4 = 2,01/4 = 0,5 \text{ cm}^2$$

On choisit : **4HA6 = 1,13 cm<sup>2</sup>/ml.**

- **Calcul des armatures en appui :**

On adopte le même ferrailage que celle des travées.

- **Vérification de l'effort tranchant :**

À L'ELS :

Le moment en travée est :  
Le moment en appuis est :

- **Vérification des contraintes :**  
*En travée*

*En appui*

- **Etat limite de déformation :**

Si les conditions suivantes sont vérifiées le calcul de la flèche n'est pas nécessaire.

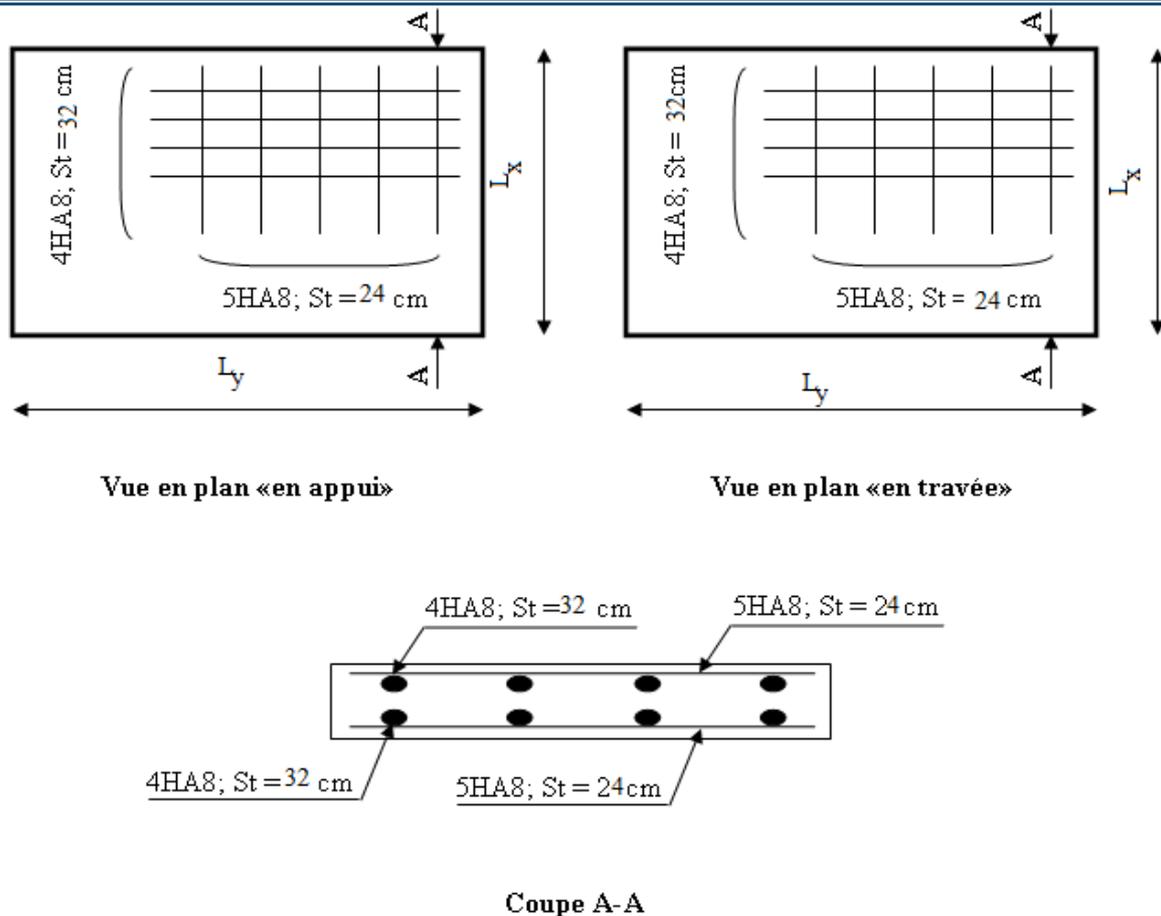


Figure 23 : schéma de ferrailage de la dalle.

**Conclusion :**

A travers cette étude nous avons démontré que le plancher collaborant, réalisé avec une dalle en béton d'épaisseur 8 cm posé sur des solives IPE140, supporte les différentes charges appliquées au niveau de chaque étage de la structure.

La liaison entre la dalle et les solives est assurée par des connecteurs de diamètre 16 mm, (7 goujons espacés de 22,5 cm entre eux pour chaque solive).

## I. Introduction

Dans le domaine de la construction métallique, les ossatures de planchers doivent être étudiées en vue des charges qu'elles auront à supporter. Dans notre cas, il s'agit d'une construction à usage d'habitation où la charge d'exploitation est de  $1,5 \text{ KN/m}^2$  dans ce cas-là on utilise des planchers mixtes (acier béton)

Après avoir choisi la structure porteuse du bâtiment (poutre principale, secondaire, solive et poteau), on pré dimensionne chaque élément à partir des conditions suivantes :

- Condition de flèche.
- Condition de résistance.

### ➤ Condition de flèche

La flèche se vérifie par la condition suivante :  $f_{calc} \leq f_{adm}$

Pour le cas d'une poutre bi-encastée.

### ➤ Condition de résistance :

La résistance se vérifie avec la condition suivante :

Pour le cas d'une poutre bi-encastée.

[CCM97 article 5.4.5.1]

## II. Evaluation des charges sur le plancher

### ➤ Charges permanentes

Plancher terrasse  $G = 5,65 \text{ KN/m}^2$

Plancher courant  $G = 5,77 \text{ KN/m}^2$

### ➤ Charges d'exploitations :

Plancher terrasse  $Q = 1 \text{ KN/m}^2$

Plancher courant  $Q = 1,5 \text{ KN/m}^2$

## III. Pré dimensionnement des éléments :

### III.1 Pré dimensionnement des sommiers (poutres principales)

#### ➤ Plancher terrasse

On a les caractéristiques suivantes :

Portée du sommier  $L = 5,70 \text{ m}$

Entraxe des solives  $e_{solive} = 1,14 \text{ m}$

Entraxe des sommiers  $e_{sommier} = 4,50 \text{ m}$

$G = 5,65 \text{ KN/m}^2$

$Q = 1 \text{ KN/m}^2$

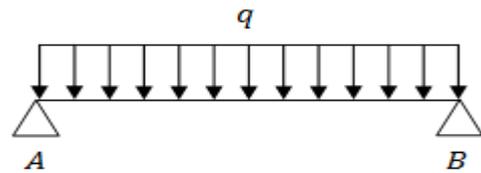
Solive =  $0,129 \text{ KN/m}$

$S = 0,362 \text{ KN/m}^2$

- **Combinaison des charges**

Pour vérifier cette poutre on décompose les charges concentrées

- Vérification de la flèche :



$$q_s = [G+0,9(Q+S) \cdot e_{sommier} + [4 \cdot p_{solive}/L]$$

$$q_s = [5,65+0,9(1+0,362)]4,5+[4 \cdot 0,129/5,7] = 31,03 \text{ KN/m.}$$

il faut vérifier que  $f_{adm} = L/250 = 5,70/250 = 2,28 \text{ cm.}$

On adopte un **IPE 200** avec  $I_y = 1943 \text{ cm}^4$ .

$$f_{cal} = f_{adm} = 2,28 \text{ cm}$$

➤ **Plancher courant**

On a les caractéristiques suivantes :

La portée  $L = 5,70 \text{ m}$

Entraxe des solives  $e_{solive} = 1,14 \text{ m}$

Entraxe des sommiers  $e_{sommier} = 4,50 \text{ m}$

$G = 5,77 \text{ KN/m}^2$

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

$G_{solive} = 0,129 \text{ KN/m}$

- Vérification de la flèche

$$q_s = [5,77+1,5] \cdot 4,5 + [4 \cdot 0,129/5,7] = 32,81 \text{ KN/m}$$

il faut vérifier que  $f_{adm} = 2,28 \text{ cm}$

On adopte un **IPE 200** avec  $I_y = 1943 \text{ cm}^4$ .

$$f_{cal} = f_{adm} = 2,28 \text{ cm}$$

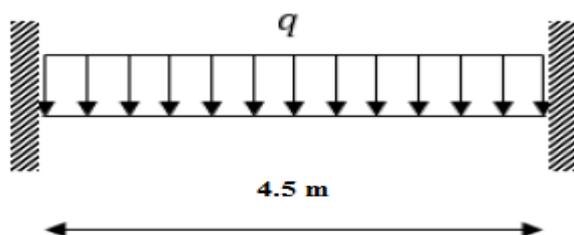
- Vérification de la flèche on tenant compte du poids propre du profilé

$$q_s = 32,81 + 0,224 = 33,034 \text{ KN/m}$$

$$f_{cal} = f_{adm} = 2,28 \text{ cm} \quad \text{vérifiée}$$

Donc on adopte des poutres en **IPE 200** comme des sommiers de planchers courant ainsi pour le plancher terrasse.

**III.2. Pré dimensionnement des poutres secondaires**



➤ **Planchers courants**

On a les caractéristiques suivantes :

La portée  $L = 4,5\text{m}$

Entraxe des solives  $e_{solive} = 1,14\text{ m}$

Entraxe des sommiers  $e_{sommier} = 5,70\text{m}$

$q_s = [5,77 + 1,5] \cdot 5,70 = 41,44\text{KN/m}$

il faut vérifier que  $f_{adm} = 2,28\text{cm}$

On adopte un **IPE 180** avec  $I_y = 1317\text{ cm}^4$ .

$f_{cal} = f_{adm} = 1,8\text{cm}$

- **Vérification de la flèche on tenant compte du poids propre du profilé**

$q_s = 41,44 + 0,188 = 41,628\text{KN/m}$

$f_{cal} = f_{adm} = 1,8\text{cm}$  vérifiée

Donc on adopte des poutres secondaires en **IPE 180** pour les planchers courant ainsi pour le plancher terrasse.

### III.3. Pré dimensionnement des poteaux

- **Les charges permanentes**

Poids du plancher terrasse  $G = 5,65\text{KN/m}^2$

Poids du plancher courant  $G = 5,77\text{KN/m}^2$

Poids de la poutre porteuse  $G = 0,224\text{KN/m}$

Poids de la solive  $G = 0,129\text{KN/m}$

Poids de la poutre secondaire  $G = 0,188\text{ KN/m}$

- **Les charges d'exploitations**

Plancher courant  $Q = 1,5\text{KN/m}^2$

Plancher terrasse  $Q = 1\text{KN/m}^2$

Les poteaux seront pré dimensionnés à l'ELU en compression simple

Le pré dimensionnement se fera selon la formule suivante :

Avec

$N_{max}$  : effort normal de compression déterminé par la descente des charges

$A$  : section du poteau.

$f_y$  : limite d'élasticité de l'acier.

: Coefficient partiel de sécurité.

#### III.3.1. Détermination de $N_{max}$ par la descente des charges

Le poteau le plus sollicité est le poteau (A-3)

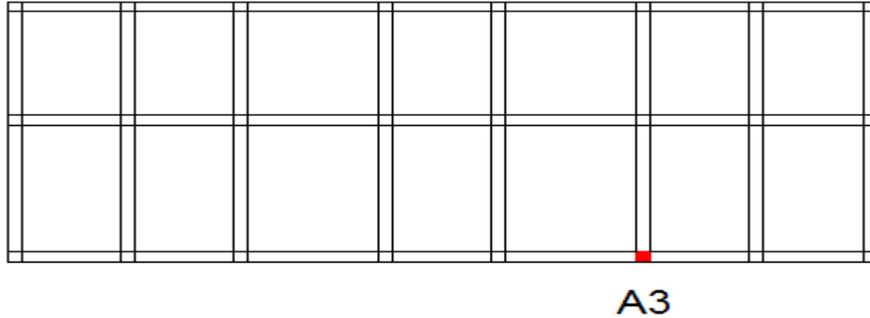


Figure 24 : position du poteau le plus sollicité

➤ **Plancher terrasse**

*Poids du plancher*

$$5,65 \cdot [(2,85+2,35+0,091) \cdot (1,75+0,1+2,25)] = 122,56 \text{ KN}$$

*-Poids de la poutre principale (sommier)*

$$0,224 \cdot (2,85+2,35) = 1,16 \text{ KN.}$$

*-Poids de la poutre secondaire*

$$0,188 \cdot (1,75+2,25) = 0,752 \text{ KN.}$$

*-Poids des solives*

$$0,129 \cdot (4 \cdot 4,50) = 2,32 \text{ KN.}$$

*-Surcharges d'exploitation.*

$$1 \cdot (2,35+2,85+0,091) \cdot (1,75+2,25+0,1) = 21,7 \text{ KN}$$

*-Surcharge de neige*

$$0,362 \cdot 21,7 = 7,86 \text{ KN}$$

Donc

$$N_{G\text{terrasse}} = 126,8 \text{ KN}$$

$$N_{Q\text{terrasse}} = 21,7 \text{ KN}$$

$$N_{S\text{terrasse}} = 7,86 \text{ KN}$$

➤ **Plancher étage courant**

*-Poids du plancher*

$$5,77 \cdot [(2,85+2,35+0,091) \cdot (1,75+0,1+2,25)] = 125,21 \text{ KN}$$

*-Poids de la poutre principale (sommier)*

$$0,224 \cdot (2,85+2,35) = 1,16 \text{ KN.}$$

*-Poids de la poutre secondaire*

$$0,188 \cdot (1,75+2,25) = 0,752 \text{ KN.}$$

*-Poids des solives*

$$0,129 \cdot (4 \cdot 4,50) = 2,32 \text{ KN.}$$

*-Surcharges d'exploitation.*

$$1,5 \cdot (2,35+2,85+0,091) \cdot (1,75+2,25+0,1) = 32,55 \text{ KN}$$

*-Surcharge de neige*

$$0 \cdot 21,7 = 0 \text{ KN}$$

Donc

$$N_{GPl\ courant} = 129,44 \text{ KN}$$

$$N_{QPl\ courant} = 32,55 \text{ KN}$$

$$N_{SPl\ courant} = 0 \text{ KN}$$

### III.3.2. Pré dimensionnement

- **Poteau niveau 4**

L'effort est donné par le maximum des deux combinaisons suivantes :

$$N_1 = 1,35.N_{Gterasse} + 1,35.(N_{Qterasse} + N_{Sterasse}) = 211,086 \text{ KN.}$$

$$N_2 = 1,35.N_{Gterasse} + 1,5 \max(N_{Qterasse}; N_{Sterasse}) = 203,73 \text{ KN.}$$

$$N_{\max} = 211,086 \text{ KN.}$$

$N_{\max}$  doit vérifier la condition suivante :

$$N_{\max} \text{ cm}^2.$$

On prend **HEA 100** avec  $A = 21,2 \text{ cm}^2$ .

- **Poteau niveau 3**

Dans ce cas l'effort repris par le Poteau est :

$$N_G = N_{Gterasse} + N_{GPl\ courant} + P_{P\ HEA\ 100} = 256,41 \text{ KN.}$$

$$N_Q = N_{Qterasse} + N_{QPl\ courant} = 54,25 \text{ KN.}$$

$$N_S = 7,86 \text{ KN.}$$

L'effort est donné par le max des deux combinaisons suivantes :

$$N_1 = 1,35.N_G + 1,35.(N_Q + N_S) = 429,93 \text{ KN.}$$

$$N_2 = 1,35.N_G + 1,5 \max(N_Q; N_S) = 227,53 \text{ KN.}$$

$$N_{\max} = 429,93 \text{ KN.}$$

$N_{\max}$  doit vérifier la condition suivante :

$$N_{\max} \text{ cm}^2.$$

On prend **HEA 100** avec  $A = 21,2 \text{ cm}^2$ .

- **Poteau Niveau 2**

Dans ce cas l'effort repris par le Poteau est :

$$N_G = N_{Gterasse} + 2.N_{GPl\ courant} + 2P_{P\ HEA\ 100} = 386,02 \text{ KN.}$$

$$N_Q = N_{Qterasse} + 2.N_{QPl\ courant} = 75,95 \text{ KN.}$$

$$N_S = 7,86 \text{ KN.}$$

L'effort est donné par le max des deux combinaisons suivantes :

$$N_1 = 1,35.N_G + 1,35.(N_Q + N_S) = 634,27 \text{ KN.}$$

$$N_2 = 1,35.N_G + 1,5 \max(N_Q; N_S) = 635,05 \text{ KN.}$$

$$N_{\max} = 635,05 \text{ KN.}$$

$N_{\max}$  doit vérifier la condition suivante :

$$N_{\max} \text{ cm}^2.$$

On prend **HEA 140** avec  $A = 31,4 \text{ cm}^2$ .

- **Poteau Niveau 1**

Dans ce cas l'effort repris par le Poteau est :

$$N_G = N_{Gterasse} + 3.N_{GPl\ courant} + 2P_{P\ HEA\ 100} + P_{P\ HEA\ 140} = 515,71 \text{ KN.}$$

$$N_Q = N_{Qterasse} + 3.N_{QPl\ courant} = 119,35 \text{ KN.}$$

$$N_S = 7,86 \text{ KN.}$$

L'effort est donné par le max des deux combinaisons suivantes :

$$N_1 = 1,35.N_G + 1,35.(N_Q + N_S) = 867,94 \text{ KN.}$$

$$N_2 = 1,35.N_G + 1,5 \max(N_Q; N_S) = 875,23 \text{ KN.}$$

$N_{MAX}=875,23KN.$

$N_{max}$  doit vérifier la condition suivante :

$N_{max} cm^2.$

On prend **HEA 180** avec  $A= 45,3cm^2.$

• **Poteau Niveau RDC**

Dans ce cas l'effort repris par le Poteau est :

$N_G= N_{Gterasse}+4.N_{GPl\ courant}+2P_{PHEA\ 100}+P_{PHEA\ 140}+ P_{PHEA\ 180}=645,5KN.$

$N_Q= N_{Qterasse}+4. N_{QPl\ courant}=151,9KN.$

$N_S=7.86KN.$

L'effort est donné par le max des deux combinaisons suivantes :

$N_1=1,35.N_G+1,35.(N_Q+N_S) =1078,03KN.$

$N_2=1,35.N_G+1,5.\max (N_Q ; NS)=1099,27KN.$

$N_{MAX}=1099,27KN.$

$N_{max}$  doit vérifier la condition suivante :

$N_{max} cm^2.$

On prend **HEA 200** avec  $A= 53,8cm^2.$

**III.3.3. Vérification au flambement**

**-Classe de la section**

**III.3.4. Vérification de la semelle (comprimée)**

➤ Vérification de l'âme

Donc la section est de classe 1

**-Calcul de l'élancement réduit**

(Poteauencastré articulé).

Donc, il y a lieu de tenir compte du risque de flambement autour des deux sens Z-Zet Y-Y

]

Le choix de la courbe de flambement se fait par :

**[EC3; Tab 7; Tab 8]**

Il faut que :

La condition n'est pas vérifiée donc on augmente la section du profile, on prend un **HEA 220** comme un poteau de **RDC**

Donc, il ya lieu de tenir compte du risque de flambement autour des deux sens Z-Zet Y-Y

Le choix de la courbe de flambement se fait par :

[EC3; Tab 7; Tab 8]

Il faut que :

- **Récapitulation des sections adoptée aux différents étages**

**Tableau 9** : récapitulation des sections adopté pour la modelisation

<b>Section</b>	<b>poteau</b>	<b>sommier</b>	<b>Poutre secondaire</b>	<b>solive</b>
<b>RDC</b>	HEA220	IPE200	IPE180	IPE140
<b>Niveau1</b>	HEA220	IPE200	IPE180	IPE140
<b>Niveau2</b>	HEA220	IPE200	IPE180	IPE140
<b>Niveau3</b>	HEA220	IPE200	IPE180	IPE140
<b>Niveau4</b>	HEA220	IPE200	IPE180	IPE140
<b>Profile adopté pour la modélisation</b>	HEA220	IPE200	IPE180	IPE140

## I. Introduction :

Les actions sismiques sur un bâtiment sont des actions dynamiques complexes, elles se manifestent par des mouvements essentiellement horizontaux imposés aux fondations, les constructions, résistent à ces mouvements par des forces d'inertie dues à leur masse qui s'opposent aux mouvements, ce qui entraîne bien entendu des efforts dans les structures.

Le but de l'étude sismique est la détermination des efforts induits et leur distribution dans le système de stabilité.

### ➤ Forces sismiques conformément au RPA 99 versions 2003

- Classification de la construction : groupe 1B ouvrage courant d'importance moyen (bâtiment d'habitation collective ou à usage de bureaux dont la hauteur ne dépasse pas 48m).
- Classification de la zone sismique : situation géographique zone industrielle MECHTA FATIMA BORDJ BOU AARRERIDJ (zone II<sub>a</sub>.)
- Classification de la zone : **catégorie S2** site ferme

## II. Présentation du logiciel ROBOT :

Le Robot, un des produits de ROBOT.BAT, est un logiciel de calcul et d'optimisation des structures, il se base sur la méthode d'analyse par éléments finis pour étudier les structures planes et spatiales de type treillis, portique adaptés au construction en acier, en bois, en béton armé ou mixte, il comprend des modules de dimensionnement, de vérification, d'assemblage, et de ferrailage suivant les différentes normes nationales existantes.

## III. Modélisation :

Le logiciel permet d'effectuer les étapes de modélisation (définition de la géométrie, conditions aux limites, chargements des structures, etc.) de façon totalement graphique, numérique ou combinée, en utilisant les innombrables outils disponibles.

### III.1. Analyse de la structure :

#### III.1.1. Type d'analyse :

L'analyse élastique globale, peut être statique ou dynamique, selon la satisfaction des conditions posées par les règlements en vigueur, sur les cas de chargement.

#### ➤ Les chargements statiques :

- Poids propre de la structure.
- Les effets dus aux actions climatiques.

#### ➤ Les chargements dynamiques :

- Les effets sismiques.

### III.2 Méthodes de calcul :

La détermination de la réponse de la structure et son dimensionnement peuvent se faire par trois méthodes de calcul, dont le choix est fonction à la fois du type de structure et de la nature de l'excitation dynamique. Il s'agit donc de s'orienter vers l'une ou l'autre des méthodes suivantes :

- Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes.
- Méthode d'analyse modale spectrale.
- Méthode statique équivalente.

#### III.2.1 La méthode statique équivalente :

La méthode de calcul la plus employée pour le calcul dynamique des structures, est celle basé sur l'utilisation des spectres de réponse. Mais comme le " RPA 99 V 2003 " préconise que le l'effort tranchant dynamique soit supérieur à 80% de l'effort tranchant statique, donc on calcul l'effort tranchant statique par la méthode statique équivalente.

##### a) Principe de la méthode :

Les forces réelles dynamiques qui se développent dans la construction sont remplacées par un système de forces statiques fictives dont les efforts sont considérés équivalents à ceux de l'action sismique.

##### b) Calcul de la force sismique totale :

D'après l'art 4.2.3 de RPA 99/version 2003, la force sismique totale  $V$  qui s'applique à la base de la structure, doit être calculée successivement dans deux directions horizontales orthogonales selon la formule :

$V =$

$A$  : coefficient d'accélération de zone, donné par le tableau (4.1) de RPA 99/version 2003 en fonction de la zone sismique et du groupe d'usage du bâtiment Dans notre cas, on est dans la Zone II et un Groupe d'usage 2

Nous trouverons :  $A = 0.15$

$D$ : est un facteur d'amplification dynamique moyen qui est fonction de la catégorie de site du facteur de d'amortissement ( $\gamma$ ) et de la période fondamentale de la structure ( $T$ ).

Avec :

$T_1, T_2$ : période caractéristique associée à la catégorie du site et donnée par le tableau 4.7 du [RPA99/ version 2003], site (S2) :

$\gamma$ ) : Facteur de correction d'amortissement donnée par la formule :

Où ( $\gamma$ ) est le pourcentage d'amortissement critique fonction du matériau constitutif, du type de structure et de l'importance des remplissages.

Est donnée par le tableau 4.2 du RPA99 V 2003

Nous avons une structure en portiques, Donc  $\gamma = 5\%$

D'où :  $\gamma = 1 > 0.7$

$\gamma = 1$

**c) Estimation de la période fondamentale :**

La valeur de la période fondamentale (T) de la structure peut être estimée à partir de formules empiriques ou calculée par des méthodes analytiques ou numériques.

La formule empirique à utiliser est donnée par le **RPA 99/version 2003 par la formule (4.6)**

$$T = C_T h_N^{3/4}$$

Avec :

$h_N$  : hauteur mesurée en mètres à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau :

$$h_N = 15 \text{ m}$$

$C_T$  : est un coefficient qui est fonction du système de contreventement, du type de remplissage et est donné par le **tableau 4.6 du RPA 99/version 2003**.

Portiques auto stables en acier sans remplissage en maçonnerie, d'où  $C_T = 0.085$

$$\text{Donc : } T = C_T h_N^{3/4} = 0.085 \times 15^{(3/4)} = 0,65s$$

Donc notre cas on a :

Donc la valeur du facteur d'amplification dynamique moyen est égale :

$$D = D = 1.8$$

**R** : coefficient de comportement global de la structure, Sa valeur est donnée par le **tableau 4.3 de RPA 99/ version 2003**, en fonction du système de contreventement.

Notre structure est contreventée par palée triangulée en V inverser .et un palée Triangulée en X.

D'après le RPA 99 version 2003, En cas d'utilisation de système de contreventement différents dans les deux directions considérées il y'a lieu d'adopter pour le coefficient R la valeur la plus petite.

**Q** : facteur de qualité de la structure, fonction de la redondance, géométrie, régularité en plan en élévation et la qualité de contrôle de la constricton.

La valeur est déterminé par la formule :  $Q = 1 + \sum P_a$ .

**Tableau 10 : valeurs de Pénalité**

Critère	Pqx	Pqy
1. Conditions minimales sur les files	0	0.05
2. Redondance en plan	0,05	0
3. Régularité en plan	0	0
4. Régularité en élévation	0	0
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0	0
6. Contrôle de la qualité de l'exécution	0.1	0.1
	<b>Qx = 1.15</b>	<b>Qy = 1.15</b>

$$Q = 1.15$$

Poids total de la structure.

---

Poids dû aux charges permanentes et à celle des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure.

Charges d'exploitation.

Coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation, il est donné par le tableau (4-5 RPA99). Bâtiment d'habitation bureaux ou assimilés.

D'après le logiciel ROBOT, les valeurs de  $W_{Gi}$  et  $W_{Qi}$  sont :

$$W_{Gi} = 8939.19 \text{Kn}$$

$$W_{Qi} = 2102.47 \text{Kn}$$

$$W_i = 8939,19 + 0.2 * 2102,47 = 9359,68 \text{ Kn}$$

$$V_x =$$

$$\text{KN}$$

$$V_y =$$

$$\text{KN}$$

### **III.2.2 La méthode modale spectrale :**

#### **a) Principe de la méthode spectrale :**

Par cette méthode, il est recherché pour chaque mode de vibration, le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse de calcul. Ces effets sont par la suite combinés pour obtenir la réponse de la structure.

#### **b) Spectre de repense de calcul :**

L'action sismique est représentée par le spectre de calcul **RPA 99 V2003** :

Avec :

Les coefficients  $A$ ,  $R$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $Q$  (déjà déterminés plus haut) .

#### **c) Schématisation du spectre de réponse suivant X et Y :**

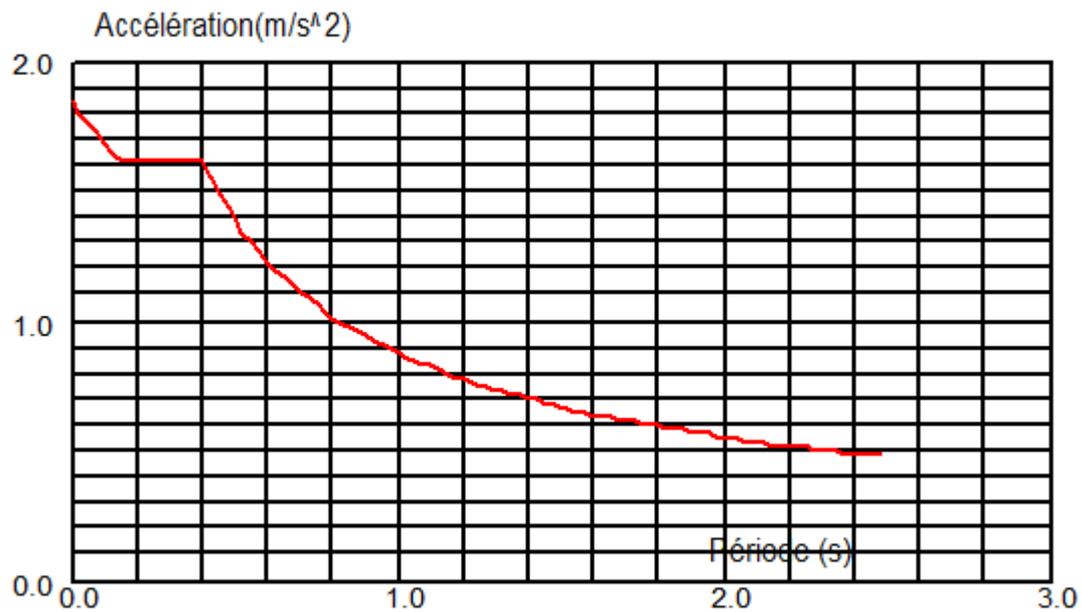


Figure 25 : Schéma du spectre de réponse suivant X.

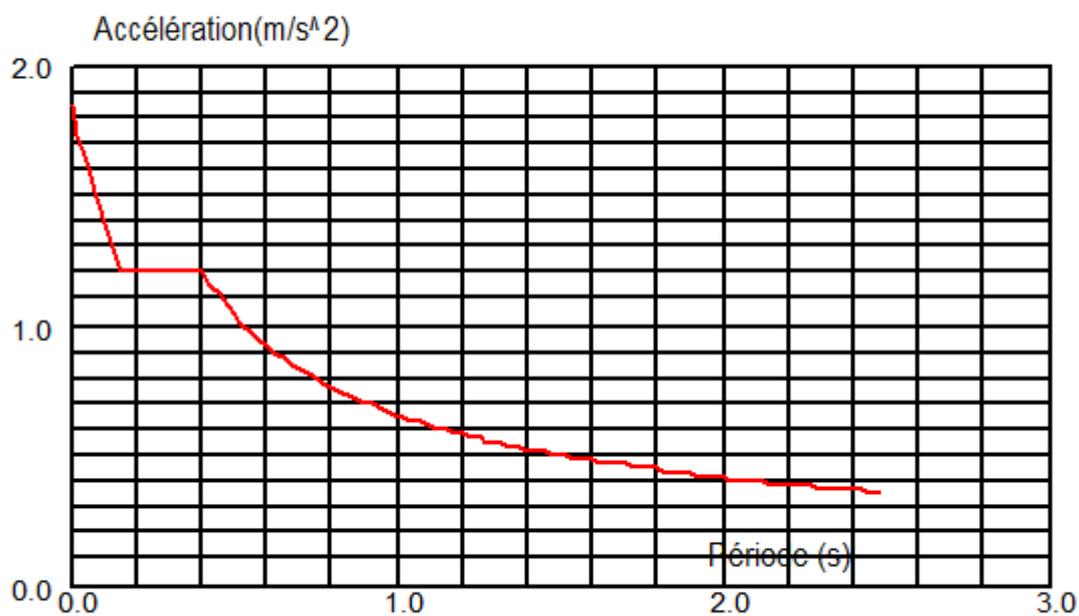


Figure 26 Schéma du spectre de réponse suivant Y.

**d) Nombre de modes de vibrations à considérer :**

Le nombre de modes de vibration à retenir doit être tel que :

- La somme des masses modales effectives pour les modes retenus soit égale à 90 % au moins de la masse totale de la structure.

- Ou que tous les modes ayant une masse modale effective supérieure à 5% de la masse totale de la structure soient retenus pour la détermination de la réponse totale de la structure.  
Le minimum de modes à retenir est de trois (03) dans chaque direction considérée.

**e) Résultat de calcul :**

- **Pourcentage de participation de masse :**

**Tableau 11 : Pourcentage de participation de masse.**

	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]	Tot.mas.UX [kg]	Tot.mas.UY [kg]	Tot.mas.UZ [kg]
MAX	13,80	0,59	99,85	98,02	-1,#J	77,77	75,78	-1,#J	833399,11	833399,11	0,0
Cas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mode	10	1	10	10	1	1	2	1	1	1	1
MIN	1,70	0,07	77,77	0,00	-1,#J	0,00	0,00	-1,#J	833399,11	833399,11	0,0
Cas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mode	1	10	1	1	1	5	4	1	1	1	1

Le pourcentage de participation de masse est supérieure à 90% suivant les deux directions, donc les 10 modes de vibrations sont suffisants, pour mieux représenter le comportement de la structure.

Dans les trois premiers modes on a :

- Translation suivant (Y) pour le premier mode.
- Translation suivant (X) pour le deuxième mode.
- Rotation pour le troisième mode.

- **Les réponses modales de la structure :**

La déformation de la structure suivant les modes de vibration les plus prépondérants est illustrés par les figures suivantes :

**Mode 1 :** Translation suivant X-X, période T = 0.59s, taux de participation de la masse 77,77%

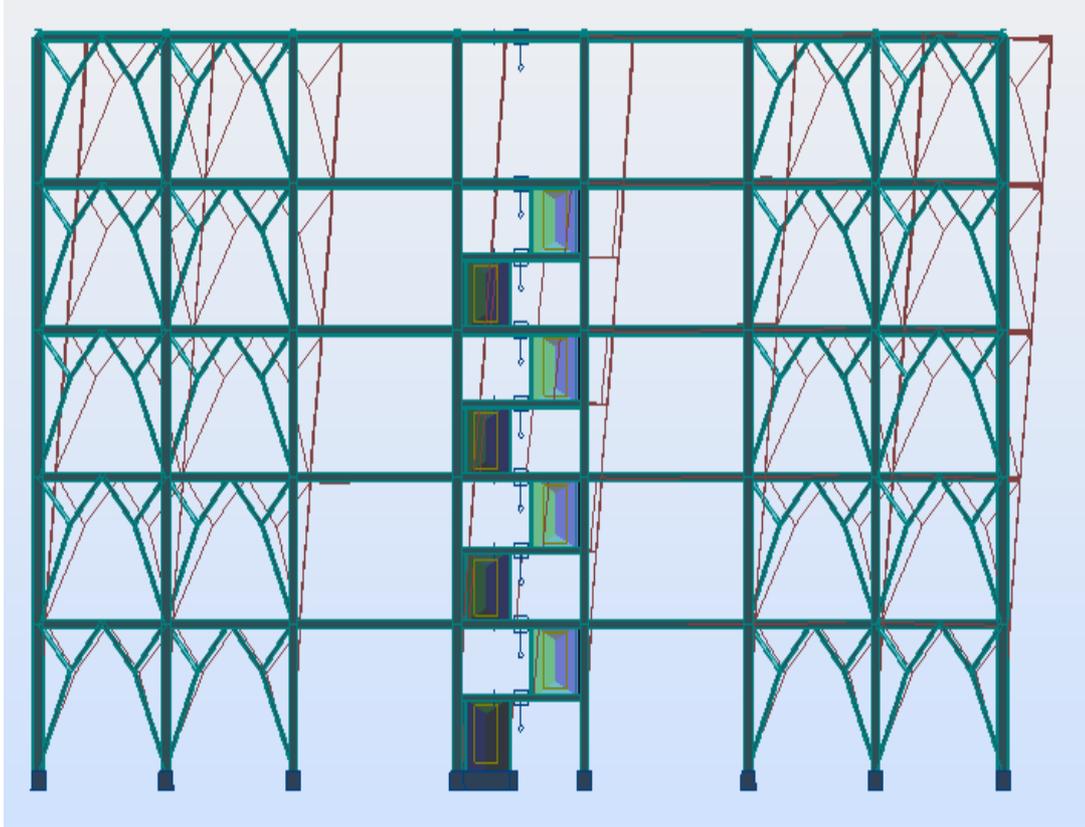


Figure 27 : Mode de déformation (01).

**Mode 2** : Translation suivant Y-Y, période  $T = 0.55$  s , taux de participation de la masse 75,78%

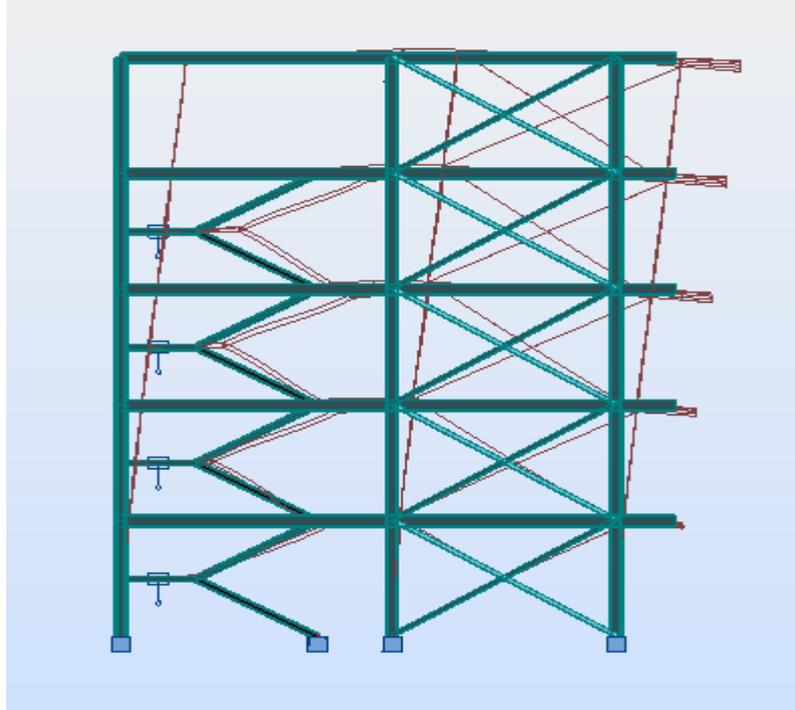


Figure 28 : Mode de déformation (2).

**Mode 3** : Rotation autour de Z-Z, période  $T = 0.38s$ .

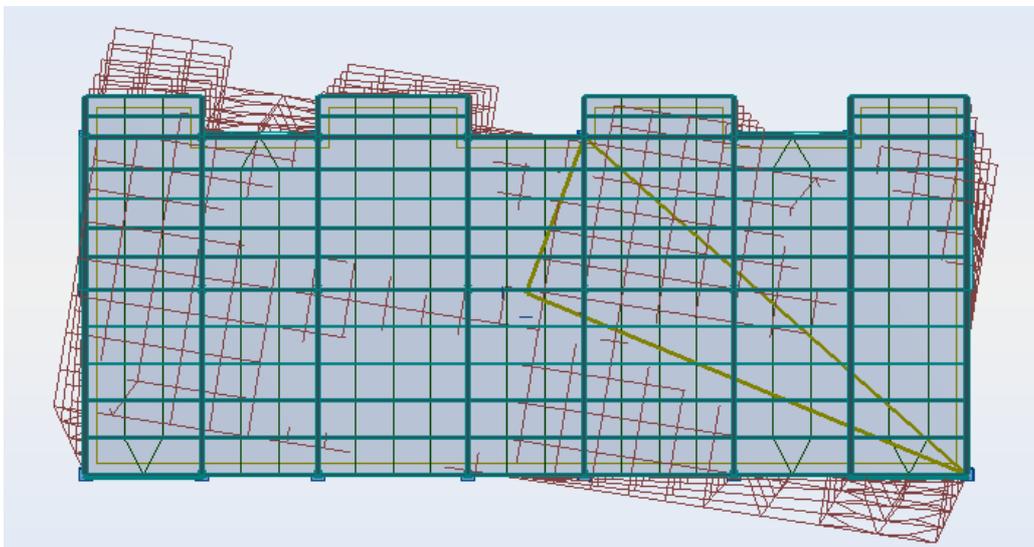


Figure 29 : Mode de déformation (3).

### III.3. Analyse des résultats :

Il y a lieu de constater que la structure présente des translations suivant les deux directions horizontales et une rotation autour de l'axe verticale.

#### III.3.1 Les combinaisons de calcul :

**Notation :**

G : Poids propre.

Q : Charge d'exploitation.

S : Action de la neige.

E : Action sismique.

Les combinaisons de calcul adoptées selon les règlements en vigueur sont données dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Combinaisons de calcul.

Combinaisons à l'Etat limite ultime	Combinaisons à l'Etat limite de service	Combinaisons Accidentelles
1.35G + 1.5Q 1.35(G + Q + S)	G + Q G + S G+0,9(Q+S)	G + Q + E <sub>x</sub> G + Q - E <sub>x</sub> G + Q - E <sub>y</sub> G + Q + E <sub>y</sub> G + Q + 1.2E <sub>x</sub> G + Q + 1.2E <sub>y</sub> G + Q -1.2 E <sub>x</sub> G + Q -1.2 E <sub>y</sub>

### III.3.2 Résultantes des forces sismiques de calcul :

Selon l'article 4.3.6 du RPA99 V2003, la résultante des forces sismiques à la base  $V_t$  obtenue par combinaison des valeurs modales doit être supérieure à 80% de la résultante des forces sismiques déterminée par la méthode statique équivalente

Tableau 13 : Vérification de l'effort tranchant à la base.

Forces sismiques	V statique(KN)	0.8Vstatique (KN)	V dynamique (KN)	Observation
Sens xx		774 ,94	787,56	Vérifiée
Sens yy		774,94	787,56	Vérifiée

L'effort tranchant dynamique est supérieur à 80% de l'effort tranchant statique dans les deux sens. Il n'y a pas lieu d'augmenter tous les paramètres de la réponse (forces, déplacement, moments,...)

### III.4. Vérification des déplacements :

#### ➤ situation accidentelle :

Le D.T.R RPA99 V2003 précise que le déplacement horizontal est calculé sous les forces sismique seul (art 4.4.3) et préconise de limiter les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacent à 1% de la hauteur d'étage (art 5.10).

Le déplacement horizontal à chaque niveau k de la structure est calculé comme suit

$$\delta_k = R \delta_{eK}$$

$\delta$  : Déplacement dû aux forces sismiques.

**R** : coefficient de comportement  $R_y=3$  et  $R_x= 3$

**U<sub>x</sub>** = 1.8 cm < 3cm

**U<sub>y</sub>** = 1.3 cm < 3cm

D'où le déplacement global est vérifié.

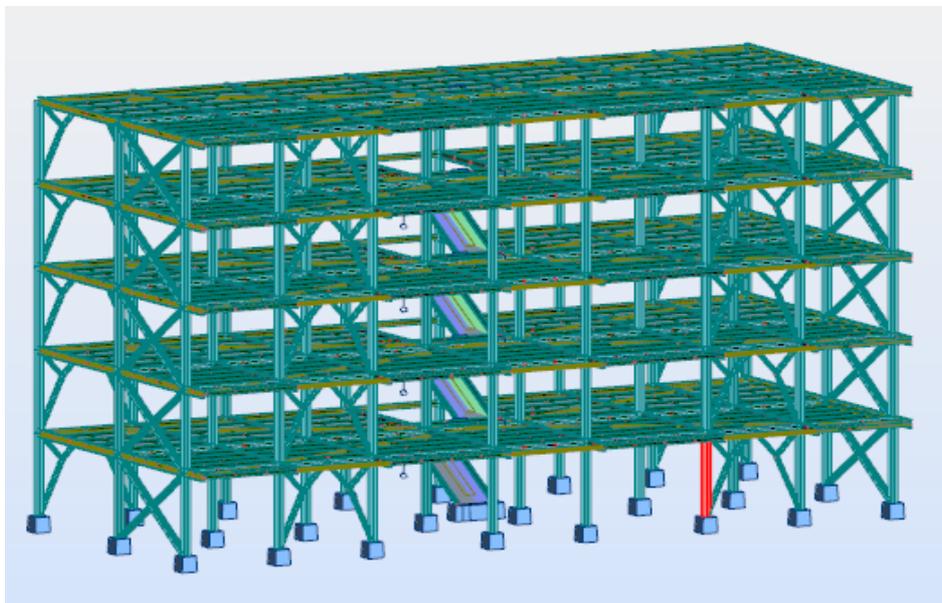
**I. Introduction :**

L'étude de portique nécessite au préalable l'évaluation de toute les charges (permanentes, d'exploitation, sismique, et climatique variable), les sollicitations obtenus servent à la vérification des éléments de portique (poteaux, poutres), elles servent également au calcul des assemblages ainsi qu'à celui de l'infrastructure.

**II.Vérification des ossatures**

**II.1. Vérification des poteaux :**

Il s'agit de vérifier les poteaux les plus sollicités sous les combinaisons les plus défavorables.



**Figure 30 :** Illustration du poteau le plus sollicité.

Les efforts interne de poteau le plus sollicité son retiré par logicielle ROBOT, donnée dans le tableau ci-dessus :

**Tableau 14 :** Sollicitation dans le poteau deuxième étage.

	396.315	-2.62	5.37	1.99	2.33

- **Classe de la section HEA300 :**
  
- **Classe de la semelle**
  
- **Classe de l'âme**

Donc la section est de classe 1

### **II.1.1 Vérification à l'effort tranchant**

Suivant  $y-y'$

Suivant  $z-z'$

### **II.1.2 Vérification à l'effort normal**

Il faut vérifier la condition suivante :

### **II.1.3 Vérification des moments**

Suivant  $y-y'$

Suivant  $z-z'$  :

### **II.1.4 Vérification aux instabilités**

- **Vérification au flambement**
  - Calcul de :

avec  $f_y = 235 \text{ MPa}$

- La courbe de flambement

**II.1.5. Vérification selon logiciel ROBOT**

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
45 Poteau HEA_	<input checked="" type="checkbox"/> HEA 240	ACIER E24	20.89	34.98	0.54	13 G+Q+1.2EY

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME :** EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE :** Vérification des pièces

**FAMILLE :**

**PIECE :** 45 Poteau HEA\_45      **POINT :** 1      **COORDONNEE :** x = 0.00 L = 0.00 m

**CHARGEMENTS :**

Cas de charge décisif : 13 G+Q+1.2EY (1+2)\*1.00+6\*1.20

**MATERIAU :**

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



**PARAMETRES DE LA SECTION : HEA 240**

h=23.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00		
b=24.0 cm	Ay=64.54 cm <sup>2</sup>	Az=25.18 cm <sup>2</sup>	Ax=76.84 cm <sup>2</sup>	
tw=0.8 cm	Iy=7763.18 cm <sup>4</sup>	Iz=2768.81 cm <sup>4</sup>	Ix=38.20 cm <sup>4</sup>	
tf=1.2 cm	Wply=744.68 cm <sup>3</sup>	Wplz=351.70 cm <sup>3</sup>		

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :**

N,Ed = 822.50 kN	My,Ed = -13.68 kN*m	Mz,Ed = 1.68 kN*m	Vy,Ed = 1.67 kN
Nc,Rd = 1805.64 kN	My,pl,Rd = 175.00 kN*m	Mz,pl,Rd = 82.65 kN*m	Vy,T,Rd = 875.60 kN
Nb,Rd = 1646.32 kN	My,c,Rd = 175.00 kN*m	Mz,c,Rd = 82.65 kN*m	Vz,Ed = 6.13 kN
My,N,Rd = 108.92 kN*m	Mz,N,Rd = 76.46 kN*m	Vz,T,Rd = 341.58 kN	
Tt,Ed = 0.00 kN*m			

Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :**

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**

en y :		en z :	
Ly = 3.00 m	Lam_y = 0.22	Lz = 3.00 m	Lam_z = 0.37
Lcr,y = 2.10 m	Xy = 0.99	Lcr,z = 2.10 m	Xz = 0.91
Lamy = 20.89	kzy = 0.41	Lamz = 34.98	kzz = 0.42

**FORMULES DE VERIFICATION :**

Contrôle de la résistance de la section :

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.46 < 1.00$  (6.2.4.(1))

$(M_{y,Ed}/M_{y,N,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{z,N,Rd})^2 = 0.02 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)

$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00$  (6.2.6-7)

$\tau_{xy,Ed}/(\sigma_{fy}/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

$\tau_{xz,Ed}/(\sigma_{fy}/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

**Contrôle de la stabilité globale de la barre :**

$\lambda_{y} = 20.89 < \lambda_{max} = 210.00$        $\lambda_{z} = 34.98 < \lambda_{max} = 210.00$       STABLE

$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.53 < 1.00$  (6.3.3.(4))

$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.54 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches**

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/300.00 = 1.0 \text{ cm}$

Vérifié

**Cas de charge décisif :** 7 ELS (1+2)\*1.00

$u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/300.00 = 1.0 \text{ cm}$

Vérifié

**Cas de charge décisif :** 7 ELS (1+2)\*1.00



**Déplacements**

$v_x = 0.0 \text{ cm} < v_{x \text{ max}} = L/150.00 = 2.0 \text{ cm}$

Vérifié

**Cas de charge décisif :** 7 ELS (1+2)\*1.00

$v_y = 0.0 \text{ cm} < v_{y \text{ max}} = L/150.00 = 2.0 \text{ cm}$

Vérifié

**Cas de charge décisif :** 7 ELS (1+2)\*1.00

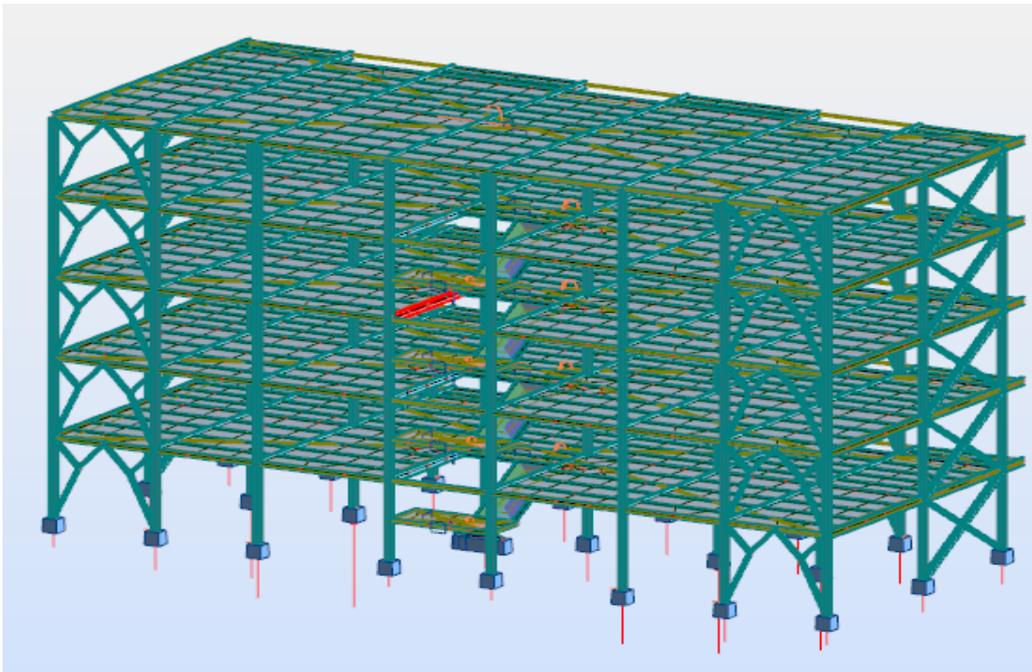
**Profil correct !!!**

**Conclusion :**

Dans le calcul et dans le modèle robot on a opter pour un **HEA240** qui vérifie les calculs,

**II.2. Vérification des Poutres :**

**II.2.1. Poutre principale IPE300 :**



**Figure 31 :** Illustration de la poutre principale la plus sollicitée.

Les efforts interne de poutre la plus sollicité son retiré par logicielle ROBOT, donnée dans le tableau ci-dessus :

Tableau 15 : Sollicitation dans la poutre principale.

	-63.86	17.29

- Classe de la section
- Classe de la semelle (comprimée)
- Classe de l'âme

Donc la section est de classe 1

II.2.1.1 Vérification a l'effort tranchant

II.2.1.2Vérification du moment fléchissant

II.2.1.3 Vérification selon logiciel ROBOT

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
381 Poutre PRIN	 IPE 300	ACIER E24	45.74	170.17	0.85	13 G+Q+1.2EY

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME : EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYPE D'ANALYSE :Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE :381 Poutre PRIN\_381 POINT :3

COORDONNEE : x = 1.00 L = 5.70 m

CHARGEMENTS :

Cas de charge décisif :13 G+Q+1.2EY (1+2)\*1.00+6\*1.20

MATERIAU :

ACIER E24 fy = 235.00 MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION : IPE 300**

h=30.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=15.0 cm	Ay=36.16 cm <sup>2</sup>	Az=25.68 cm <sup>2</sup>	Ax=53.81 cm <sup>2</sup>
tw=0.7 cm	Iy=8356.11 cm <sup>4</sup>	Iz=603.78 cm <sup>4</sup>	Ix=19.47 cm <sup>4</sup>
tf=1.1 cm	Wply=628.40 cm <sup>3</sup>	Wplz=125.22 cm <sup>3</sup>	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :**

N,Ed = 0.00 kN	My,Ed = -63.86 kN*m	Mz,Ed = -0.00 kN*m	Vy,Ed = 0.00 kN
Nc,Rd = 1264.58 kN	My,pl,Rd = 147.67 kN*m	Mz,pl,Rd = 29.43 kN*m	Vy,T,Rd = 489.89 kN
Nb,Rd = 315.11 kN	My,c,Rd = 147.67 kN*m	Mz,c,Rd = 29.43 kN*m	Vz,Ed = 17.29 kN
My,N,Rd = 147.67 kN*m	Mz,N,Rd = 29.43 kN*m	Vz,T,Rd = 348.10 kN	
Mb,Rd = 75.28 kN*m	Tt,Ed = 0.01 kN*m		

Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :**

z = 1.00	Mcr = 82.41 kN*m	Courbe,LT - b	XLT = 0.50
Lcr,low=5.70 m	Lam_LT = 1.34	fi,LT = 1.33	XLT,mod = 0.51

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**

en y :	en z :		
Ly = 5.70 m	Lam_y = 0.49	Lz = 5.70 m	Lam_z = 1.81
Lcr,y = 5.70 m	Xy = 0.93	Lcr,z = 5.70 m	Xz = 0.25
Lamy = 45.74	ky = 1.00	Lamz = 170.17	kyz = 1.18

**FORMULES DE VERIFICATION :**

**Contrôle de la résistance de la section :**

$N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(My,Ed/My,N,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/Mz,N,Rd)^{1.00} = 0.19 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.05 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $Tau,ty,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $Tau,tz,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

**Contrôle de la stabilité globale de la barre :**

$Lambda,y = 45.74 < Lambda,max = 210.00$        $Lambda,z = 170.17 < Lambda,max = 210.00$       STABLE  
 $My,Ed/Mb,Rd = 0.85 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))  
 $N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.85 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.44 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches**

uy = 0.0 cm < uy max = L/250.00 = 2.3 cm	Vérfié
<b>Cas de charge décisif :</b> 7 ELS (1+2)*1.00	
uz = 0.1 cm < uz max = L/250.00 = 2.3 cm	Vérfié
<b>Cas de charge décisif :</b> 7 ELS (1+2)*1.00	



**Déplacements** Non analysé

**Profil correct !!!**

**Conclusion**

L'IPE300 convient pour les deux vérifications manuelles et avec le logiciel **ROBOT**

II.2.2. poutres secondaires IPE200 :

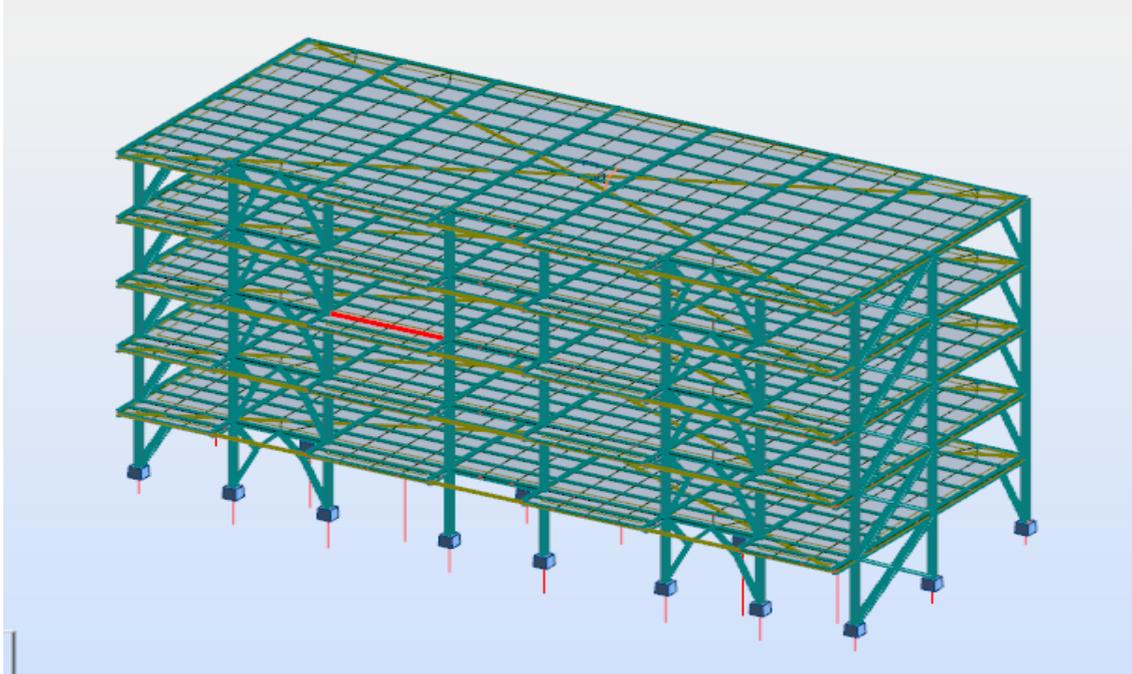


Figure 32 : Illustration de la poutre secondaire la plus sollicitée.

Les efforts interne de poutre la plus sollicitée son retiré par logicielle ROBOT, donnée dans le tableau ci-dessus :

Tableau 16 : Sollicitation dans la poutre secondaire.

			N (KN)
	-17.07	-16.50	0

- Classe de la section
- Classe de la semelle (comprimée)
- Classe de l'âme

Donc la section est de classe 1

II.2.2.1. Vérification a l'effort tranchant

II.2.2.2Vérification du moment fléchissant

II.2.3 Vérification selon logiciel ROBOT

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
426 Poutre SEC	 IPE 200	ACIER E24	54.48	201.28	0.66	12 G+Q+1.2EX

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME :** EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE :** Vérification des pièces

**FAMILLE :**

**PIECE :** 426 Poutre SECONDAIR\_426  
= 1.00 L = 4.50 m

**POINT :** 3 **COORDONNEE :** x

**CHARGEMENTS :**

Cas de charge décisif : 12 G+Q+1.2EX (1+2)\*1.00+4\*1.20

**MATERIAU :**

ACIER E24 fy = 235.00 MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION : IPE 200**

h=20.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=10.0 cm	Ay=19.58 cm <sup>2</sup>	Az=14.00 cm <sup>2</sup>	Ax=28.48 cm <sup>2</sup>
tw=0.6 cm	Iy=1943.17 cm <sup>4</sup>	Iz=142.37 cm <sup>4</sup>	Ix=6.46 cm <sup>4</sup>
tf=0.9 cm	Wply=220.66 cm <sup>3</sup>	Wplz=44.61 cm <sup>3</sup>	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :**

N <sub>Ed</sub> = -0.00 kN	My <sub>Ed</sub> = -17.07 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = -0.00 kN
Nt <sub>Rd</sub> = 669.38 kN	My <sub>pl,Rd</sub> = 51.85 kN*m	Mz <sub>pl,Rd</sub> = 10.48 kN*m	Vy <sub>T,Rd</sub> = 265.52 kN
My <sub>c,Rd</sub> = 51.85 kN*m	Mz <sub>c,Rd</sub> = 10.48 kN*m	Vz <sub>Ed</sub> = -16.50 kN	
My <sub>N,Rd</sub> = 51.85 kN*m	Mz <sub>N,Rd</sub> = 10.48 kN*m	Vz <sub>T,Rd</sub> = 189.88 kN	
Mb <sub>Rd</sub> = 25.95 kN*m		Tt <sub>Ed</sub> = -0.00 kN*m	
Classe de la section = 1			



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :**

z = 1.00	Mcr = 28.22 kN*m	Courbe,LT - b	XLT = 0.49
Lcr,low=4.50 m	Lam_LT = 1.36	fi,LT = 1.35	XLT,mod = 0.50

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**

en y : en z :

**FORMULES DE VERIFICATION :**

**Contrôle de la résistance de la section :**

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{y,N,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{z,N,Rd})^{1.00} = 0.11 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.09 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{y,Ed}/(\sigma_{y,Ed}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{z,Ed}/(\sigma_{z,Ed}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

**Contrôle de la stabilité globale de la barre :**

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.66 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

**DEPLACEMENTS LIMITES**



*Flèches*

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/250.00 = 1.8 \text{ cm}$

Vérifié

*Cas de charge décisif* : 7 ELS (1+2)\*1.00

$u_z = 0.2 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/250.00 = 1.8 \text{ cm}$

Vérifié

*Cas de charge décisif* : 7 ELS (1+2)\*1.00



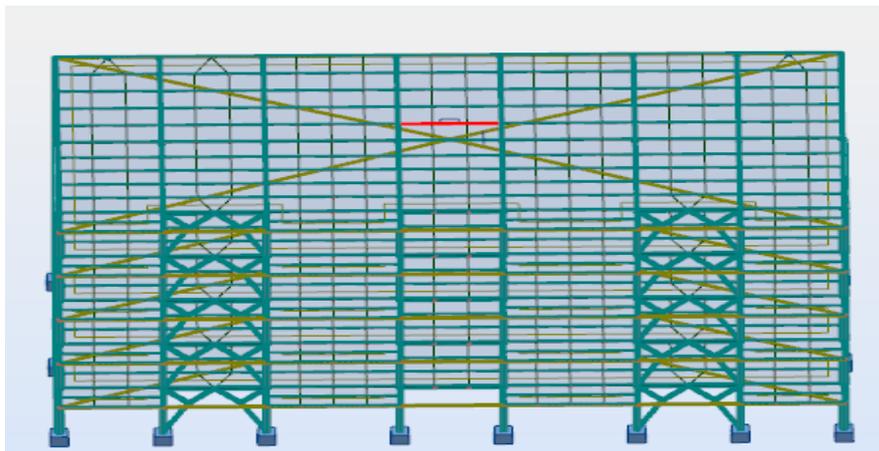
*Déplacements Non analysé*

**Profil correct !!!**

**Conclusion :**

L'**IPE200** convient pour les deux vérifications manuelles et avec le logiciel **ROBOT**

**II.2.3. Les solives IPE140 :**



**Figure 33 :** Illustration des solives la plus sollicité.

Les efforts interne de poutre la plus sollicité son retiré par logicielle ROBOT, donnée dans le tableau ci-dessus :

**Tableau 17 :** Sollicitation dans les solives.

	-5.52	4.62

- **Classe de la section**
- **Classe de la semelle (comprimée)**

- Classe de l'âme

Donc la section est de classe 1

**II.2.3.1 Vérification à l'effort tranchant**

**II.2.3.2 Vérification du moment fléchissant**

**II.2.3.2. Vérification selon logiciel ROBOT**

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
855 SOLIVE	IPK IPE 140	ACIER E24	60.97	211.65	0.49	5 ELU

**CALCUL DES STRUCTURES ACIER**

**NORME :** EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE :** Vérification des pièces

**FAMILLE :**

**PIECE :** 855 SOLIVEEEEEEE\_855 **POINT :** 1

**COORDONNEE :** x = 0.67 L = 2.33 m

**CHARGEMENTS :**

Cas de charge décisif: 5 ELU 1\*1.35+2\*1.50

**MATERIAU :**

ACIER E24 fy = 235.00 MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION : IPE 140**

h=14.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=7.3 cm	Ay=11.15 cm <sup>2</sup>	Az=7.64 cm <sup>2</sup>	Ax=16.43 cm <sup>2</sup>
tw=0.5 cm	Iy=541.22 cm <sup>4</sup>	Iz=44.92 cm <sup>4</sup>	Ix=2.54 cm <sup>4</sup>
tf=0.7 cm	Wply=88.35 cm <sup>3</sup>	Wplz=19.25 cm <sup>3</sup>	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :**

N <sub>Ed</sub> = 0.00 kN	My <sub>Ed</sub> = -5.52 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = -0.00 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = -0.00 kN
Nc,Rd = 386.01 kN	My,pl,Rd = 20.76 kN*m	Mz,pl,Rd = 4.52 kN*m	Vy,T,Rd = 151.07 kN
Nb,Rd = 65.21 kN	My,c,Rd = 20.76 kN*m	Mz,c,Rd = 4.52 kN*m	Vz,Ed = 4.62 kN
My,N,Rd = 20.76 kN*m	Mz,N,Rd = 4.52 kN*m	Vz,T,Rd = 103.57 kN	
Mb,Rd = 11.32 kN*m	Tt,Ed = 0.00 kN*m		

Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :**

z = 1.00	Mcr = 12.73 kN*m	Courbe,LT - b	XLT = 0.54
Lcr,low=3.50 m	Lam_LT = 1.28	fi,LT = 1.26	XLT,mod = 0.54

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**

en y :	en z :		
Ly = 3.50 m	Lam_y = 0.65	Lz = 3.50 m	Lam_z = 2.25
Lcr,y = 3.50 m	Xy = 0.87	Lcr,z = 3.50 m	Xz = 0.17
Lamy = 60.97	ky = 1.00	Lamz = 211.65	kyz = 0.78

**FORMULES DE VERIFICATION :**

**Contrôle de la résistance de la section :**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(M_{y,Ed}/M_{y,N,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{z,N,Rd}) = 0.07 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

**Contrôle de la stabilité globale de la barre :**

$\lambda_{y} = 60.97 < \lambda_{max} = 210.00$        $\lambda_{z} = 211.65 > \lambda_{max} = 210.00$     **INSTABLE**  
 $M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.49 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))  
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.49 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.26 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches**

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/250.00 = 1.4 \text{ cm}$       Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 7 ELS (1+2)\*1.00  
 $u_z = 0.2 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/250.00 = 1.4 \text{ cm}$       Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 7 ELS (1+2)\*1.00



**Déplacements** Non analysé

**Profil correct !!!**

**Conclusion :**

L'**IPE140** convient pour les deux vérifications manuelles et avec le logiciel **ROBOT**

**II.3. Vérification du système de contreventement :**

**II.3.1. Introduction :**

Les stabilités ont pour fonctions principales de reprendre et transmettre aux fondations les efforts dus aux forces horizontales sollicitant un ouvrage. L'importance des stabilités est très grande, elles représentent le facteur principal de la sécurité d'un ouvrage dans le sens longitudinale et le sens transversal.

• **Les palées de stabilités :**

Les type des palliées utilisées dans cette étude sont triangulées en V inverse sont autorisés par le règlement parasismique algérien RPA99/version2003.

**II.3.2. Palée triangulées en V inverse :**

Les palées en V inversé sont des cornières en 2CAE 100\*10  
 Dans ce type de palée, le point d'intersection des diagonales se trouve sur la barre horizontale. la résistance à l'action sismique est fournie par la participation conjointe des barres tendue et des barres comprimées.  
 Le comportement dissipatif global de ce type de palée est de moindre efficacité.

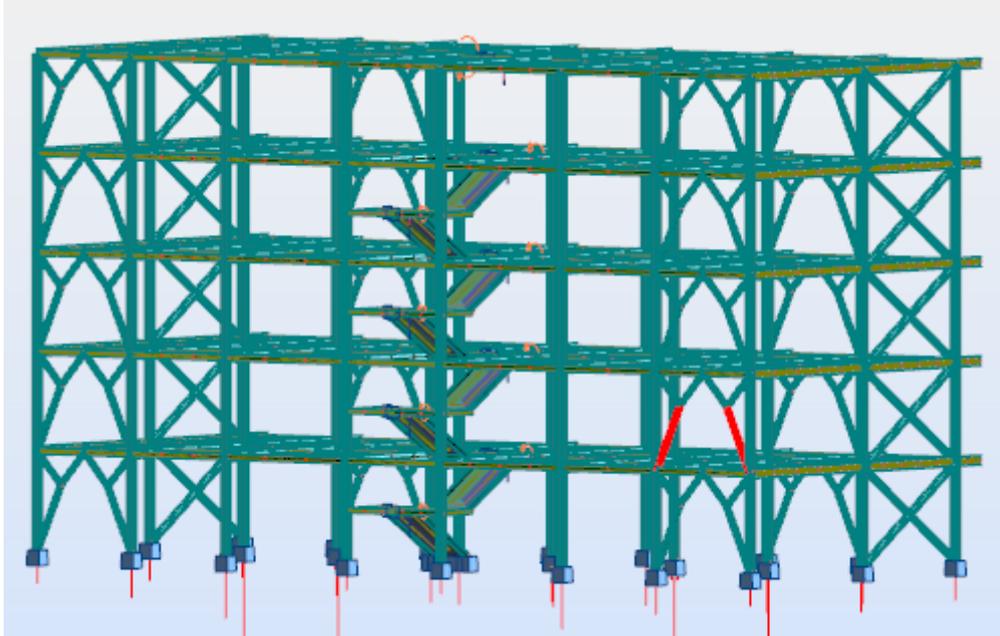


Figure 34 : Palée triangulées en V inverse la plus sollicité.

**II.3.2.1 Vérification sous l'effort de traction :**

Ils sont sollicités en traction avec un effort, obtenue sous la combinaison  $G+Q+1.2EX$ .

On a :

38.31

Donc :

14.42

**II.3.2.2. vérification avec le logiciel ROBOT :**

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
348 contrevente	2 CAE 100x1	ACIER E24	71.87	26.02	0.71	12 G+Q+1.2EX

**CALCUL DES STRUCTURES ACIER**

NORME : EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE : 348 contreventement\_348 POINT : 1

COORDONNEE : x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS :

Cas de charge décisif : 12 G+Q+1.2EX (1+2)\*1.00+4\*1.20

**MATERIAU :**

ACIER E24  $f_y = 235.00$  MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION : 2 CAE 100x10**

h=10.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=30.0 cm	Ay=20.00 cm <sup>2</sup>	Az=18.00 cm <sup>2</sup>	Ax=38.31 cm <sup>2</sup>
tw=1.0 cm	Iy=353.40 cm <sup>4</sup>	Iz=2696.09 cm <sup>4</sup>	Ix=12.67 cm <sup>4</sup>
tf=1.0 cm	Wely=49.22 cm <sup>3</sup>	Welz=179.74 cm <sup>3</sup>	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :**

N <sub>Ed</sub> = 339.08 kN	My <sub>Ed</sub> = -1.96 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = 6.35 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = 3.85 kN
Nc,Rd = 900.26 kN	My,el,Rd = 11.57 kN*m	Mz,el,Rd = 42.24 kN*m	Vy,T,Rd = 271.35 kN
Nb,Rd = 671.22 kN	My,c,Rd = 11.57 kN*m	Mz,c,Rd = 42.24 kN*m	Vz,Ed = 1.64 kN
Vz,T,Rd = 244.22 kN			
Tt,Ed = -0.00 kN*m			
Classe de la section = 3			



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :**

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**

en y :	en z :		
Ly = 2.18 m	Lam_y = 0.77	Lz = 2.18 m	Lam_z = 0.28
Lcr,y = 2.18 m	Xy = 0.75	Lcr,z = 2.18 m	Xz = 0.97
Lamy = 71.87	kyy = 0.97	Lamz = 26.02	kyz = 0.94

flambement par torsion :	flambement en flexion-torsion		
Courbe,T=b	alfa,T=0.34	Courbe,TF=b	alfa,TF=0.34
Lt=2.18 m	fi,T=0.99	Ncr,y=11725.55 kN	fi,TF=0.99
Ncr,T=1203.83 kN	X,T=0.68	Ncr,TF=1195.24 kN	X,TF=0.68
Lam_T=0.77	Nb,T,Rd=615.55 kN	Lam_TF=0.87	Nb,TF,Rd=613.77 kN

**FORMULES DE VERIFICATION :**

**Contrôle de la résistance de la section :**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.59 < 1.00$  (6.2.9.3.(1))  
 $\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\tau_{z,Ed})^2} / (f_y/gM0) = 0.58 < 1.00$  (6.2.1.(5))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.6.(1))  
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.6.(1))

**Contrôle de la stabilité globale de la barre :**

$\lambda_{y} = 71.87 < \lambda_{max} = 210.00$        $\lambda_{z} = 26.02 < \lambda_{max} = 210.00$       STABLE  
 $N_{Ed}/\text{Min}(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.55 < 1.00$  (6.3.1)  
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.71 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.61 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Profil correct !!!**

**Conclusion :**

On adopte des cornières CAE100\*10 pour les palées de stabilité

**II.3.3. Palée triangulées en croix de Saint-André en X :**

Les palées en X sont des cornières en 2CAE 120\*12

Dans ce type de palée, il est admis de considérer que seules les barres tendues, pour un sens donné de l'action sismique, interviennent avec efficacité dans la résistance dissipative de l'ossature.

Ainsi elles peuvent être conçues pour agir seulement en traction.

Le comportement dissipatif global de ce type de palée est plus efficace.

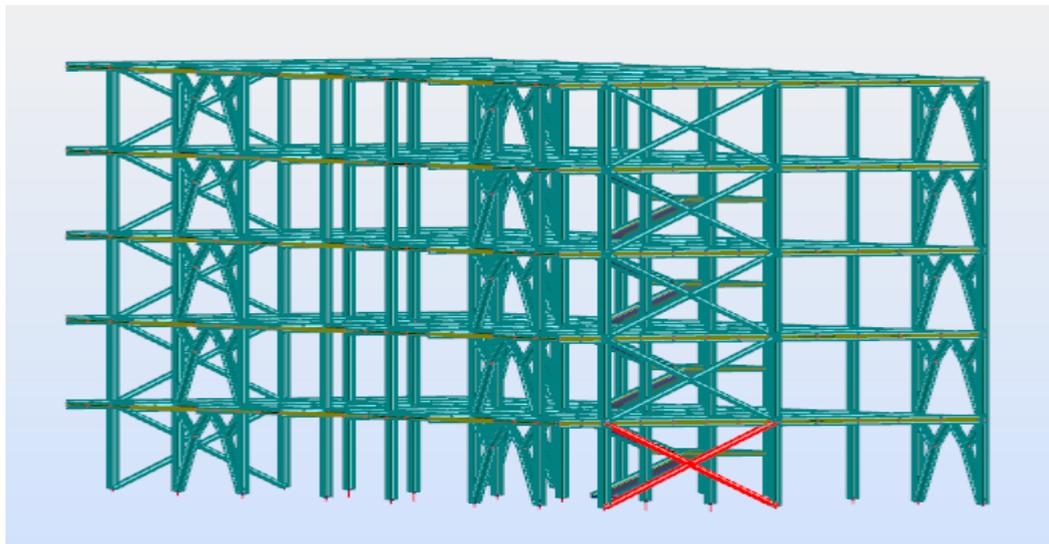


Figure 35 : Palée triangulées en croix de Saint-André en X la plus sollicitée.

**II.3.3.1 Vérification sous l'effort de traction :**

Ils sont sollicités en traction avec un effort, obtenue sous la combinaison  $G+Q+1.2E_y$ .

On a :

55.08

Donc :

14.81

**II.3.3.2. Vérification avec le logiciel ROBOT :**

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
101	2 CAE 120x1	ACIER E24	76.30	30.43	0.39	13 G+Q+1.2EY

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME : EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE :101

POINT :1

COORDONNEE : x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS :

Cas de charge décisif : 13 G+Q+1.2EY (1+2)\*1.00+6\*1.20

**MATERIAU :**

ACIER E24  $f_y = 235.00$  MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION : 2 CAE 120x12**

h=12.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=34.0 cm	Ay=28.80 cm <sup>2</sup>	Az=25.92 cm <sup>2</sup>	Ax=55.08 cm <sup>2</sup>
tw=1.2 cm	Iy=735.40 cm <sup>4</sup>	Iz=4622.03 cm <sup>4</sup>	Ix=26.27 cm <sup>4</sup>
tf=1.2 cm	Wely=85.51 cm <sup>3</sup>	Welz=271.88 cm <sup>3</sup>	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :**

N <sub>i,Ed</sub> = 348.18 kN	M <sub>y,Ed</sub> = -0.69 kN*m	M <sub>z,Ed</sub> = 0.00 kN*m	V <sub>y,Ed</sub> = 0.00 kN
N <sub>c,Rd</sub> = 1294.44 kN	M <sub>y,el,Rd</sub> = 20.10 kN*m	M <sub>z,el,Rd</sub> = 63.89 kN*m	V <sub>y,T,Rd</sub> = 390.75 kN
N <sub>b,Rd</sub> = 927.77 kN	M <sub>y,c,Rd</sub> = 20.10 kN*m	M <sub>z,c,Rd</sub> = 63.89 kN*m	V <sub>z,Ed</sub> = 0.25 kN
V <sub>z,T,Rd</sub> = 351.68 kN			
T <sub>t,Ed</sub> = 0.00 kN*m			
Classe de la section = 3			



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :**

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**

en y :	en z :		
L <sub>y</sub> = 2.79 m	Lam <sub>y</sub> = 0.81	L <sub>z</sub> = 2.79 m	Lam <sub>z</sub> = 0.32
L <sub>cr,y</sub> = 2.79 m	X <sub>y</sub> = 0.72	L <sub>cr,z</sub> = 2.79 m	X <sub>z</sub> = 0.96
Lam <sub>y</sub> = 76.30	k <sub>yy</sub> = 1.05	Lam <sub>z</sub> = 30.43	k <sub>yz</sub> = 0.95

flambement par torsion :	flambement en flexion-torsion		
Courbe,T=b	alfa,T=0.34	Courbe,TF=b	alfa,TF=0.34
L <sub>t</sub> =2.79 m	f <sub>i,T</sub> =0.92	N <sub>cr,y</sub> =12325.11 kN	f <sub>i,TF</sub> =0.93
N <sub>cr,T</sub> =2018.51 kN	X <sub>T</sub> =0.72	N <sub>cr,TF</sub> =1989.93 kN	X <sub>TF</sub> =0.72
Lam <sub>T</sub> =0.81	N <sub>b,T,Rd</sub> =937.12 kN	Lam <sub>TF</sub> =0.81	N <sub>b,TF,Rd</sub> =932.53 kN

**FORMULES DE VERIFICATION :**

**Contrôle de la résistance de la section :**

$$N_{i,Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.28 < 1.00 \quad (6.2.9.3.(1))$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed})^2} / (f_y/gM0) = 0.28 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

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

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

**Contrôle de la stabilité globale de la barre :**

$$\lambda_{y} = 76.30 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 30.43 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{i,Ed}/\text{Min}(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.38 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$N_{i,Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.39 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{i,Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.30 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**Profil correct !!**

**Conclusion :**

On adopte des cornières **CAE120\*120\*12** pour les palées de stabilités

**I. Généralités :**

**I.1. Rôle des assemblages :**

Les assemblages sont des dispositifs qui assurent la liaison ou la continuité des composants élémentaires entre eux, en assurant la transmission et la répartition des différentes sollicitations importantes, statiques ou dynamiques (effets de chocs, vibration etc....) entre les pièces, sans générer des sollicitations parasites (Torsion généralement) afin de réaliser l'ossature de l'ouvrage projeté.

Ces dispositifs 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.

Pour réaliser une structure métallique, on dispose de pièces individuelles, qu'il convient d'assembler Soit :

- Bout à bout (éclissage, raboutages),
- Concourantes (attaches poutre / poteau ...etc.).

Pour conduire les calculs selon les schémas classiques de la résistance des matériaux, il y a lieu de distinguer, parmi les assemblages :

- Articulés, qui transmettent uniquement les efforts normaux et tranchants,
- Rigides, qui transmettent en outre les moments.

**I.2. Fonctionnement des assemblages :**

Les principaux modes d'assemblages sont :

**I.2.1 Le boulonnage :**

Il consiste le moyen le plus utilisé en construction métallique du fait de sa facilité de mise en œuvre et des possibilités de réglage sur site.

Dans notre cas, le choix a été porté sur le boulon de haute résistance (HR) il comprend une vis à tige filetée, une tête hexagonale ou carrée et un écrou en acier à très haute résistance :

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	8.8	10.9
(N/ mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	360	480	640	900
(N/ mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	600	800	1000

Un bon assemblage par boulons HR exige que le coefficient de frottement  $\mu$  doive correspondre à sa valeur de calcul. Cela nécessite une préparation des surfaces, par brossage ou grenailage, pour éliminer toute trace de rouille ou de calamine, de graissage, etc.

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

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

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

---

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

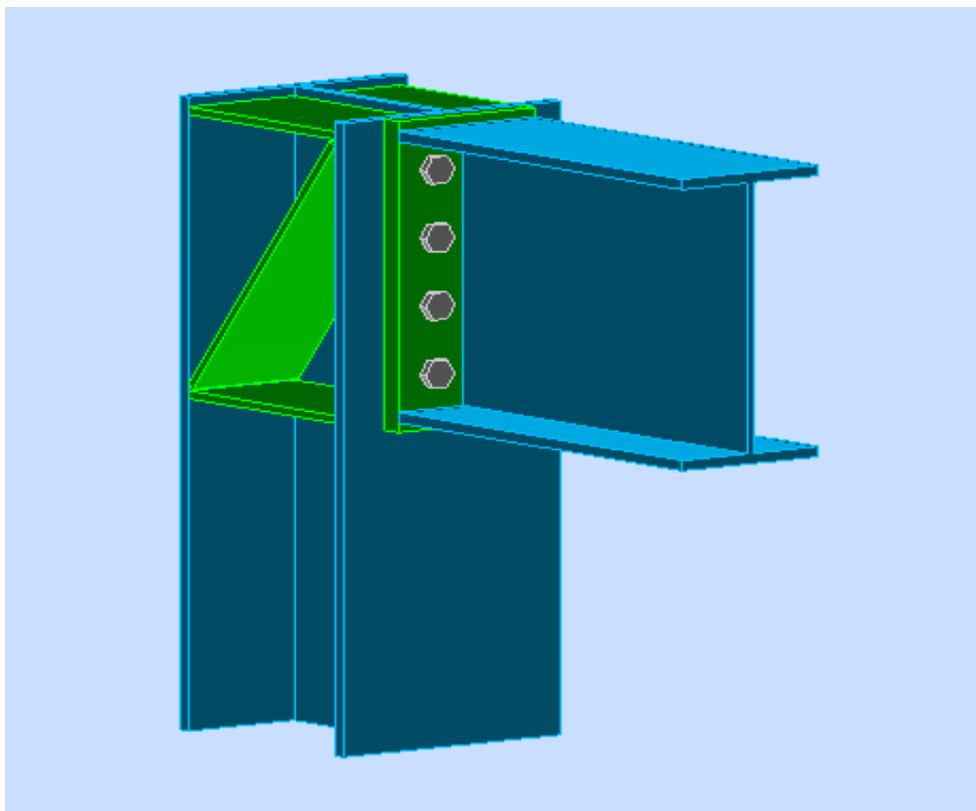
### **I.2.2. Le soudage**

En charpente soudée les assemblages sont plus rigides, cela à pour effet un encastrement partiel des éléments constructifs.

## **II. Calcul des assemblages :**

Le calcul des assemblages se fait sous les normes de l'EC3.

### **II.1. Assemblage poutre principale- poteau :**



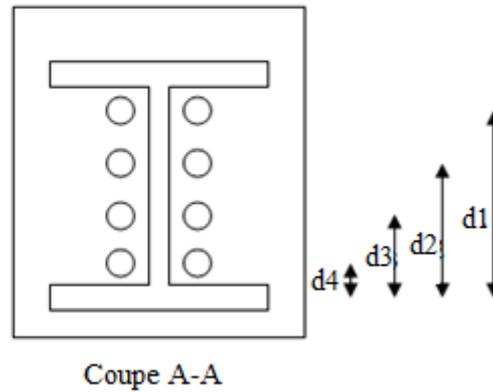
**Figure 36 :** Schémas d'assemblage poutre principale- poteau.

Cet assemblage sera réalisé avec des boulons M16 de Classe 10.9, caractérisés par :

Classe 10.9

On calculera l'assemblage le plus sollicité :

À l'ELU combinaison :  $1,35G+1,5Q$



**Figure 37 :** disposition des boulons dans l'assemblage poteau-poutre.

On prend :  
 $d_1 = 24,5 \text{ cm.}$   
 $d_2 = 18 \text{ cm.}$   
 $d_3 = 11,50 \text{ cm.}$   
 $d_4 = 5 \text{ cm.}$

**II.1.1. Détermination des efforts dans les boulons :**

On considère que la platine est suffisamment épaisse de façon que la totalité des efforts appliquée se destitue entre les rangés de boulon tendus, par ailleurs l'effort de compression sera supposé concentré au centre de gravité de la semelle comprimée de la poutre.

$N_1 = 108,89 \text{ KN.}$   
 $N_2 = 80 \text{ KN.}$   
 $N_3 = 37,55 \text{ KN.}$   
 $N_4 = 7,66 \text{ KN.}$

**II.1.2. Pré dimensionnement des boulons :**

$$N_1 \leq \eta \times$$

$\eta$  : Nombre de boulon par rangée ( $\eta = 2$ ).

$$= 0.7 \times A_s \times$$

$$A_s \geq 0,78 \text{ cm}^2 = 78 \text{ mm}^2$$

On opte pour un boulon de type M14  $A_s = 115 \text{ mm}^2$ .

**II.1.3. Calcul du moment résistant effectif de l'assemblage :**

$$= 0.7 \times 2 \times 115 \times 1000 = 161 \text{ KN.}$$

$$M_R = 78,2 \text{ kN.m}$$

$M_R = 78,2 \text{ KN.m}$   $M = 52,89 \text{ KN.m}$ . Vérifiée.

**II.1.4. Vérification au cisaillement plus traction dans chaque boulon :**

$V = 47,62 \text{ KN}$ . (Sur 8 boulons).  
 $= 5,95 \text{ KN}$ .

Il faut vérifier que :  
 $= K_s \times \dots \times \text{CCM97 art 6.5.6.4}$   
 $= 0,7 \times A_s \times \dots = 0,7 \times 115 \times 1000 = 80,5 \text{ KN}$

$= 1 \times 0,3 \times 1 \times \dots = 8,87 \text{ KN} = 5,95 \text{ KN}$  Vérifiée.

**II.1.5. Assemblage Platine – Poutre :**

Elle se fera au moyen de cordons de soudure.

Le dimensionnement des cordons se fait suivant l’hypothèse suivante :  
 On supposera que le moment est repris uniquement par les cordons reliant les semelles à la platine, on supposera également que l’effort tranchant est repris uniquement par les cordons reliant l’âme à la platine.

Cet assemblage est soumis au système de forces suivantes :

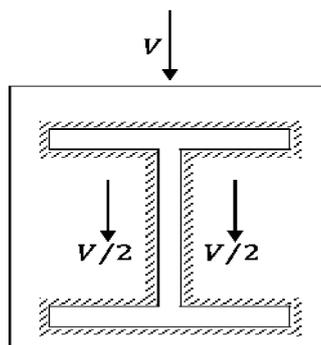


Figure 38 : Assemblages platine -poutre principale.

L’assemblage est soumis aux sollicitations suivantes :

On prend  $e = 20 \text{ mm}$  épaisseur de la platine.

- **Gorge reliant l’âme :**

$3 \text{ mm} \leq a \leq 0,5 \cdot 3 \text{ mm} \leq 3,55 \cdot a = 3,5 \text{ mm}$ .

- **Gorge reliant la semelle à la platine :**

$3 \text{ mm} \leq a \leq 0,5 \cdot 3 \text{ mm} \leq 5,35 \cdot a = 5 \text{ mm}$ .

**f) Distribution des efforts sur les différents cordons :**

- Cordon âme - platine :

Chaque cordon reprend

$$= 23,81 \text{ KN.}$$

La longueur du cordon est :  $= h - 2 \cdot = 300 - 2 \cdot 10,7 = 278,6 \text{ mm.}$

- Cordon semelle - platine :

La longueur du cordon est :  $= h - 2 \cdot = 300 - 2 \cdot 7,1 = 285,8 \text{ mm}$

Chaque cordon reprend  $F = \cdot \times 10^3 = 182,82 \text{ KN.}$

➤ **Vérification :**

- Cordon âme- platine :

Il faut vérifier la condition suivante :

Avec :

: Résistance d'un cordon de soudure.

$$= a \cdot \cdot \text{CCM97 art 6.6.5.3}$$

On a:

S235

$$= 23,81 \text{ KN.}$$

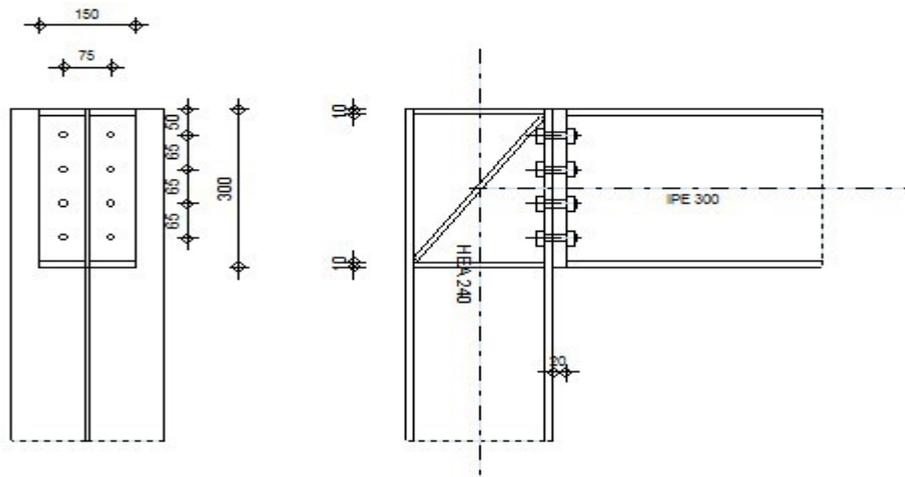
$$= 3,5 \cdot 278,6 \cdot \cdot \times 10^{-3} = 202,67 \text{ KN} > V/2 = 23,81 \text{ KN Vérifiée.}$$

Il faut vérifier la condition suivante :

$F$

$$= a \cdot \cdot = 5 \cdot 285,8 \cdot \cdot \times 10^{-3} = 297,01 \text{ KN } F = 182,82 \text{ KN Vérifiée.}$$

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011	
	<b>Calcul de l'Encastrement Traverse-Poteau</b> EN 1993-1-8:2005/AC:2009	



## GÉNÉRAL

Assemblage N° :	38
Nom de l'assemblage :	Angle de portique
Nœud de la structure :	39
Barres de la structure :	32, 34

## GÉOMÉTRIE

### POTEAU

Profilé :	HEA 240
Barre N° :	32
$\alpha =$	-90.0 [Deg] Angle d'inclinaison
$h_c =$	230 [mm] Hauteur de la section du poteau
$b_{fc} =$	240 [mm] Largeur de la section du poteau
$t_{wc} =$	8 [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau
$t_{fc} =$	12 [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	21 [mm] Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	76.84 [cm <sup>2</sup> ] Aire de la section du poteau
$I_{xc} =$	7763.18 [cm <sup>4</sup> ] Moment d'inertie de la section du poteau
Matériau :	ACIER E24
$f_{yc} =$	235.00 [MPa] Résistance

### POUTRE

Profilé :	IPE 300
Barre N° :	34
$\alpha =$	-0.0 [Deg] Angle d'inclinaison
$h_b =$	300 [mm] Hauteur de la section de la poutre
$b_f =$	150 [mm] Largeur de la section de la poutre
$t_{wb} =$	7 [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la

$\alpha =$	-0.0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_b =$	300	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$t_{fb} =$	11	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_b =$	15	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$r_b =$	15	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_b =$	53.81	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section de la poutre
$I_{xb} =$	8356.1	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la poutre
$I_{xb} =$	1		
Matériau :	ACIER E24		
$f_{yb} =$	235.00	[MPa]	Résistance

### BOULONS

$d =$	14	[mm]	Diamètre du boulon
Class	10.		Classe du boulon
$e =$	9		
$F_{tRd} =$	82.80	[kN]	Résistance du boulon à la traction
$n_h =$	2		Nombre de colonnes des boulons
$n_v =$	4		Nombre de rangées des boulons
$h_1 =$	50	[mm]	Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about
Ecartement $e_i =$	75	[mm]	
$e_i =$			
Entraxe $p_i =$	65 ; 65 ; 65	[mm]	

### PLATINE

$h_p =$	300	[mm]	Hauteur de la platine
$b_p =$	150	[mm]	Largeur de la platine
$t_p =$	20	[mm]	Epaisseur de la platine
Matériau :	ACIER E24		
$f_{yp} =$	235.00	[MPa]	Résistance

### RAIDISSEUR POTEAU

#### Supérieur

$h_{su} =$	206	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{su} =$	116	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hu} =$	10	[mm]	Epaisseur du raidisseur

Matériau : ACIER E24

$f_{ysu} =$	235.00	[MPa]	Résistance
$f_{ysu} =$			

#### Inférieur

$h_{sd} =$	206	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{sd} =$	116	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hd} =$	10	[mm]	Epaisseur du raidisseur

Matériau : ACIER E24

$f_{ysu} =$	235.00	[MPa]	Résistance
$f_{ysu} =$			

### RAIDISSEUR INCLINÉ

Typ:	A droite		
$w_a =$	116	[mm]	Largeur du raidisseur diagonal
$t_a =$	10	[mm]	Epaisseur du raidisseur diagonal
Matériau :	ACIER E24		

$f_{ya} = \frac{235.}{00}$  [MPa] Résistance

**SOUDURES D'ANGLE**

$a_w = 5$  [mm] Soudure âme  
 $a_r = 4$  [mm] Soudure semelle  
 $a_s = 10$  [mm] Soudure du raidisseur

**COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

$\gamma_{M0} = 1.00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M1} = 1.00$  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 : 5: ELU  $1*1.35+2*1.50$

$M_{b1,Ed} = 52.89$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poutre droite  
 $V_{b1,Ed} = 47.62$  [kN] Effort tranchant dans la poutre droite  
 $M_{b2,Ed} = 36.42$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poutre gauche  
 $V_{b2,Ed} = 35.80$  [kN] Effort tranchant dans la poutre gauche  
 $M_{c1,Ed} = 7.05$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poteau inférieur  
 $V_{c1,Ed} = -3.65$  [kN] Effort tranchant dans le poteau inférieur  
 $N_{c1,Ed} = 631.4$  [kN] Effort axial dans le poteau inférieur  
 $M_{c2,Ed} = 10.40$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poteau supérieur  
 $V_{c2,Ed} = 6.72$  [kN] Effort tranchant dans le poteau supérieur  
 $N_{c2,Ed} = 498.0$  [kN] Effort axial dans le poteau supérieur

**RÉSULTATS**

**RÉSISTANCES DE LA POUTRE**

**CISAILLEMENT**

$A_{vb} = \frac{25.6}{8}$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]  
 $V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$   
 $V_{cb,Rd} = \frac{348.}{44}$  [k N] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]  
 $V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$   $0.14 < 1.00$  **vérifié** (0.14)

**FLEXION - MOMENT PLASTIQUE (SANS RENFORTS)**

$W_{plb} = \frac{628.}{40}$  [cm<sup>3</sup>] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]  
 $M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$

$M_{b,pl,Rd}$ =	147. 67	[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**

$W_{pl}$	628. 40	[cm <sup>3</sup> ]	Facteur plastique de la section	EN1993-1-1:[6.2.5]
----------	------------	--------------------	---------------------------------	--------------------

$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$ $M_{cb,Rd}$ =	147. 67	[kN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1:[6.2.5]
---	------------	--------	---	--------------------

**AILE ET AME EN COMPRESSION**

$M_{cb,Rd}$ =	147. 67	[kN*m]	Résistance de calcul de la section à la flexion	EN1993-1-1:[6.2.5]
------------------	------------	--------	---	--------------------

$h_f$	289	[mm]	Distance entre les centres de gravité des ailes	[6.2.6.7.(1)]
-------	-----	------	---	---------------

$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$ $F_{c,fb,Rd}$ =	510. 45	[kN]	Résistance de l'aile et de l'âme comprimées	[6.2.6.7.(1)]
---	------------	------	---	---------------

**RÉSISTANCES DU POTEAU**

**PANNEAU D'AME EN CISAILLEMENT**

$M_{b1,Ed}$ =	52.8 9	[kN*m]	Moment fléchissant dans la poutre droite	[5.3.(3)]
------------------	-----------	--------	--	-----------

$M_{b2,Ed}$ =	- 36.4 2	[kN*m]	Moment fléchissant dans la poutre gauche	[5.3.(3)]
------------------	----------------	--------	--	-----------

$V_{c1,Ed}$ =	- 3.65	[kN]	Effort tranchant dans le poteau inférieur	[5.3.(3)]
------------------	-----------	------	---	-----------

$V_{c2,Ed}$ =	6.72	[kN]	Effort tranchant dans le poteau supérieur	[5.3.(3)]
------------------	------	------	---	-----------

$z$	212	[mm]	Bras de levier	[6.2.5]
-----	-----	------	----------------	---------

$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$ $V_{wp,Ed}$ =	426. 17	[kN]	Panneau d'âme en cisaillement	[5.3.(3)]
---	------------	------	-------------------------------	-----------

$A_{vs}$	25. 18	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de cisaillement de l'âme du poteau	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
----------	-----------	-----------------------	---	------------------------

$A_{vd}$	14. 15	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de cisaillement du raidisseur diagonal	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
----------	-----------	-----------------------	---	------------------------

$A_{vc}$	39. 32	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
----------	-----------	-----------------------	------------------------------------	------------------------

$d_s$	290	[mm ]	Distance entre les centres de gravités des raidisseurs	[6.2.6.1.(4)]
-------	-----	----------	--	---------------

$M_{pl,fc,Rd}$ =	2.0 3	[kN*m]	Résistance plastique de l'aile du poteau en flexion	[6.2.6.1.(4)]
---------------------	----------	--------	---	---------------

$M_{pl,stu,Rd}$ =	1.4 1	[kN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal supérieur en flexion	[6.2.6.1.(4)]
----------------------	----------	--------	---	---------------

$M_{pl,sti,Rd}$ =	1.4 1	[kN*m]	Résistance plastique du raidisseur transversal inférieur en flexion	[6.2.6.1.(4)]
----------------------	----------	--------	---	---------------

$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} * f_{y,wc} + A_{vd} * f_{ya}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$ $V_{wp,Rd}$ =	503. 88	[kN]	Résistance du panneau d'âme au cisaillement	[6.2.6.1]
---	------------	------	---	-----------

$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$	0.85 < 1.00	<b>vérifié</b>	(0.85)
----------------------------------	-------------	----------------	--------

**AME EN COMPRESSION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE**

Pression diamétrale :

$t_{wc}$	8	[mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(6)]
----------	---	------	---------------------------------------	---------------

$b_{eff,c,wc}$ =	226	[mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression	[6.2.6.2.(1)]
---------------------	-----	------	--	---------------

$A_{vc}$	25. 18	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
----------	-----------	--------------------	------------------------------------	------------------------

$\omega$	0.6 2		Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.2.(1)]
----------	----------	--	---	---------------

$k_{wc}$	1.0 0		Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression	[6.2.6.2.(2)]
----------	----------	--	---	---------------

$A_s$	23.	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme	EN1993-1-1:[6.2.4]
-------	-----	--------------------	---	--------------------

$t_{wc} =$	8	[mm]	Épaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} =$	226	[mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression	[6.2.6.2.(1)]
	25			
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$				
$F_{c,wc,Rd1} =$	794.		Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
	27	[kN]		

Flambement :

$d_{wc} =$	164	[mm]	Hauteur de l'âme comprimée	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	0.8		Elancement de plaque	[6.2.6.2.(1)]
	0			
$\rho =$	0.9		Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément	[6.2.6.2.(1)]
	4			
$\lambda_s =$	2.3		Elancement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
	3			
$\chi_s =$	1.0		Coefficient de flambement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
	0			

$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$				
$F_{c,wc,Rd2} =$	778.		Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
	86	[kN]		

Résistance finale :

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$				
$F_{c,wc,Rd} =$	778.		Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
	86	[kN]		

### 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	17	-	83	-	65	106	157	106	157	118	104	104	104
2	17	-	83	-	65	106	171	106	171	130	65	65	65
3	17	-	83	-	65	106	171	106	171	130	65	65	65
4	17	-	83	-	65	106	152	106	152	118	99	99	99

#### 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	28	-	38	-	65	178	172	172	172	154	125	125	125
2	28	-	38	-	65	178	160	160	160	130	65	65	65
3	28	-	38	-	65	178	160	160	160	130	65	65	65
4	28	-	38	-	65	178	160	160	160	154	113	113	113

- m – Distance du boulon de l'âme
- $m_x$  – Distance du boulon de l'aile de la poutre
- e – Pince entre le boulon et le bord extérieur
- $e_x$  – Pince entre le boulon et le bord extérieur horizontal
- p – Entraxe des boulons
- $l_{eff,cp}$  – Longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes circulaires
- $l_{eff,nc}$  – Longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes non circulaires
- $l_{eff,1}$  – Longueur efficace pour un boulon pour le mode 1
- $l_{eff,2}$  – Longueur efficace pour un boulon pour le mode 2
- $l_{eff,cp,g}$  – Longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires
- $l_{eff,nc,g}$  – Longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires
- $l_{eff,1,g}$  – Longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 1
- $l_{eff,2,g}$  – Longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 2

### RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA FLEXION

$F_{t,Rd} =$	82.8		Résistance du boulon à la traction	[Tableau 3.4]
	0	[kN]		
$B_{p,Rd} =$	138.		Résistance du boulon au cisaillement par poinçonnement	[Tableau 3.4]
	70	[kN]		

$F_{t,fc,Rd}$	– 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**

<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub> - Formule</b>	<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub></b>	<b>Composant</b>
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	161.50	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(1)} = 161.50$	161.50	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(1)} = 176.51$	176.51	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(1)} = 165.60$	165.60	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(1)} = 287.39$	287.39	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 277.41$	277.41	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta = 298.40$	298.40	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} = 778.86$	778.86	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} = 510.45$	510.45	Aile de la poutre - compression

**RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 2**

<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub> - Formule</b>	<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub></b>	<b>Composant</b>
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	96.47	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(2)} = 165.60$	165.60	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(2)} = 176.51$	176.51	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(2)} = 165.60$	165.60	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(2)} = 267.04$	267.04	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 277.41$	277.41	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 298.40 - 161.50$	136.90	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 778.86 - 161.50$	617.36	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 510.45 - 161.50$	348.95	Aile de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 258.84 - 161.50$	97.34	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 257.96 - 161.50$	96.47	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 324.07 - 161.50$	162.57	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 316.55 - 161.50$	155.05	Ame de la poutre - traction - groupe

**RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 3**

<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub> - Formule</b>	<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub></b>	<b>Composant</b>
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	40.43	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(3)} = 165.60$	165.60	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(3)} = 176.51$	176.51	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(3)} = 165.60$	165.60	Platine d'about - traction
$F_{t,wb,Rd(3)} = 267.04$	267.04	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 277.41$	277.41	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 298.40 - 257.96$	40.43	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 778.86 - 257.96$	520.89	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 510.45 - 257.96$	252.49	Aile de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 241.68 - 96.47$	145.21	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 209.60 - 96.47$	113.13	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 379.68 - 257.96$	121.71	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 322.60 - 257.96$	64.63	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 279.98 - 96.47$	183.51	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 216.91 - 96.47$	120.44	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 464.06 - 257.96$	206.10	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 425.00 - 257.96$	167.04	Ame de la poutre - traction - groupe

**RESISTANCE DE LA RANGEE DE BOULONS N° 4**

<b>F<sub>t4,Rd,comp</sub> - Formule</b>	<b>F<sub>t4,Rd,comp</sub></b>	<b>Composant</b>
$F_{t4,Rd} = \text{Min} (F_{t4,Rd,comp})$	0.00	Résistance d'une rangée de boulon
$F_{t,fc,Rd(4)} = 159.53$	159.53	Aile du poteau - traction
$F_{t,wc,Rd(4)} = 176.51$	176.51	Ame du poteau - traction
$F_{t,ep,Rd(4)} = 165.60$	165.60	Platine d'about - traction

<b>F<sub>t4,Rd,comp</sub> - Formule</b>	<b>F<sub>t4,Rd,comp</sub></b>	<b>Composant</b>
$F_{t,wb,Rd(4)} = 267.04$	267.04	Ame de la poutre - traction
$B_{p,Rd} = 277.41$	277.41	Boulons au cisaillement/poinçonnement
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^3 F_{t,Rd} = 298.40 - 298.40$	0.00	Panneau d'âme - compression
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 778.86 - 298.40$	480.46	Ame du poteau - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 510.45 - 298.40$	212.06	Aile de la poutre - compression
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 256.88 - 40.43$	216.44	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 252.82 - 40.43$	212.39	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 377.71 - 136.90$	240.82	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 318.81 - 136.90$	181.91	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 515.71 - 298.40$	217.32	Aile du poteau - traction - groupe
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 388.72 - 298.40$	90.32	Ame du poteau - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 315.07 - 40.43$	274.64	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 296.20 - 40.43$	255.77	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 455.06 - 136.90$	318.16	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 404.65 - 136.90$	267.75	Ame de la poutre - traction - groupe
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 639.14 - 298.40$	340.74	Platine d'about - traction - groupe
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 612.75 - 298.40$	314.35	Ame de la poutre - traction - groupe

**TABLEAU RECAPITULATIF DES EFFORTS**

<b>N<sub>r</sub></b>	<b>h<sub>j</sub></b>	<b>F<sub>tj,Rd</sub></b>	<b>F<sub>t,fc,Rd</sub></b>	<b>F<sub>t,wc,Rd</sub></b>	<b>F<sub>t,ep,Rd</sub></b>	<b>F<sub>t,wb,Rd</sub></b>	<b>F<sub>t,Rd</sub></b>	<b>B<sub>p,Rd</sub></b>
1	245	161.50	161.50	176.51	165.60	287.39	165.60	277.41
2	180	96.47	165.60	176.51	165.60	267.04	165.60	277.41
3	115	40.43	165.60	176.51	165.60	267.04	165.60	277.41
4	50	-	159.53	176.51	165.60	267.04	165.60	277.41

**RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M<sub>j,Rd</sub>**

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd} = \frac{61.4}{8} \text{ [kN*m]} \quad \text{Résistance de l'assemblage à la flexion} \quad [6.2]$

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0.86 < 1.00 \quad \text{vérifié} \quad (0.86)$

**RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT**

$\alpha_v = 0.50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{v,Rd} \quad [\text{Tableau 3.4}]$

$F_{v,Rd} = \frac{61.5}{8} \text{ [kN]} \quad \text{Résistance d'un boulon au cisaillement} \quad [\text{Tableau 3.4}]$

$F_{t,Rd,max} = \frac{82.8}{0} \text{ [kN]} \quad \text{Résistance d'un boulon à la traction} \quad [\text{Tableau 3.4}]$

$F_{b,Rd,int} = \frac{122.}{64} \text{ [kN]} \quad \text{Résistance du boulon intérieur en pression diamétrale} \quad [\text{Tableau 3.4}]$

$F_{b,Rd,ext} = \frac{122.}{64} \text{ [kN]} \quad \text{Résistance du boulon de rive en pression diamétrale} \quad [\text{Tableau 3.4}]$

<b>N<sub>r</sub></b>	<b>F<sub>tj,Rd,N</sub></b>	<b>F<sub>tj,Ed,N</sub></b>	<b>F<sub>tj,Rd,M</sub></b>	<b>F<sub>tj,Ed,M</sub></b>	<b>F<sub>tj,Ed</sub></b>	<b>F<sub>vj,Rd</sub></b>
1	165.60	0.00	161.50	138.94	138.94	49.35
2	165.60	0.00	96.47	82.99	82.99	79.06
3	165.60	0.00	40.43	34.78	34.78	104.67
4	165.60	0.00	165.60	0.00	0.00	123.15

$F_{tj,Rd,N}$  – 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

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Rd} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$V_{j,Rd} = n_h \sum_1^n F_{vj,Rd}$			[Tableau 3.4]
$V_{j,Rd} = \frac{356}{23}$	[kN]	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)

### RÉSISTANCE DES SOUDURES

$A_w = 35.31$	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de toutes les soudures	[4.5.3.2(2)]
$A_{wy} = 8.95$	[cm <sup>2</sup> ]	Aire des soudures horizontales	[4.5.3.2(2)]
$A_{wz} = 26.36$	[cm <sup>2</sup> ]	Aire des soudures verticales	[4.5.3.2(2)]
$I_{wy} = \frac{3220}{35}$	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz.	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp,max} = \tau_{\perp,max} = \frac{159.7}{4}$	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{159.7}{4}$	[MPa]	Contraintes dans la soudure verticale	[4.5.3.2(5)]
$\tau_{\parallel} = 18.07$	[MPa]	Contrainte tangentielle	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w = 0.85$		Coefficient de corrélation	[4.5.3.2(7)]

$\sqrt{[\sigma_{\perp,max}^2 + 3*(\tau_{\perp,max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	$319.48 < 343.53$	vérifié	(0.93)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	$307.72 < 343.53$	vérifié	(0.90)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$	$159.74 < 262.80$	vérifié	(0.61)

### RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE

$k_1 = \infty$		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)]
$k_3 = \infty$		Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en traction	[6.3.2.(1)]
$t_{wash} = 3$	[mm]	Epaisseur de la plaquette	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} = 10$	[mm]	Hauteur de la tête du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} = 14$	[mm]	Hauteur de l'écrou du boulon	[6.2.6.3.(2)]
$L_b = 50$	[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 <sub>j</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>eff,j</sub>	k <sub>eff,j</sub> h <sub>j</sub>	k <sub>eff,j</sub> h <sub>j</sub> <sup>2</sup>
					Somme	7.18	134.95
1	245	3	33	40	1	3.47	84.83
2	180	2	21	21	1	1.85	33.20
3	115	2	21	21	1	1.18	13.52
4	50	3	32	36	1	0.68	3.39

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1 / k_{ij})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$Z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j \quad [6.3.3.1.(3)]$$

$$Z_{eq} = \frac{188}{188} \text{ [mm]} \quad \text{Bras de levier équivalent}$$

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

$k_{eq}$ =	4	[mm]	Coefficient de rigidité équivalent du système de boulons	[6.3.3.1.(1)]
$S_{j,ini}$	$= E z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$			[6.3.1.(4)]
$S_{j,ini}$	$\frac{28339.}{26}$	[kN*m]	Rigidité en rotation initiale	[6.3.1.(4)]
$\mu$	1.99		Coefficient de rigidité de l'assemblage	[6.3.1.(6)]
$S_j$	$= S_{j,ini} / \mu$			[6.3.1.(4)]
$S_j$	$\frac{14234.}{17}$	[kN*m]	Rigidité en rotation finale	[6.3.1.(4)]
<b>Classification de l'assemblage par rigidité.</b>				
$S_{j,rig}$	$\frac{24628.}{53}$	[kN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide	[5.2.2.5]
$S_{j,pin}$	$\frac{1539.2}{8}$	[kN*m]	Rigidité de l'assemblage articulé	[5.2.2.5]
$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$ RIGIDE				

**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE :**

SOUDESURES

<b>Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme</b>	Rati	0.9
	o	3

**II.2. Assemblage poutre secondaire-poteau (IPE200 avec HEA240) :**

Cet assemblage sera réalisé avec des boulons ordinaires sous l'effort tranchant  $V_{sd}=5,23$  kN et un moment  $M_{sd}=17,07$ KN.m obtenue à l'ELU.  
Les boulons sont de classe 10.9 caractérisé par ;;

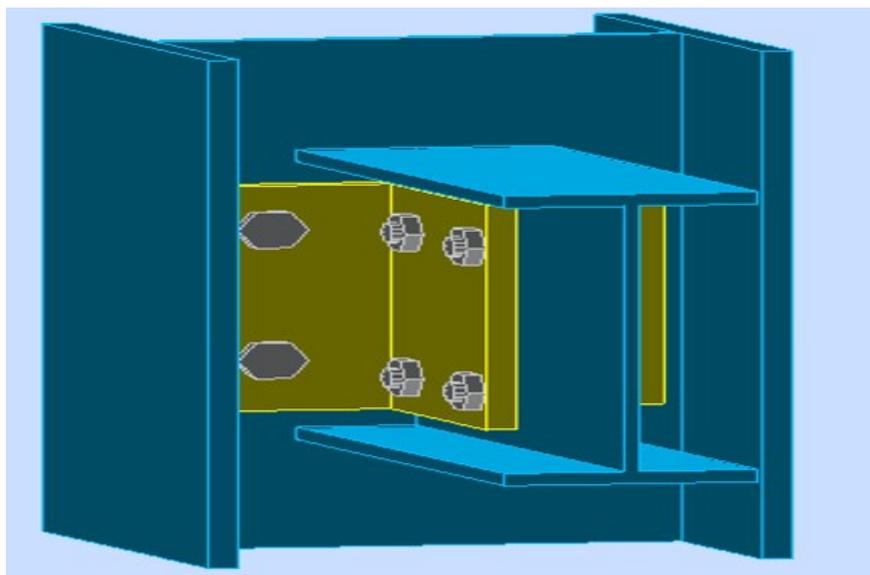


Figure 39 : Assemblage par double cornière.

Soit des boulons de **M 12** de **classe 10.9**.  
On choisit une double cornière de ()

➤ **Coté cornière poteau**

On choisit des boulons de type **M 14** avec  $A_s = 115 \text{ mm}^2$  et une cornière ().

➤ **Disposition géométrique**

[EC3 ; Article 6.5.1.8]

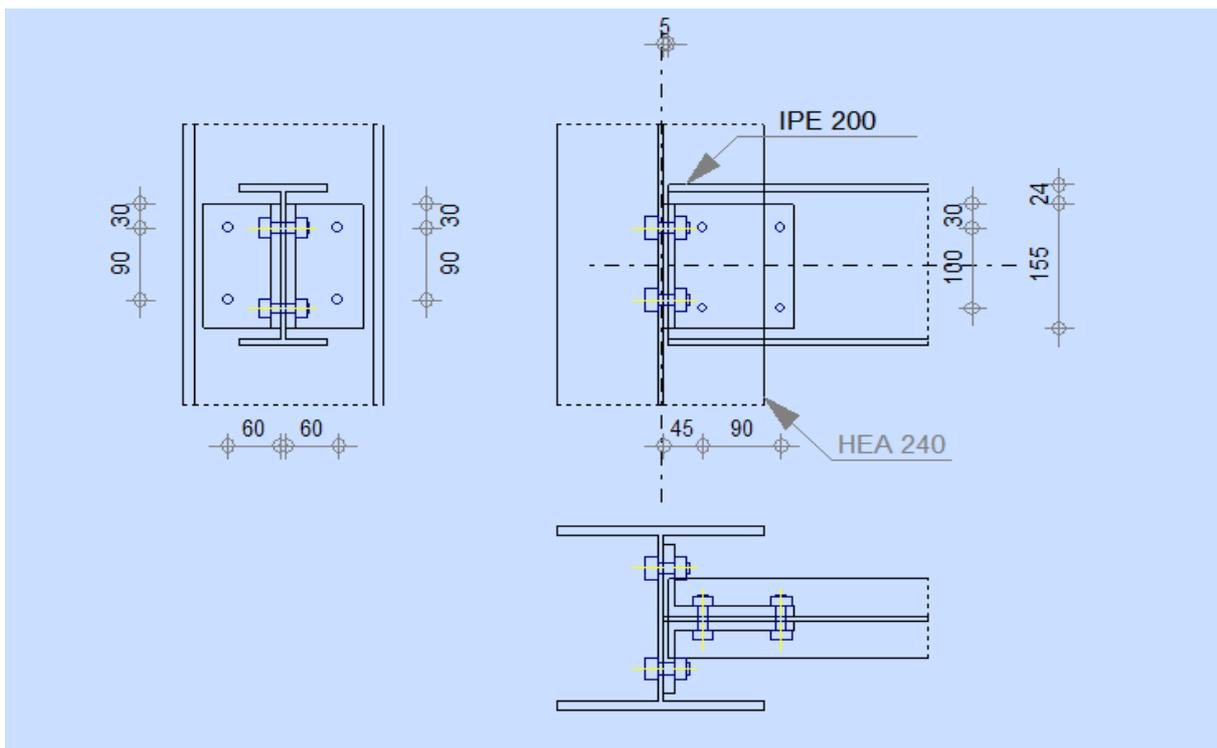


Figure 40 : Disposition des boulons.

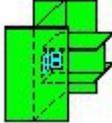
➤ **Vérification nécessaires :**

- **Assemblage trop long**

Assemblage long

- La pression diamétrale

On doit vérifier que :



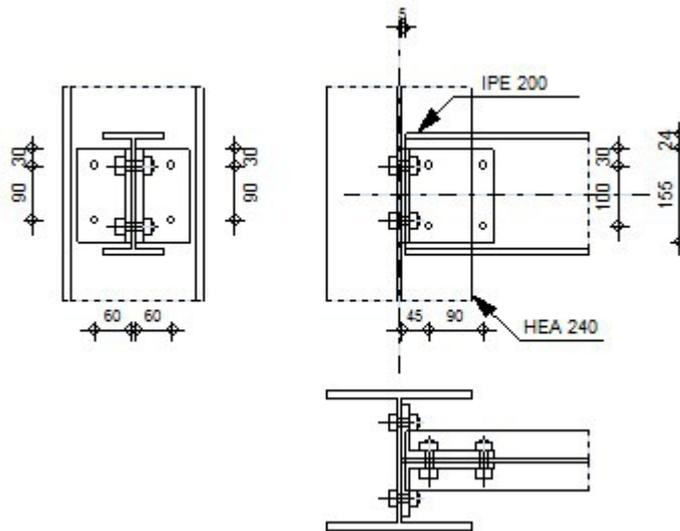
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011

**Calculs de l'assemblage poutre-poteau (âme)**

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

OK

Ratio **0.96**



### GÉNÉRAL

Assemblage N° : 2  
 Nom de l'assemblage : Par cornières : poutre-poteau (âme)  
 Noeud de la structure : 323  
 Barres de la structure : 392, 426

### GÉOMÉTRIE

#### POTEAU

Profilé : HEA 240  
 Barre N° : 392  
 $\alpha = -90.0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_c = 230$  [mm] Hauteur de la section du poteau  
 $b_{fc} = 240$  [mm] Largeur de la section du poteau  
 $t_{wc} = 8$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section du

Profilé :	HEA 240		
Barre N° :	392		
=			poteau
$t_{fc}$ =	12	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c$ =	21	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c$	76.84	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du poteau
=			
$I_{yc}$ =	7763.18	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la section du poteau
Matériau :	ACIER E24		
$f_{yc}$	235.00	[MPa]	Résistance de calcul
=			
$f_{uc}$	365.00	[MPa]	Résistance à la traction
=			

### POUTRE

Profilé :	IPE 200		
Barre N° :	426		
$\alpha$ =	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
=			
$t_{fb}$ =	9	[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	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section de la poutre
=			
$I_{yb}$ =	1943.17	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la poutre
Matériau :	ACIER E24		
$f_{yb}$	235.00	[MPa]	Résistance de calcul
=			
$f_{ub}$	365.00	[MPa]	Résistance à la traction
=			

### CORNIÈRE

Profilé :	CAI 150x90x12		
$h_k$ =	150	[mm]	Hauteur de la section de la cornière
$b_k$ =	90	[mm]	Largeur de la section de la cornière
$t_{fk}$ =	12	[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
$l_k$ =	155	[mm]	Longueur de la cornière
Matériau :	ACIER E24		
$f_{yk}$	235.00	[MPa]	Résistance de calcul
=			
$f_{uk}$	365.00	[MPa]	Résistance à la traction
=			

### BOULONS

#### BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU À LA CORNIÈRE

Class	HR		Classe du boulon
e =	10.9		
d =	14	[mm]	Diamètre du boulon
$d_0$ =	16	[mm]	Diamètre du trou de boulon
$A_s$ =	1.15	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v$ =	1.54	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
$f_{ub}$ =	1200.00	[MPa]	Résistance à la traction
k =	1		Nombre de colonnes des boulons
w =	2		Nombre de rangées des boulons
$e_1$ =	30	[mm]	Niveau du premier boulon

**BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU À LA CORNIÈRE**

Class HR  
 e = 10.9 Classe du boulon  
 p<sub>1</sub> = 90 [mm] Entraxe

**BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE**

Class 10.9 Classe du boulon  
 e = 10.9  
 d = 14 [mm] Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 16 [mm] Diamètre du trou de boulon  
 A<sub>s</sub> = 1.15 [cm<sup>2</sup>] Aire de la section efficace du boulon  
 A<sub>v</sub> = 1.54 [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon  
 f<sub>ub</sub> = 1000.00 [MPa] Résistance à la traction  
 k = 2 Nombre de colonnes des boulons  
 w = 2 Nombre de rangées des boulons  
 e<sub>1</sub> = 30 [mm] Niveau du premier boulon  
 p<sub>2</sub> = 90 [mm] Ecartement  
 p<sub>1</sub> = 100 [mm] Entraxe

**COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

γ<sub>M0</sub> = 1.00 Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 γ<sub>M2</sub> = 1.25 Coefficient de sécurité partiel [2.2]

**EFFORTS**

Cas : 12: G+Q+1.2EX (1+2) \* 1.00 + 4 \* 1.20  
 N<sub>b,Ed</sub> = 0.00 [kN] Effort axial  
 V<sub>b,Ed</sub> = 5.23 [kN] Effort tranchant  
 M<sub>b,Ed</sub> = 17.07 [kN\*m] Moment fléchissant

**RÉSULTATS**

**BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU À LA CORNIÈRE**

**RÉSISTANCE DES BOULONS**

F<sub>v,Rd</sub> = 23.1 [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement F<sub>v,Rd</sub> = 0.6 \* f<sub>ub</sub> \* A<sub>v</sub> \* m / γ<sub>M2</sub>  
 = 8  
 F<sub>t,Rd</sub> = 99.3 [kN] Résistance d'un boulon à la traction F<sub>t,Rd</sub> = 0.9 \* f<sub>u</sub> \* A<sub>s</sub> / γ<sub>M2</sub>  
 = 6

**Pression du boulon sur l'âme du poteau**

Direction x  
 k<sub>1x</sub> = 2.50 Coefficient pour le calcul de F<sub>b,Rd</sub> k<sub>1x</sub> = min[2.8\*(e<sub>1</sub>/d<sub>0</sub>)-1.7, 1.4\*(p<sub>1</sub>/d<sub>0</sub>)-1.7, 2.5]  
 k<sub>1x</sub> > 0.0 2.50 > 0.00 **vérifié**  
 α<sub>bx</sub> = 1.00 Coefficient pour le calcul de F<sub>b,Rd</sub> α<sub>bx</sub> = min[e<sub>2</sub>/(3\*d<sub>0</sub>), f<sub>ub</sub>/f<sub>u</sub>, 1]  
 α<sub>bx</sub> > 0.0 1.00 > 0.00 **vérifié**  
 F<sub>b,Rd1x</sub> = 76. [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale F<sub>b,Rd1x</sub> = k<sub>1x</sub> \* α<sub>bx</sub> \* f<sub>u</sub> \* d \* t / γ<sub>M2</sub>  
 = 65  
 Direction z  
 k<sub>1z</sub> = 2.50 Coefficient pour le calcul de F<sub>b,Rd</sub> k<sub>1z</sub> = min[2.8\*(e<sub>2</sub>/d<sub>0</sub>)-1.7, 2.5]  
 k<sub>1z</sub> > 0.0 2.50 > 0.00 **vérifié**

$\alpha_{bz}$	1.0		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
=	0			
$\alpha_{bz} > 0.0$		1.00 > 0.00		vérifié
$F_{b,Rd1z}$	76.6	[kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d^2 / \gamma_{M2}$
=	5			

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
$\alpha_{bx}$	0.63		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0.63 > 0.00		vérifié
$F_{b,Rd2x}$	76.6	[kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d^2 / \gamma_{M2}$
=	65			
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
$\alpha_{bz}$	0.6		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
=	3			
$\alpha_{bz} > 0.0$		0.63 > 0.00		vérifié
$F_{b,Rd2z}$	76.6	[kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d^2 / \gamma_{M2}$
=	5			

FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE POTEAU - CORNIÈRE

cisaillement des boulons

$e$	63	[m]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre	
=				
$M_0$	0.16	[kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = 0.5 * V_{b,Ed} * e$
=				
$F_{Vz}$	1.31	[kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = 0.5 * V_{b,Ed}$
=				
$F_{Mx}$	1.82	[kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum z_i^2$
=				
$F_{x,Ed}$	1.82	[kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
=				
$F_{z,Ed}$	1.31	[kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
=				
$F_{Rdx}$	23.1	[kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
=	8			
$F_{Rdz}$	23.1	[kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
=	8			
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$			$ 1.82  < 23.18$	vérifié (0.08)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$			$ 1.31  < 23.18$	vérifié (0.06)

Traction des boulons

$e$	94	[m]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau	
=				
$M_{0t}$	8.29	[kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_{0t} = 0.5 * (M_{b,Ed} + V_{b,Ed} * e)$
=				
$F_{t,Ed}$	92.1	[kN]	Effort de traction dans le boulon extrême	$F_{t,Ed} = M_{0t} * z_{max} / \sum z_i^2 + 0.5 * N_{b2,Ed} / n$
=	4			
$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$			$92.14 < 99.36$	vérifié (0.93)

**Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon**

$F_{v,Ed} = 2.24$ [kN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{v,Ed} = \sqrt{[F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2]}$
$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4 \cdot F_{t,Rd}) \leq 1.0$	$0.76 < 1.00$	<b>vérifié</b> (0.76)

**BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE**

**RÉSISTANCE DES BOULONS**

$F_{v,Rd} = 147.78$ [kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$
--------------------------	---	---

**Pression du boulon sur la poutre**

Direction x

$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
-----------------	--	--

$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
----------------	---------------	----------------

$\alpha_{bx} = 0.83$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), p_2/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
----------------------	--	--

$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.83 > 0.00$	<b>vérifié</b>
---------------------	---------------	----------------

$F_{b,Rd1x} = 47.69$ [kN]	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 $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
-----------------	--	--

$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
----------------	---------------	----------------

$\alpha_{bz} = 0.96$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
----------------------	--	--

$\alpha_{bz} > 0.0$	$0.96 > 0.00$	<b>vérifié</b>
---------------------	---------------	----------------

$F_{b,Rd1z} = 54.85$ [kN]	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 $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
-----------------	--	--

$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
----------------	---------------	----------------

$\alpha_{bx} = 0.31$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), p_2/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
----------------------	--	--

$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.31 > 0.00$	<b>vérifié</b>
---------------------	---------------	----------------

$F_{b,Rd2x} = 76.65$ [kN]	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

$k_{1z} = 0.93$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
-----------------	--	--

$k_{1z} > 0.0$	$0.93 > 0.00$	<b>vérifié</b>
----------------	---------------	----------------

$\alpha_{bz} = 0.52$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
----------------------	--	--

$\alpha_{bz} > 0.0$	$0.52 > 0.00$	<b>vérifié</b>
---------------------	---------------	----------------

$F_{b,Rd2z} = 47.27$ [kN]	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 CORNIÈRE – POUTRE**

**cisaillement des boulons**

$e = 94$ [m]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau
--------------	---

$M_0 = 16.59$ [kN * m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = M_{b,Ed} + V_{b,Ed} \cdot e$
------------------------	-------------------------	-------------------------------------

$F_{Nx} = 0.00$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{Nx} = N_{b,Ed} / n$
----------------------	---	-------------------------

$F_{Vz} = 1.00$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort	$F_{Vz} = V_{b,Ed} / n$
----------------------	---	-------------------------

**cisaillement des boulons**

e	94	[m]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau		
=	31	]	tranchant		
F <sub>Mx</sub>	45	[kN	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction x	$F_{Mx}=M_0 \cdot z_i / \Sigma(x_i^2+z_i^2)$	
=	2	]			
F <sub>Mz</sub>	41	[kN	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction z	$F_{Mz}=M_0 \cdot x_i / \Sigma(x_i^2+z_i^2)$	
=	3	]			
F <sub>x,Ed</sub>	45	[kN	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$	
=	2	]			
F <sub>z,Ed</sub>	42	[kN	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$	
=	4	]			
F <sub>Rdx</sub>	47	[kN	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx}=\min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$	
=	9	]			
F <sub>Rdz</sub>	47	[kN	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz}=\min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$	
=	7	]			
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$			45.82  < 47.69	vérifié	(0.96)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$			42.54  < 47.27	vérifié	(0.90)

**VÉRIFICATION DE LA SECTION POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC**

**CORNIÈRE**

A <sub>nt</sub>	13.5	[c	Aire nette de la zone de la section en traction		
=	0	m <sup>2</sup>			
A <sub>nv</sub>	12.9	[c	Aire de la zone de la section en traction		
=	0	m <sup>2</sup>			
V <sub>effRd</sub>	367.	[k	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd}=0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$	
=	05	N]			
$ 0.5 \cdot V_{b,Ed}  \leq V_{effRd}$			-2.61  < 367.05	vérifié	(0.01)

**POUTRE**

A <sub>nt</sub>	6.02	[c	Aire nette de la zone de la section en traction		
=		m <sup>2</sup>			
A <sub>nv</sub>	6.92	[c	Aire de la zone de la section en traction		
=		m <sup>2</sup>			
V <sub>effRd</sub>	179.	[k	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd}=0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$	
=	36	N]			
$ V_{b,Ed}  \leq V_{effRd}$			-5.23  < 179.36	vérifié	(0.03)

**REMARQUES**

Pince boulon-extrémité verticale de la cornière sur la poutre trop faible

15 [mm] < 19 [mm]

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**

Rati 0.9  
o 6

### II.3 Assemblage solive - poutre principales :

Les solives sont articulées aux sommiers par des cornières d'attache

L'effort tranchant repris par l'assemblage est celui que transmet la solive à la poutre.

$V=1,43$  KN.

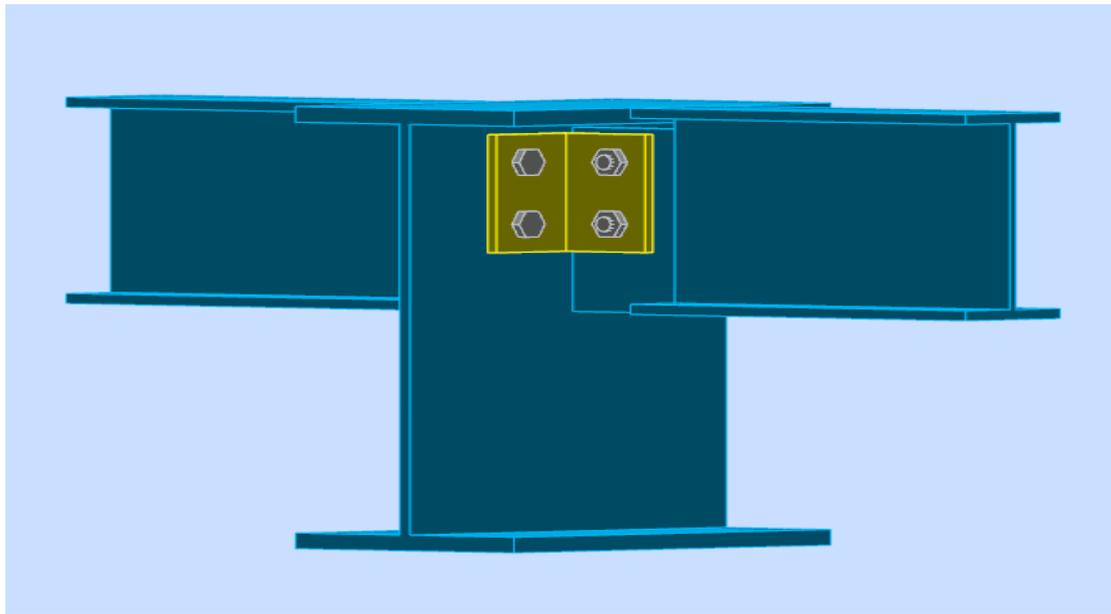


Figure 41 : Assemblage solive-poutre principale.

Cet assemblage sera réalisé avec des boulons de Classe 8.8, caractérisés par :

Classe 8.8

#### II.3.1. Dimensionnement des boulons :

- Côté solive :

$$= (K_s \cdot n \cdot f) \cdot \text{CCM97art 6.5.6.1}$$

$$= 0.7 \times A_s \times \quad [\text{CCM97art 6.5.6.2}]$$

Avec :

: Résistance de calcul au glissement d'un boulon précontraint.

: Force de précontrainte dans le boulon (force de serrage).

$n$  : Nombre d'interface de frottement.

: Coefficient de frottement.

$K_s$ : Facteur de forme.

Il faut vérifier la condition suivante :

Avec :

: Nombre des boulons.

$$A_s = = 2,66\text{mm}^2.$$

On adopte des boulons de type M10  $A_s = 58\text{mm}^2$ .

Le choix de cornière dépend de type du boulon, pour notre cas, on a des boulons M10, donc on prend une cornière L 60 X 60 X 6

• **Disposition géométrique :**

$$3 \cdot 3 \cdot 116 \text{ 3384 Soit } P_1 = 42 \text{ mm}$$

$$1.5 \cdot 1.5 \cdot 11 \text{ 16,5 72 Soit } = 38 \text{ mm.}$$

$$1.2 \cdot 1.2 \cdot 13,2 \text{ 72 Soit } = 19 \text{ mm}$$

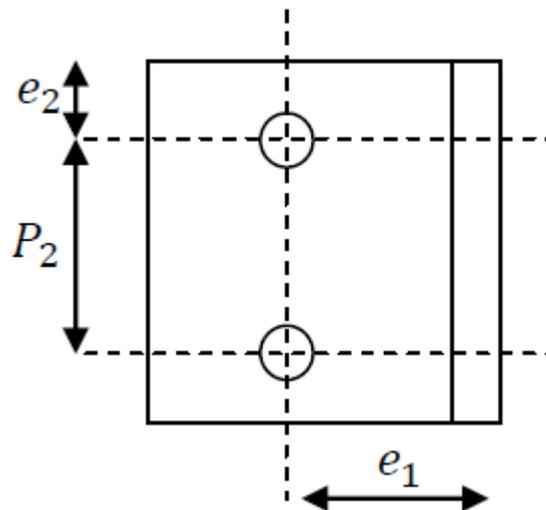


Figure 42 : Disposition constructive des boulons.

**II.3.1.1. Vérification des boulons au cisaillement :**

L'assemblage est réalisé avec des boulons de classe 8.8 alors, la résistance au cisaillement d'un boulon est donnée par :

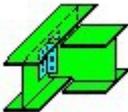
$$= (K_s \cdot n \cdot / ) \cdot$$

Il faut vérifier la condition suivante :

= -0,72 KN.

= 40,6 - 19,49 KN - 0,72 KN Vérifiée.

II.3.1.2. Vérification avec logiciel ROBOT



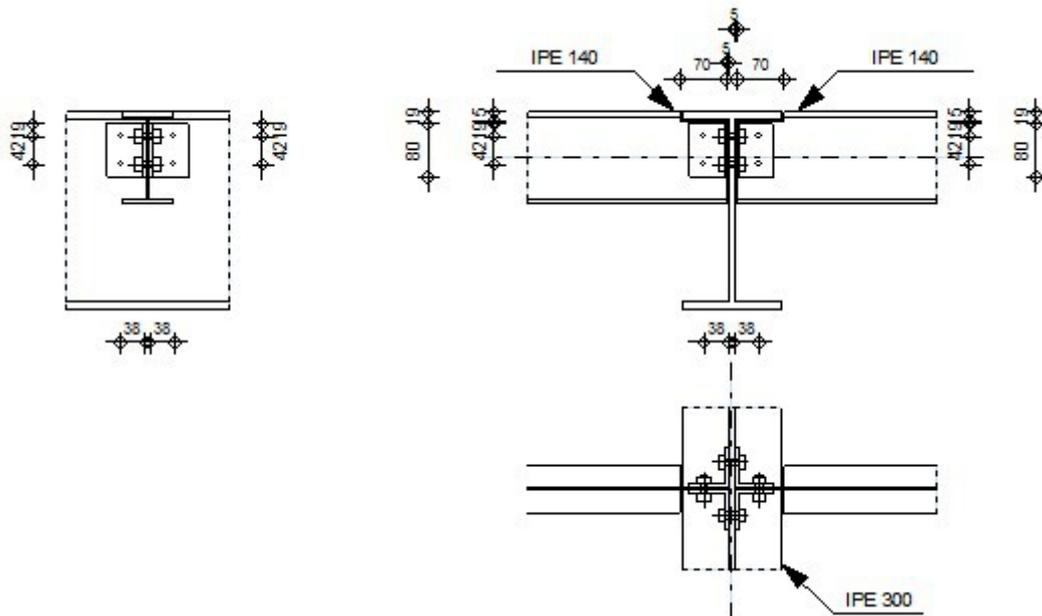
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011

**Calculs de l'assemblage poutre-poutre (âme)**

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

OK

Ratio **0.81**



**Général**

Assemblage N° : 420  
 Nom de l'assemblage : Par cornières : poutre-poutre (âme)  
 Noeud de la structure : 650  
 Barres de la structure : 754, 832, 824

**Géométrie**

**Poutre principale**

Profilé : IPE 300  
 Barre N° : 754  
 $\alpha = -90.0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_g = 300$  [mm] Hauteur de la section poutre principale  
 $b_{fg} = 150$  [mm] Largeur de l'aile de la section de la poutre principale  
 $t_{wg} = 7$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre principale  
 $t_{fg} = 11$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre principale  
 $r_g = 15$  [mm] Rayon de congé de l'âme de la section de la poutre

Profilé : IPE 300  
 Barre N° : 754  
 principale  
 $A_p = 53.81$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section de la poutre principale  
 $I_{yp} = 8356.11$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la section de la poutre principale  
 Matériau : ACIER E24  
 $f_{yg} = 235.00$  [MPa] Résistance de calcul  
 $f_{ug} = 365.00$  [MPa] Résistance à la traction

### Côté gauche

#### Poutre

Profilé : IPE 140  
 Barre N° : 832  
 $\alpha = 0.0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_{bl} = 140$  [mm] Hauteur de la section de la poutre  
 $b_{bl} = 73$  [mm] Largeur de la section de la poutre  
 $t_{wbl} = 5$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre  
 $t_{fbl} = 7$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre  
 $r_{bl} = 7$  [mm] Rayon de congé de la section de la poutre  
 $A_b = 16.43$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section de la poutre  
 $I_{ybl} = 541.22$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la poutre  
 Matériau : ACIER E24  
 $f_{ybl} = 235.00$  [MPa] Résistance de calcul  
 $f_{ubl} = 365.00$  [MPa] Résistance à la traction

#### Encoche de la poutre

$h_1 = 15$  [mm] Encoche supérieur  
 $h_2 = 0$  [mm] Encoche inférieure  
 $l = 70$  [mm] Longueur de l'encoche

#### Cornière

Profilé : CAE 60x6  
 $\alpha = 0.0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_{kl} = 60$  [mm] Hauteur de la section de la cornière  
 $b_{kl} = 60$  [mm] Largeur de la section de la cornière  
 $t_{fkl} = 6$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la cornière  
 $r_{kl} = 8$  [mm] Rayon de congé de l'âme de la section de la cornière  
 $l_{kl} = 80$  [mm] Longueur de la cornière  
 Matériau : ACIER E24  
 $f_{ykl} = 235.00$  [MPa] Résistance de calcul  
 $f_{ukl} = 365.00$  [MPa] Résistance à la traction

#### Boulons

*Boulons assemblant la cornière à la poutre*

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	10	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	11	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	0.58	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	0.79	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>ub</sub> =	800.00	[MPa]	Résistance à la traction
k =	1		Nombre de colonnes des boulons
w =	2		Nombre de rangées des boulons
e <sub>1</sub> =	19	[mm]	Niveau du premier boulon
p <sub>1</sub> =	42	[mm]	Entraxe

**Côté droite**

**Poutre**

Profilé :	IPE 140		
Barre N° :	824		
α =	0.0	[Deg]	Angle d'inclinaison
h <sub>br</sub> =	140	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
b <sub>br</sub> =	73	[mm]	Largeur de la section de la poutre
t <sub>wbr</sub> =	5	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
t <sub>tbr</sub> =	7	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
r <sub>br</sub> =	7	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
A <sub>br</sub> =	16.43	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section de la poutre
I <sub>ybr</sub> =	541.22	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la poutre
Matériau :	ACIER E24		
f <sub>ybr</sub> =	235.00	[MPa]	Résistance de calcul
f <sub>ubr</sub> =	365.00	[MPa]	Résistance à la traction

**Encoche de la poutre**

h <sub>1</sub> =	15	[mm]	Encoche supérieur
h <sub>2</sub> =	0	[mm]	Encoche inférieure
l =	70	[mm]	Longueur de l'encoche

**Cornière**

Profilé :	CAE 60x6		
h <sub>kr</sub> =	60	[mm]	Hauteur de la section de la cornière
b <sub>kr</sub> =	60	[mm]	Largeur de la section de la cornière
t <sub>fkr</sub> =	6	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la cornière
r <sub>kr</sub> =	8	[mm]	Rayon de congé de l'âme de la section de la cornière
l <sub>kr</sub> =	80	[mm]	Longueur de la cornière
Matériau :	ACIER E24		
f <sub>ykr</sub> =	235.00	[MPa]	Résistance de calcul
f <sub>ukr</sub> =	365.00	[MPa]	Résistance à la traction

### Boulons

#### Boulons assemblant la cornière à la poutre principale

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	10	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	11	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	0.58	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	0.79	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>ub</sub> =	800.00	[MPa]	Résistance à la traction
k =	1		Nombre de colonnes des boulons
w =	2		Nombre de rangées des boulons
e <sub>1</sub> =	19	[mm]	Niveau du premier boulon
p <sub>1</sub> =	42	[mm]	Entraxe

#### Boulons assemblant la cornière à la poutre

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	10	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	11	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	0.58	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	0.79	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>ub</sub> =	800.00	[MPa]	Résistance à la traction
k =	1		Nombre de colonnes des boulons
w =	2		Nombre de rangées des boulons
e <sub>1</sub> =	19	[mm]	Niveau du premier boulon
p <sub>1</sub> =	42	[mm]	Entraxe

### Coefficients de matériau

γ <sub>M0</sub> =	1.00	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ <sub>M2</sub> =	1.25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

### Efforts

Cas : 12: G+Q+1.2EX (1+2)\*1.00+4\*1.20

#### Côté gauche

N <sub>b2,Ed</sub> =	-0.00	[kN]	Effort axial
V <sub>b2,Ed</sub> =	-1.43	[kN]	Effort tranchant
M <sub>b2,Ed</sub> =	1.23	[kN*m]	Moment fléchissant

#### Côté droite

N <sub>b1,Ed</sub> =	-0.00	[kN]	Effort axial
V <sub>b1,Ed</sub> =	-0.72	[kN]	Effort tranchant
M <sub>b1,Ed</sub> =	1.19	[kN*m]	Moment fléchissant

Résultats

Côté gauche

Boulons assemblant la cornière à la poutre principale

Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 30.16$ [kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$
$F_{t,Rd} = 33.41$ [kN]	Résistance d'un boulon à la traction	$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_u \cdot A_s / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la cornière

Direction x

$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} = 0.67$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.67 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2x} = 29.20$ [kN]	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 $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} = 0.58$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0.58 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2z} = 25.22$ [kN]	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 poutre principale - cornière

cisaillement des boulons

$e = 40$ [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre	
$M_0 = 0.0$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = 0.5 \cdot V_{b2,Ed} \cdot e$
$F_{Vz} = 0.3$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = 0.5 \cdot V_{b1,Ed} / n$
$F_{Mx} = 0.6$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{Mx} = M_0 \cdot z_i / \sum z_i^2$
$F_{x2,Ed} = 0.6$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x2,Ed} = F_{Mx}$
$F_{z2,Ed} = 0.3$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z2,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Rdx} = 29.20$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 25.22$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd2z})$
$ F_{x2,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ 0.69  < 29.20$	<b>vérifié</b> (0.02)
$ F_{z2,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ 0.36  < 25.22$	<b>vérifié</b> (0.01)

Traction des boulons

$e = 42$ [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme de la poutre principale	
$M_{0t} = 0.5$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_{0t} = 0.5 * (M_{b2,Ed} + V_{b2,Ed} * e)$
$F_{t,Ed} = 13.97$ [kN]	Effort de traction dans le boulon extrême	$F_{t,Ed} = M_{0t} * z_{max} / \sum z_i^2 + 0.5 * N_{b2,Ed} / n$
$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$	$13.97 < 33.41$	<b>vérifié</b> (0.42)

**Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon**

$F_{v,Ed} = 0.77$ [kN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{v,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4 * F_{t,Rd}) \leq 1.0$	$0.32 < 1.00$	<b>vérifié</b> (0.32)

**Boulons assemblant la cornière à la poutre**

*Résistance des boulons*

$F_{v,Rd} = 60.32$ [kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$
-------------------------	---	---

**Pression du boulon sur la poutre**

Direction x		
$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 * d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$1.00 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd1x} = 34.31$ [kN]	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 $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} = 0.70$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 * d_0), p_1/(3 * d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0.70 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd1z} = 23.91$ [kN]	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 $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} = 0.67$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 * d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.67 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2x} = 58.40$ [kN]	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 $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} = 0.58$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 * d_0), p_1/(3 * d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0.58 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2z} = 50.44$ [kN]	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 cornière - poutre*  
**cisaillement des boulons**

$e =$	42 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme de la poutre principale	
$M_0 =$	$\frac{1.1}{7}$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = M_{b2,Ed} + V_{b2,Ed} * e$
$F_{Nx} =$	$\frac{0.0}{0}$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{Nx} = N_{b2,Ed} / n$
$F_{Vz} =$	$\frac{0.7}{1}$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = V_{b2,Ed} / n$
$F_{Mx} =$	$\frac{27.}{94}$ [kN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction x	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{Mz} =$	$\frac{0.0}{0}$ [kN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction z	$F_{Mz} = M_0 * x_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{x,Ed} =$	$\frac{27.}{94}$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z2,Ed} =$	$\frac{0.7}{1}$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z2,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Rdx} =$	$\frac{34.}{31}$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} =$	$\frac{23.}{91}$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ 27.94  < 34.31$		vérifié (0.81)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ 0.71  < 23.91$		vérifié (0.03)

### Vérification de la section pour le cisaillement de bloc

#### Cornière

$A_{nt} =$	1.95 [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} =$	2.67 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} =$	64.70 [kN]	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_{b2,Ed}  \leq V_{effRd}$	$  -0.71   < 64.70$		vérifié (0.01)

#### Poutre

$A_{nt} =$	1.29 [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} =$	4.02 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} =$	73.39 [kN]	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_{b2,Ed}  \leq V_{effRd}$	$  -1.43   < 73.39$		vérifié (0.02)

### Côté droite

### Boulons assemblant la cornière à la poutre principale

#### Résistance des boulons

$F_{v,Rd} =$	30.16 [kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$
$F_{t,Rd} =$	33.41 [kN]	Résistance d'un boulon à la traction	$F_{t,Rd} = 0.9 * f_u * A_s / \gamma_{M2}$

#### 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
Direction z			
$\alpha_{bx} =$	0.67	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2 / (3 * d_0), f_{ub} / f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.67 > 0.00$		vérifié

$F_{b,Rd2x} = 29.20$  [kN] 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  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_z/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**

$\alpha_{bz} = 0.58$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $0.58 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd2z} = 25.22$  [kN] 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 - cornière**

**cisaillement des boulons**

$e = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre

$M_0 = 0.0$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = 0.5 \cdot V_{b2,Ed} \cdot e$

$F_{Vz} = 0.1$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant  $F_{Vz} = 0.5 \cdot V_{b2,Ed} / n$

$F_{Mx} = 0.3$  [kN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment  $F_{Mx} = M_0 \cdot z_i / \sum z_i^2$

$F_{x1,Ed} = 0.3$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  $F_{x1,Ed} = F_{Mx}$

$F_{z1,Ed} = 0.1$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z  $F_{z1,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$

$F_{Rdx} = 29.20$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x  $F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd2x})$

$F_{Rdz} = 25.22$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z  $F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd2z})$

$|F_{x1,Ed}| \leq F_{Rdx}$   $|0.35| < 29.20$  **vérifié** (0.01)

$|F_{z1,Ed}| \leq F_{Rdz}$   $|0.18| < 25.22$  **vérifié** (0.01)

**Traction des boulons**

$e = 42$  [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme de la poutre principale

$M_{0t} = 0.5$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_{0t} = 0.5 \cdot (M_{b1,Ed} + V_{b1,Ed} \cdot e)$

$F_{t,Ed} = 13.85$  [kN] Effort de traction dans le boulon extrême  $F_{t,Ed} = M_{0t} \cdot z_{max} / \sum z_i^2 + 0.5 \cdot N_{b2,Ed} / n$

$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$   $13.85 < 33.41$  **vérifié** (0.41)

**Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon**

$F_{v,Ed} = 0.39$  [kN] Effort tranchant résultant dans le boulon  $F_{v,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd}) \leq 1.0$   $0.31 < 1.00$  **vérifié** (0.31)

**Boulons assemblant la cornière à la poutre**

**Résistance des boulons**

$F_{v,Rd} = 60.32$  [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement  $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$

**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**

$\alpha_{bx} = 1.00$	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
$F_{b,Rd1x} = 34.31$ [kN]	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
$\alpha_{bz} = 0.70$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0.70 > 0.00$	vérifié
$F_{b,Rd1z} = 23.91$ [kN]	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
$\alpha_{bx} = 0.67$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.67 > 0.00$	vérifié
$F_{b,Rd2x} = 58.40$ [kN]	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
$\alpha_{bz} = 0.58$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0.58 > 0.00$	vérifié
$F_{b,Rd2z} = 50.44$ [kN]	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**

$e = 42$ [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme de la poutre principale	
$M_0 = 1.1$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = V_{b1,Ed} * e$
$F_{Nx} = 0.0$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{Nx} = N_{b1,Ed}/n$
$F_{Vz} = 0.3$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = V_{b1,Ed}/n$
$F_{Mx} = 27.69$ [kN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction x	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum(x_i^2 + z_i^2)$
$F_{Mz} = 0.0$ [kN]	Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction z	$F_{Mz} = M_0 * x_i / \sum(x_i^2 + z_i^2)$
$F_{x,Ed} = 27.69$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z1,Ed} = 0.3$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z1,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Rdx} = 34.31$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 23.91$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ 27.69  < 34.31$	vérifié (0.81)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ 0.36  < 23.91$	vérifié (0.02)

### Vérification de la section pour le cisaillement de bloc

#### Cornière

$A_{nt} = 1.95$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 2.67$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 64.70$ [kN]	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_{b1,Ed}  \leq V_{effRd}$		$ -0.36  < 64.70$	<b>vérifié</b> (0.01)

#### Poutre

$A_{nt} = 1.29$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 4.02$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 73.39$ [kN]	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_{b1,Ed}  \leq V_{effRd}$		$ -0.72  < 73.39$	<b>vérifié</b> (0.01)

### Vérification de la poutre principale

#### Pression du boulon sur l'âme de la poutre principale

Direction x			
$k_x = 2.50$		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_x = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_x > 0.0$		$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} = 1.00$		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2 / (3 * d_0), f_{ub} / f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		$1.00 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rdx} = 51.83$ [kN]		Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rdx} = k_x * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$
Direction z			
$k_z = 2.50$		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_z = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_z > 0.0$		$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} = 1.00$		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1 / (3 * d_0), p_1 / (3 * d_0) - 0.25, f_{ub} / f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		$1.00 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rdz} = 51.83$ [kN]		Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rdz} = k_z * \alpha_{bz} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

#### Force résultante agissant sur le boulon de rive

$F_{x,Ed} = 1.03$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x		$F_{x,Ed} = F_{x1,Ed} + F_{x2,Ed}$
$F_{z,Ed} = 0.54$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z		$F_{z,Ed} = F_{z1,Ed} + F_{z2,Ed}$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{b,Rdx}$		$ 1.03  < 51.83$	<b>vérifié</b> (0.02)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{b,Rdz}$		$ 0.54  < 51.83$	<b>vérifié</b> (0.01)

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0.81**

#### II.4. Assemblage poteau-poteau (HEA240-HEA240)

Ce sont des assemblages rigide qui transmettant tous les efforts d'un composant à l'autre. Les boulons à utilisés peuvent être des boulons ordinaires ou des boulons HR précontraint.

Donnée :

- 8 Boulons de classe 10.9 de type M18
- Epaisseur de la platine : = 20 mm.
- = 1000 N/mm<sup>2</sup>.
- = 360 MPa.

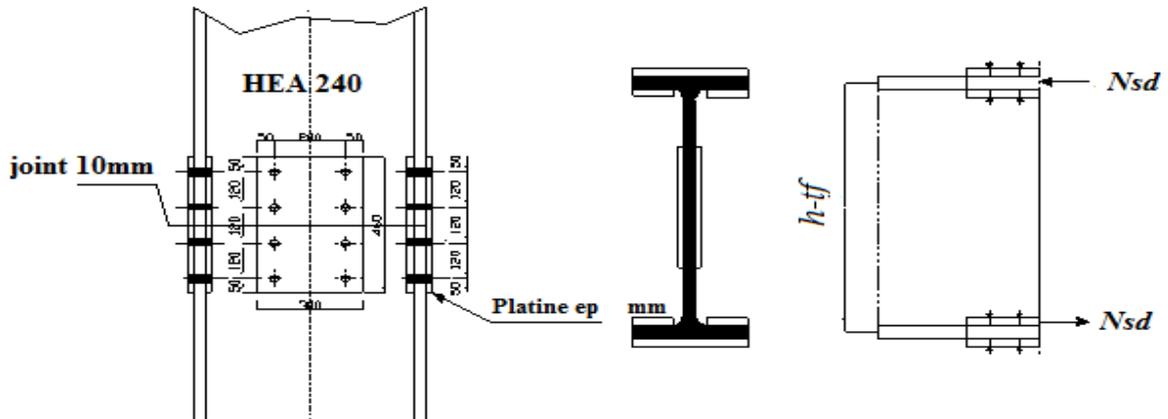


Figure 43 : Assemblage poteau-poteau par couvre joint.

**II.4.1. Disposition géométrique :**

3·;200mm) Soit =100 mm.

2.2·;200mm) Soit =100 mm

1.5· Soit =50 mm.

1.2· Soit = 50 mm.

On vérifiera en premier lieu l’assemblage des semelles (couvre joint et boulon) et en second lieu l’âme (couvre joint et boulon).

**II.4.2. Assemblage des semelles par couvre joint :**

➤ **Résistance de la semelle du profilé :**

$$= b \cdot = 240 \times 12 = 2880 \text{ mm}^2.$$

$$= - 2 \cdot = 2880 - 40 \times 12 = 2400 \text{ mm}^2.$$

Dans le cas des structures pouvant être soumise au séisme, un comportement ductile des éléments peut être requis, ce qui exclut toute rupture d’assemblage avant plastification de la section courante de l’élément. Il convient alors de s’assurer que :

$$= 0.9 \cdot 0.9 \dots (*)$$

$$0.9 = 0.9 = 0.75$$

$\sigma = 0.74$ . Il n'est pas nécessaire de faire une vérification en section nette de la semelle en traction.

➤ **Résistance des couvre joint de la semelle**

Calcul des sections brutes et nettes des couvre joint :

$$S_b = b \cdot t = 240 \times 20 = 4800 \text{ mm}^2.$$

$$S_n = S_b - 2 \cdot a \cdot t = 4800 - 40 \times 12 = 4320 \text{ mm}^2.$$

$$N_{t,b} = \sigma \cdot S_n = 1025.45 \text{ KN}.254$$

$$N_{t,b} = 651.51 \text{ KN Vérifiée.}$$

➤ **Résistance des boulons des semelles :**

La résistance au cisaillement d'un boulon HR donnée par :

$$R_{s,b} = 0.6 \cdot f_u \cdot A_s = 121.92 \text{ KN}.$$

La résistance de 4 boulons sollicités en double cisaillement est :

$$N_{s,b} = 4 \times R_{s,b} = 4 \times 2 \times 121.92 = 975.36 \text{ KN. Non Vérifiée.}$$

Donc il est nécessaire d'augmenter la section des boulons, soit M24 ( $A_s = 452 \text{ mm}^2$ ).

$$R_{s,b} = 0.6 \cdot f_u \cdot A_s = 216.96 \text{ KN}.$$

$$N_{s,b} = 4 \times R_{s,b} = 4 \times 2 \times 216.96 = 1735.68 \text{ KN. Vérifiée.}$$

- Boulons de la semelle tendue en pression diamétrale :

$$n = 2.5$$

$$\alpha = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}, \frac{e_2}{3d_0}, 1 \right) = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}, \frac{e_2}{3d_0}, 1 \right) = 0.64$$

$$R_{t,b} = \alpha \cdot f_u \cdot A_s = 239.616 \text{ KN}.$$

La résistance totale des 4 boulons vaut donc :

$$N_{t,b} = 4 \times R_{t,b} = 4 \times 2 \times 239.616 = 1916.92 \text{ KN} = 1303.02 \text{ KN. Vérifiée.}$$

**II.4.3. Assemblage des âmes par couvre joint**

La largeur du couvre joint :  $b = b(\text{HEA } 240) - 60 = 180 \text{ mm}$

$$S_b = b \cdot t = 180 \times 20 = 3600 \text{ mm}^2.$$

$$S_n = S_b - 2 \cdot a \cdot t = 3600 - 2 \cdot 40 \cdot 20 = 2800 \text{ mm}^2.$$

$$(*) \sigma = 0.9 \cdot f_t = 0.74.$$

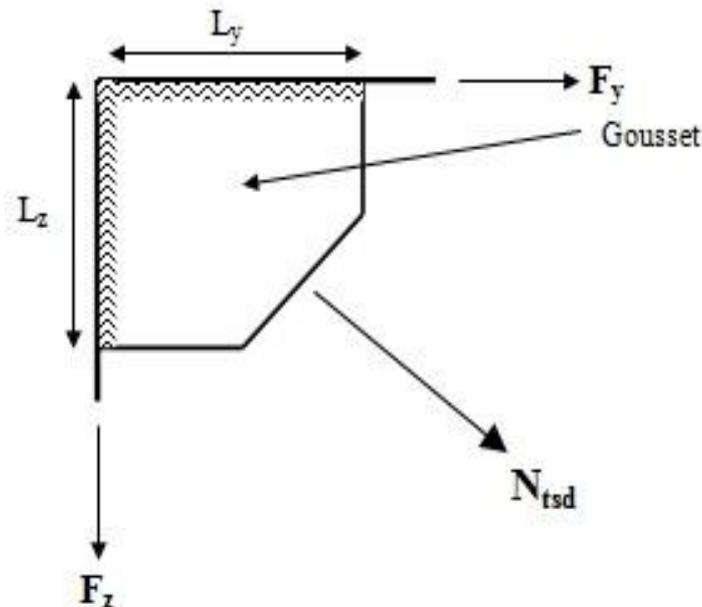
Donc il n'y a pas lieu de tenir des trous de fixation.

**II.5. Assemblage des éléments de contreventements :**

**II.5.1. Assemblage du contreventement en croix de Saint-André-portique :**

L'assemblage se fait par la détermination de l'élément le plus sollicité avec un effort de traction  $N_{t, sd}$

➤ **Assemblage gousset-nœud du portique :**



**Figure 44 :** Assemblage gousset nœud du portique par cordon de soudure.

**II.5.1.1. Pré dimensionnement du gousset :**

L'épaisseur du gousset dépend de l'effort appliqué, elle est donnée par le tableau suivant :

*Tableau 18 :* L'épaisseur du gousset en fonction de l'effort appliqué.

F(KN)	200	200-450	450-750	750-1150	1150-1650
e (mm)	8	10	12	14	16

=209.31 KN, donc en prend : e = 10 mm

- **Pré dimensionnement de la gorge de soudure**

Elle est donnée par la formule suivante :

3mm a 0.5

: Épaisseur maximale des pièces assemblées

= t (HEA 240) =7.5 mm

Donc :  $a = 3.5 \text{ mm}$ .

La longueur du cordon de soudure est donnée par :  $L \dots (**)$

Il faut décomposer l'effort en deux composantes :

$$= 33^\circ$$

Donc :

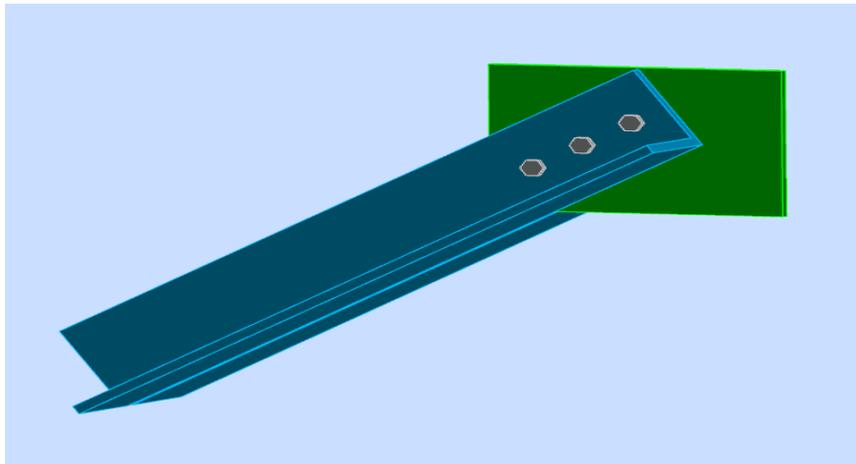
$$= \cdot \cos = 175.54 \text{ KN.}$$

$$= \cdot \sin = 114 \text{ KN.}$$

A partir de l'équation (\*\*), on aura :

**II.5.2. Assemblage des diagonales sur le gousset au niveau du nœud de portique :**

Pour ce type d'assemblage, on choisit des boulons ordinaires de classe 8.8 et on dispose trois boulons dans chaque rangée.



**Figure 45 :** Assemblage des diagonales sur gousset.

- **Distribution de l'effort normale sur les boulons**

=

Avec :

p : Nombre de plan de cisaillement.

n : Nombre de boulons.

$$= = 51.55 \text{ KN.}$$

- **Dimensionnement des boulons :**

$$= 0.6$$

$$63.24 \text{ mm}^2.$$

On choisit des boulons de types M 12 avec :  $\text{mm}^2$ .

• Disposition géométrique :

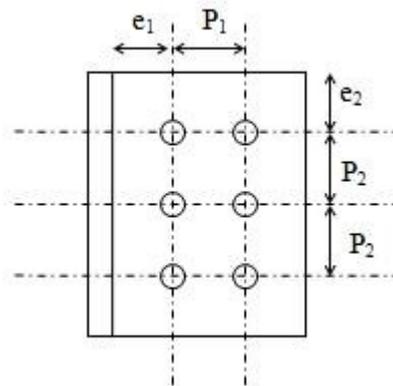


Figure 46 : Disposition géométrique.

$3 \cdot 200 \text{ mm}$ ) Soit = 60 mm

$1.5 \cdot$  Soit = 40 mm

$1.2 \cdot$  Soit = 60 mm

**II.5.2.1. Vérification vis-à-vis de l'assemblage trop long :**

$l = (n - 1) \cdot e_1 = (3 - 1) \cdot 60 = 120 \text{ mm}$

$15d = 15 \cdot 12 = 180 \text{ mm}$

$l < 15d$  L'assemblage n'est pas long.

**II.5.2.2. Vérification vis-à-vis de la pression diamétrale :**

➤ **Cornière :**

On doit vérifier que :  $\sigma = 2.5$

$= \min ( \dots , 1 ) = 1$

$= 2.5 \cdot \dots = 103.68 \text{ KN}$ .

$= 103.68 \text{ KN}$ .

➤ **Gousset :**

$= 2.5 \cdot \dots = 86.86 \text{ KN}$ .

$= 51.55 \text{ KN}$ . Vérifiée

**II.5.2.3. Vérification de la section nette de la cornière :**

On vérifie que :

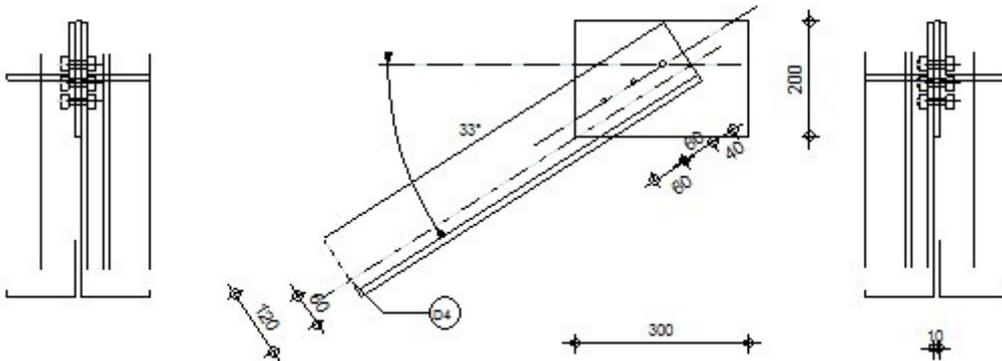
$= 0.9 \cdot \dots$

$= 642 = \text{mm}^2$ .

= 209.13 KN = 462.24 KN. Vérifiée.

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011	
	<b>Calcul de l'assemblage au gousset</b> EN 1993-1-8:2005/AC:2009	

D4 - 2 CAE 120x12



### Général

Assemblage N° : 1  
 Nom de l'assemblage : Gousset - barre simple  
 Noeud de la structure : 53  
 Barres de la structure : 886,

### Géométrie

#### Barres

		Barre 4			
<b>Barre N° :</b>		886			
<b>Profilé :</b>		2 CAE 120x12			
	h	120			mm
	b <sub>f</sub>	120			mm
	t <sub>w</sub>	12			mm
	t <sub>f</sub>	12			mm
	r	13			mm
	A	55.08			cm <sup>2</sup>
<b>Matériau :</b>		ACIER E24			
	f <sub>y</sub>	235.00			MPa
	f <sub>u</sub>	365.00			MPa

		Barre 4					
Barre N° :		886					
Angle	$\alpha$	-147.4					Deg
Longueur	1	2.79					m

## Boulons

### Barre 4

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	12	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	14	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	0.84	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	1.13	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	550.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	800.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60; 60	[mm]	
e <sub>1</sub> =	40	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	60	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	0	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

## Soudures

### Soudures d'angle du gousset

a =	5	[mm]	Bord a
b =	5	[mm]	Bord b

## Gousset

l <sub>p</sub> =	300	[mm]	Longueur de la platine
h <sub>p</sub> =	200	[mm]	Hauteur de la platine
t <sub>p</sub> =	10	[mm]	Épaisseur de la platine

### Paramètres

h <sub>1</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>1</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>2</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>2</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>3</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>3</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>4</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>4</sub> =	0	[mm]	Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (150;100)

e <sub>v</sub> =	125	[mm]	Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
e <sub>H</sub> =	200	[mm]	Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
Matériau :	ACIER		

$f_y = 235.00$  [MPa] Résistance

### Coefficients de matériau

$\gamma_{M0} = 1.00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M2} = 1.25$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]

### Efforts

Cas : 13:  $G+Q+1.2EY (1+2) * 1.00 + 6 * 1.20$

$N_{b4,Ed} = -209.31$  [kN] Effort axial

### Résultats

#### Barre 4

#### Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 86.86$  [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement  $F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$

#### Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**

$\alpha_{bx} = 0.95$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0.95 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd1x} = 200.2$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **Vérifié**

$\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd1z} = 210.24$  [kN] 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 platine

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**

$\alpha_{bx} = 1.00$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd2x} = 87.6$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Direction z		
$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	Vérfié
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1.00 > 0.00$	vérfié
$F_{b,Rd2z} = 87.60$ [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons

cisaillement des boulons

$e = 26$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 = -5.45$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b4,Ed} \cdot e$
$F_{NSd} = 69.77$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$
$F_{MSd} = 45.41$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} = 69.77$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 45.41$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} = 86.86$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 86.86$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ -69.77  < 86.86$	vérfié (0.80)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -45.41  < 86.86$	vérfié (0.52)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.64$	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A = 27.54$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière	
$A_{net} = 25.86$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f4}$
$N_{u,Rd} = 485.45$ [kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u4}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 582.50$ [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y4}) / \gamma_{M2}$
$ 0.5 \cdot N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -104.65  < 485.45$	vérfié (0.22)
$ 0.5 \cdot N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -104.65  < 582.50$	vérfié (0.18)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 6.42$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} = 15.00$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} = 296.37$ [kN]	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 N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -104.65  < 296.37$	vérfié (0.35)

Attache gousset

Soudure horizontale

Vérification des soudures d'angle

$e = 96$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport au centre de gravité du groupes de boulons	
$M_0 = 0.01$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot e$
$A_s = 20.00$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section des soudures	
$I_0 = 668.33$ [cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie polaire des soudures	

$e = 96$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport au centre de gravité du groupes de boulons		
$M_0 = 0.01$ $\frac{[kN \cdot m]}{m}$	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot e$	
$\tau_{Nx} = 88.2$ $\frac{[MPa]}{1}$	Contrainte composante due à l'influence de l'effort axial	$\tau_{Nx} = [N_1 \cdot \cos(\alpha_1)] / A_s$	
$\tau_{Nz} = 56.3$ $\frac{[MPa]}{1}$	Contrainte composante due à l'influence de l'effort tranchant	$\tau_{Nz} = [N_1 \cdot \sin(\alpha_1)] / A_s$	
$\tau_{Mx} = 4.04$ $\frac{[MPa]}{1}$	Contrainte composante due à l'influence du moment sur la direction x	$\tau_{Mx} = M_0 \cdot x / I_0$	
$\tau_{Mz} = 161.$ $\frac{[MPa]}{48}$	Contrainte composante due à l'influence de l'effort du moment sur la direction z	$\tau_{Mz} = M_0 \cdot z / I_0$	
$\tau = 236.$ $\frac{[MPa]}{52}$	Contrainte résultante	$\tau = \sqrt{[(\tau_{Nx} + \tau_{Mx})^2 + (\tau_{Nz} + \tau_{Mz})^2]}$	
$\beta_w = 0.85$	Coefficient de corrélation	[Tableau 4.1]	
$f_{vw,d} = 505.$ $\frac{[MPa]}{76}$		$f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$	
$\tau \leq f_{vRd}$	$236.52 < 505.76$	<b>vérifié</b>	$(0.47)$

**Soudure verticale**

$e = 96$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport au centre de gravité du groupes de boulons		
$M_0 = 0.01$ $\frac{[kN \cdot m]}{m}$	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot e$	
$A_s = 20.00$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section des soudures		
$I_0 = 668.3$ $\frac{[cm^4]}{3}$	Moment d'inertie polaire des soudures		
$\tau_{Nx} = 88.21$ $\frac{[MPa]}{1}$	Contrainte composante due à l'influence de l'effort axial	$\tau_{Nx} = [N_1 \cdot \cos(\alpha_1)] / A_s$	
$\tau_{Nz} = 56.31$ $\frac{[MPa]}{1}$	Contrainte composante due à l'influence de l'effort tranchant	$\tau_{Nz} = [N_1 \cdot \sin(\alpha_1)] / A_s$	
$\tau_{Mx} = 4.04$ $\frac{[MPa]}{1}$	Contrainte composante due à l'influence du moment sur la direction x	$\tau_{Mx} = M_0 \cdot x / I_0$	
$\tau_{Mz} = 161.4$ $\frac{[MPa]}{8}$	Contrainte composante due à l'influence de l'effort du moment sur la direction z	$\tau_{Mz} = M_0 \cdot z / I_0$	
$\tau = 236.5$ $\frac{[MPa]}{2}$	Contrainte résultante	$\tau = \sqrt{[(\tau_{Nx} + \tau_{Mx})^2 + (\tau_{Nz} + \tau_{Mz})^2]}$	
$\beta_w = 0.85$	Coefficient de corrélation	[Tableau 4.1]	
$f_{vw,d} = 505.7$ $\frac{[MPa]}{6}$		$f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$	
$\tau \leq f_{vRd}$	$236.52 < 505.76$	<b>vérifié</b>	$(0.47)$

II.5.3. Assemblage de contreventement en x au gousset central :

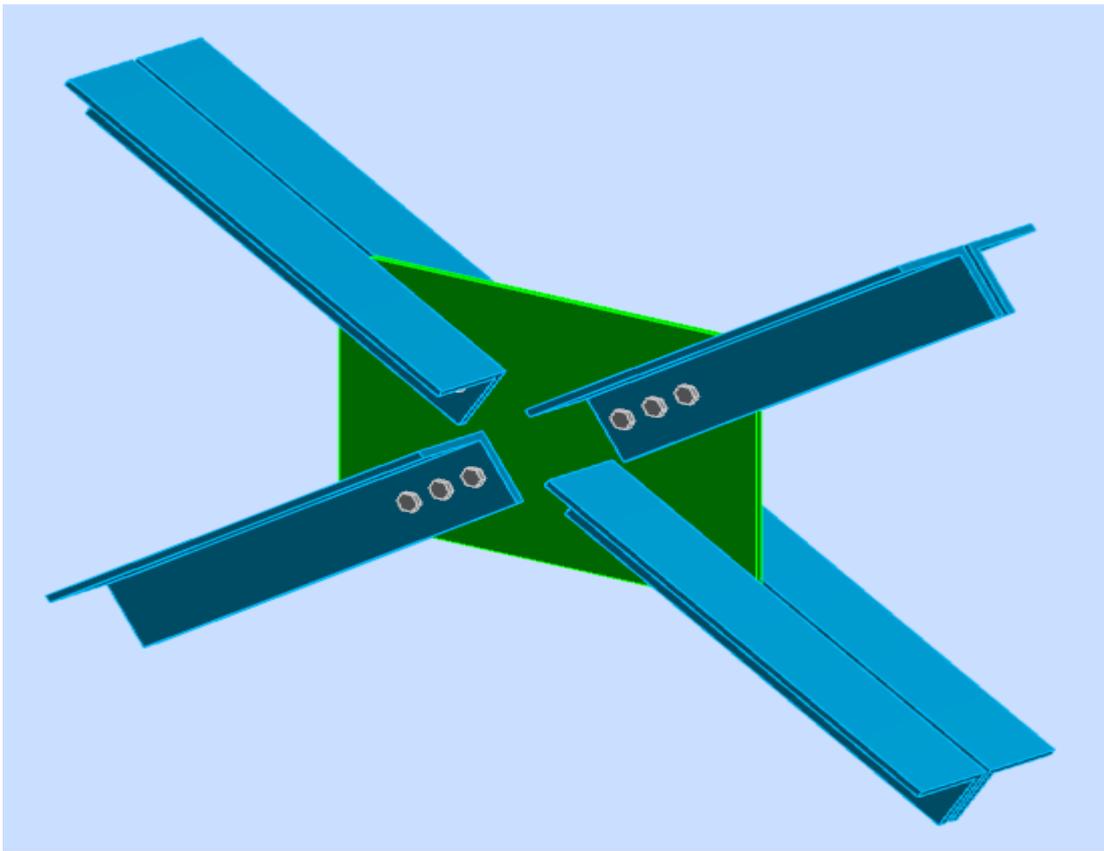
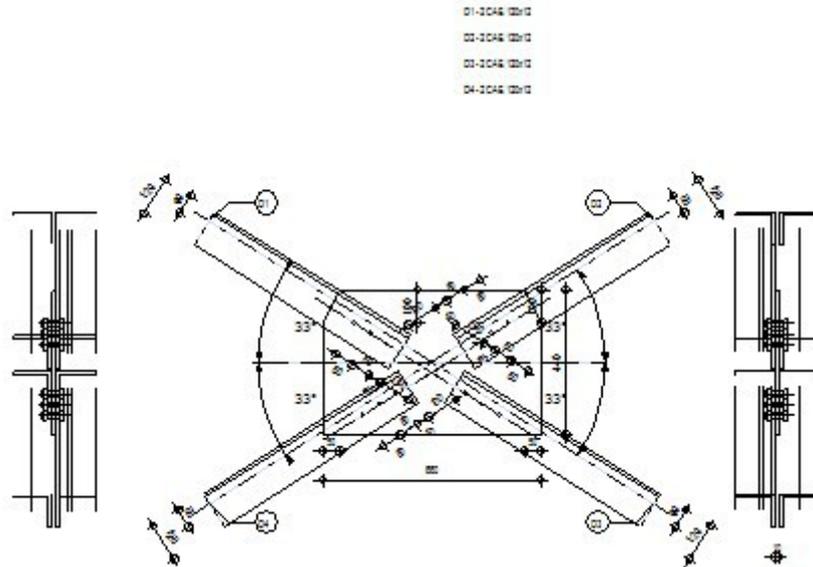


Figure 47 : assemblage contreventement en X –gousset centrale.

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011 <b>Calcul de l'assemblage au gousset</b> EN 1993-1-8:2005/AC:2009</p>	 Ratio <b>0.90</b>
---	---	--



**Général**

Assemblage N° : 15  
 Nom de l'assemblage : Gousset - contreventement  
 Noeud de la structure : 150  
 Barres de la structure : 886, 884, 885, 883,

**Géométrie**

**Barres**

		Barre 1	Barre 2	Barre 3	Barre 4	
<b>Barre N° :</b>		886	884	885	883	
<b>Profilé :</b>		2 CAE 120x12	2 CAE 120x12	2 CAE 120x12	2 CAE 120x12	
	h	120	120	120	120	Mm
	b <sub>f</sub>	120	120	120	120	Mm
	t <sub>w</sub>	12	12	12	12	Mm
	t <sub>f</sub>	12	12	12	12	Mm
	r	13	13	13	13	Mm
	A	55.08	55.08	55.08	55.08	cm2
<b>Matériau :</b>		ACIER E24	ACIER E24	ACIER E24	ACIER E24	
	f <sub>y</sub>	235.00	235.00	235.00	235.00	MPa
	f <sub>u</sub>	365.00	365.00	365.00	365.00	MPa
<b>Angle</b>	α	32.6	32.6	32.6	32.6	Deg
<b>Longueur</b>	l	0.00	0.00	0.00	0.00	m

**Boulons**

Barre 1

Classe =	4.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.57	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	2.01	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	280.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	400.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60; 60	[mm]	
e <sub>1</sub> =	40	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	60	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	100	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 2**

Classe =	4.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.57	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	2.01	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	280.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	400.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60; 60	[mm]	
e <sub>1</sub> =	40	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	60	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	100	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 3**

Classe =	4.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.57	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	2.01	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	280.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	400.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60; 60	[mm]	
e <sub>1</sub> =	40	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	60	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	100	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 4**

Classe =	4.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.57	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	2.01	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	280.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	400.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3		Nombre de colonnes des boulons

Classe =	4.8	Classe du boulon
d =	16 [mm]	Diamètre du boulon
Espacement des boulons	60; 60 [mm]	
e <sub>1</sub> =	40 [mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	60 [mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	100 [mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Gousset**

l <sub>p</sub> =	660 [mm]	Longueur de la platine
h <sub>p</sub> =	440 [mm]	Hauteur de la platine
t <sub>p</sub> =	10 [mm]	Épaisseur de la platine

**Paramètres**

h <sub>1</sub> =	50 [mm]	Grugeage
v <sub>1</sub> =	100 [mm]	Grugeage
h <sub>2</sub> =	50 [mm]	Grugeage
v <sub>2</sub> =	100 [mm]	Grugeage
h <sub>3</sub> =	0 [mm]	Grugeage
v <sub>3</sub> =	0 [mm]	Grugeage
h <sub>4</sub> =	0 [mm]	Grugeage
v <sub>4</sub> =	0 [mm]	Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (0; -3)

e <sub>v</sub> =	220 [mm]	Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
e <sub>H</sub> =	330 [mm]	Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
Matériau :	ACIER	
f <sub>y</sub> =	235.00 [MPa]	Résistance

**Coefficients de matériau**

γ <sub>M0</sub> =	1.00	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ <sub>M2</sub> =	1.25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

**Efforts**

Cas : 13: G+Q+1.2EY (1+2) \*1.00+6\*1.20

N <sub>b1,Ed</sub> =	-209.31 [kN]	Effort axial
N <sub>b2,Ed</sub> =	-193.24 [kN]	Effort axial
N <sub>b3,Ed</sub> =	-209.47 [kN]	Effort axial
N <sub>b4,Ed</sub> =	-193.39 [kN]	Effort axial

**Résultats**

**Barre 1**

*Résistance des boulons*

$F_{v,Rd} = 77.21$  [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement  $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$

**Pression du boulon sur la barre**

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bx} = 0.74$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0.74 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd1x} = \frac{207.6}{4}$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd1z} = 280.32$  [kN] 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 platine**

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bx} = 0.86$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0.86 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd2x} = \frac{100.5}{8}$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd2z} = 116.80$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale  $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

*Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons*

**cisaillement des boulons**

$e = 26$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons

$M_0 = -5.45$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = N_{b1,Ed} \cdot e$

$F_{NSd} = 69.77$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  $F_{NSd} = N_{b1,Ed} / n$

$F_{MSd} = 45.41$  [kN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment  $F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$

$F_{x,Ed} = 69.77$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  $F_{x,Ed} = F_{NSd}$

$F_{z,Ed} = 45.41$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z  $F_{z,Ed} = F_{MSd}$

$F_{Rdx} = 77.21$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x  $F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$

$F_{Rdz} = 77.21$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z  $F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ -69.77  < 77.21$	vérifié	(0.90)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -45.41  < 77.21$	vérifié	(0.59)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.57$	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]	
$A = 27.54 \text{ [cm}^2\text{]}$	Aire de la section transversale de la cornière		
$A_{net} = 25.38 \text{ [cm}^2\text{]}$	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_f$	
$N_{u,Rd} = 419.98 \text{ [kN]}$	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u1}) / \gamma_{M2}$	
$N_{pl,Rd} = 582.50 \text{ [kN]}$	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y1}) / \gamma_{M2}$	
$ 0.5 \cdot N_{b1,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -104.65  < 419.98$	vérifié	(0.25)
$ 0.5 \cdot N_{b1,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -104.65  < 582.50$	vérifié	(0.18)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 6.12 \text{ [cm}^2\text{]}$	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 13.80 \text{ [cm}^2\text{]}$	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 276.59 \text{ [kN]}$	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 N_{b1,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -104.65  < 276.59$	vérifié	(0.38)

Barre 2

Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 77.21 \text{ [kN]}$	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$
---------------------------------	---	---

Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	vérifié
$\alpha_{bx} = 0.74$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.74 > 0.00$	vérifié
$F_{b,Rd1x} = 207.64 \text{ [kN]}$	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_f / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	vérifié
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1.00 > 0.00$	vérifié
$F_{b,Rd1z} = 280.32 \text{ [kN]}$	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_f / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la platine

Direction x

$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	vérifié
$\alpha_{bx} = 0.86$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.86 > 0.00$	vérifié
$F_{b,Rd2x} = 100.58 \text{ [kN]}$	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_f / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
-----------------	--	--

$k_{1z} > 0.0$	2.50 > 0.00	vérifié	
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	1.00 > 0.00	vérifié	
$F_{b,Rd2z} = 116.80$ [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale		$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$
<b>Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons</b>			
<b>cisaillement des boulons</b>			
$e = 26$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons		
$M_0 = -5.03$ [kN*m]	Moment fléchissant réel		$M_0 = N_{b2,Ed} * e$
$F_{NSd} = 64.41$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial		$F_{NSd} = N_{b2,Ed} / n$
$F_{MSd} = 41.92$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment		$F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} = 64.41$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x		$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 41.92$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z		$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} = 77.21$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x		$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 77.21$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z		$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ -64.41  < 77.21$	vérifié	(0.83)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -41.92  < 77.21$	vérifié	(0.54)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.57$	Coefficient de réduction		[Tableau 3.8]
$A = 27.54$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière		
$A_{net} = 25.38$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette		$A_{net} = A - d_0 * t_f$
$N_{u,Rd} = 419.98$ [kN]	Résistance de calcul de la section nette		$N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u2}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 582.50$ [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute		$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y2}) / \gamma_{M2}$
$ 0.5 * N_{b2,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -96.62  < 419.98$	vérifié	(0.23)
$ 0.5 * N_{b2,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -96.62  < 582.50$	vérifié	(0.17)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 6.12$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 13.80$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 276.5$ [kN]	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 * N_{b2,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -96.62  < 276.59$	vérifié	(0.35)

Barre 3

Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 77.21$ [kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement		$F_{v,Rd} = 0.6 * f_u * A_w * m / \gamma_{M2}$
-------------------------	---	--	--

Pression du boulon sur la barre

Direction x			
$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2.50 > 0.00	vérifié	
$\alpha_{bx} = 0.74$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons		$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	0.74 > 0.00	vérifié	
$F_{b,Rd1x} = 207.6$ [kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou		$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1.00 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd1z} = 280.32$ [kN]	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 platine

Direction x

$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_1 = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} = 0.86$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.86 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2x} = 100.5$ [kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_1 \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1.00 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2z} = 116.80$ [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons

cisaillement des boulons

$e = 26$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 = -5.45$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b3,Ed} \cdot e$
$F_{NSd} = 69.82$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b3,Ed} / n$
$F_{MSd} = 45.45$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} = 69.82$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 45.45$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} = 77.21$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 77.21$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ -69.82  < 77.21$	<b>vérifié</b> (0.90)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -45.45  < 77.21$	<b>vérifié</b> (0.59)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.57$	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A = 27.54$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière	
$A_{net} = 25.38$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{r3}$
$N_{u,Rd} = 419.98$ [kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u3}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 582.50$ [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y3}) / \gamma_{M2}$
$ 0.5 \cdot N_{b3,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -104.74  < 419.98$	<b>vérifié</b> (0.25)
$ 0.5 \cdot N_{b3,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -104.74  < 582.50$	<b>vérifié</b> (0.18)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 6.12$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction
$A_{nv} = 13.80$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 6.12$  [cm<sup>2</sup>] Aire nette de la zone de la section en traction  
 $V_{effRd} = \frac{276.5}{9}$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous  
 $V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$   
 $|0.5 \cdot N_{b3,Ed}| \leq V_{effRd} \quad | -104.74 | < 276.59$  **vérifié** (0.38)

Barre 4

Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 77.21$  [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement  
 $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$   
 $k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**  
 $\alpha_{bx} = 0.74$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$   
 $\alpha_{bx} > 0.0$   $0.74 > 0.00$  **vérifié**  
 $F_{b,Rd1x} = \frac{207.6}{4}$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  
 $F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$   
 $k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**  
 $\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$   
 $\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  **vérifié**  
 $F_{b,Rd1z} = 280.32$  [kN] 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 platine

Direction x

$k_1 = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_1 = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$   
 $k_1 > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**  
 $\alpha_{bx} = 0.86$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$   
 $\alpha_{bx} > 0.0$   $0.86 > 0.00$  **vérifié**  
 $F_{b,Rd2x} = 100.58$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  
 $F_{b,Rd2x} = k_1 \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$   
 $k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**  
 $\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$   
 $\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  **vérifié**  
 $F_{b,Rd2z} = 116.80$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale  
 $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons

cisaillement des boulons

$e = 26$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons  
 $M_0 = -5.03$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = N_{b4,Ed} \cdot e$   
 $F_{NSd} = 64.46$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  $F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$   
 $F_{MSd} = 41.96$  [kN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment  $F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum X_i^2$   
 $F_{x,Ed} = 64.46$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  $F_{x,Ed} = F_{NSd}$

$e = 26$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons		
$M_0 = -5.03$ [kN*m]	Moment fléchissant réel		$M_0 = N_{b4,Ed} * e$
$F_{z,Ed} = 41.96$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z		$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} = 77.21$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x		$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 77.21$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z		$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$		$ -64.46  < 77.21$	<b>vérifié</b> (0.83)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$		$ -41.96  < 77.21$	<b>vérifié</b> (0.54)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.57$	Coefficient de réduction		[Tableau 3.8]
$A = 27.54$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière		
$A_{net} = 25.38$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette		$A_{net} = A - d_0 * t_f$
$N_{u,Rd} = 419.98$ [kN]	Résistance de calcul de la section nette		$N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u4}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 582.50$ [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute		$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y4}) / \gamma_{M2}$
$ 0.5 * N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$		$ -96.70  < 419.98$	<b>vérifié</b> (0.23)
$ 0.5 * N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$		$ -96.70  < 582.50$	<b>vérifié</b> (0.17)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 6.12$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 13.80$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 276.59$ [kN]	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 * N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$		$ -96.70  < 276.59$	<b>vérifié</b> (0.35)

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0.90**

II.5.4. Assemblage de contreventement en « V » inversé :

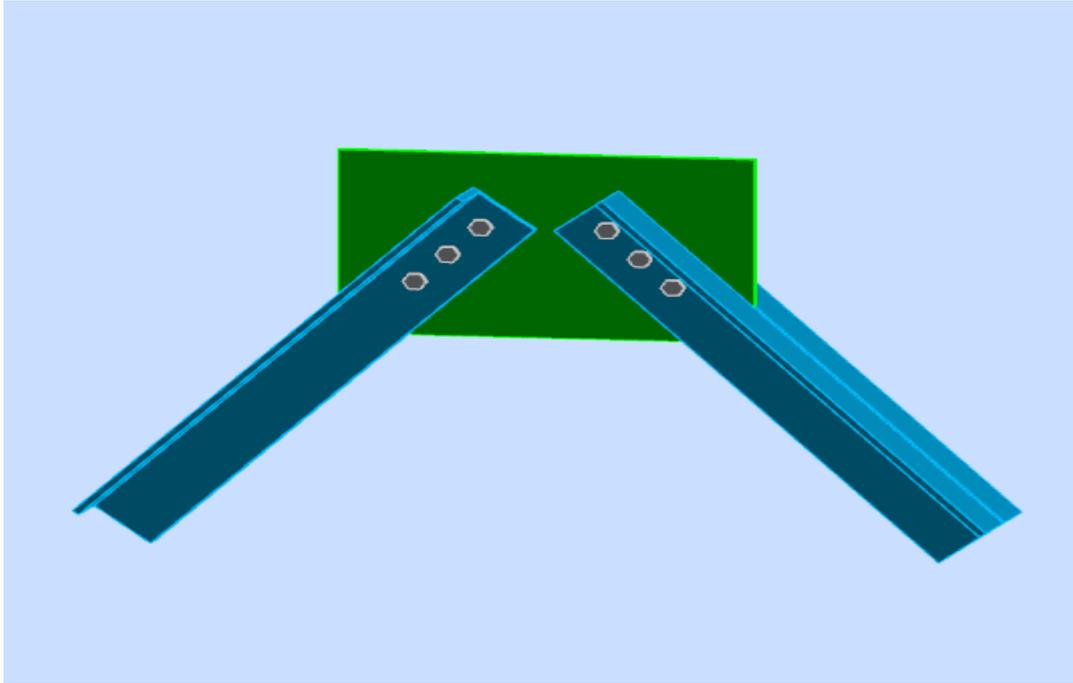


Figure 48 : Assemblage de contreventement en V inversé.

➤ **Assemblage gousset-poutre principale :**

- Pré dimensionnement du gousset

La plaque est soumise à deux efforts de traction :

$$= 270.74 + 268.91 = 539.65 \text{ KN.}$$

$$t = 10 \text{ mm.}$$

- Pré dimensionnement de la gorge de soudure

La gorge de soudure doit vérifier la condition suivante :

$$3 \text{ mm} \leq a \leq 0.5$$

$$= t (\text{IPE 200}) = 8.5 \text{ mm.}$$

$$\text{Donc : } a = 4 \text{ mm.}$$

La longueur du cordon de soudure est donnée par : L

$$L = 34.48 \text{ cm.}$$



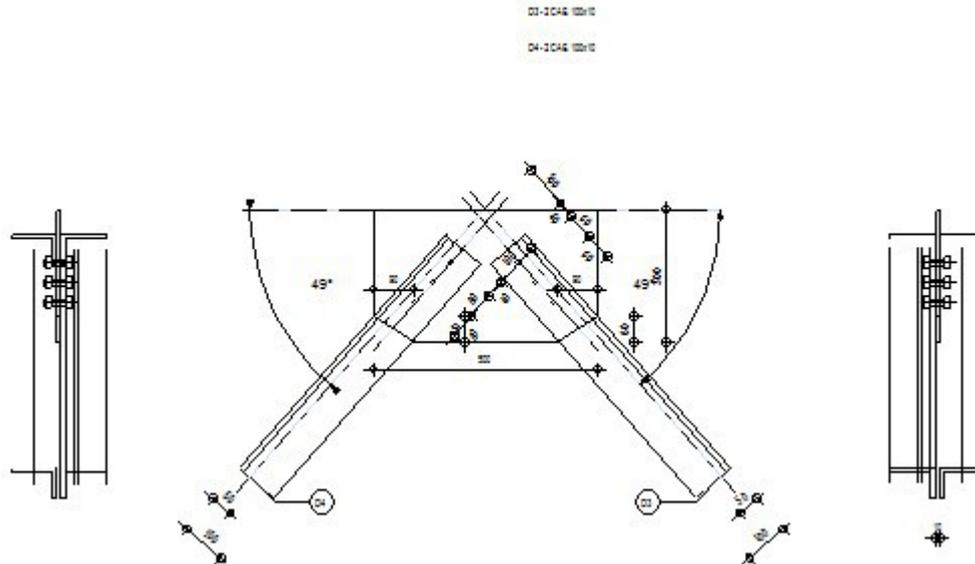
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011

**Calcul de l'assemblage au gousset**

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Ratio **0.88**



**Général**

Assemblage N° : 1  
 Nom de l'assemblage : Gousset - contreventement  
 Noeud de la structure : 165  
 Barres de la structure : 159, 158,

**Géométrie**

**Barres**

	Barre 3	Barre 4		
<b>Barre N° :</b>	159	158		
<b>Profilé :</b>	2 CAE 100x10	2 CAE 100x10		
h	100	100		mm
b <sub>f</sub>	100	100		mm
t <sub>w</sub>	10	10		mm
t <sub>f</sub>	10	10		mm
r	12	12		mm
A	38.31	38.31		cm <sup>2</sup>
<b>Matériau :</b>	ACIER E24	ACIER E24		
f <sub>y</sub>	235.00	235.00		MPa
f <sub>u</sub>	365.00	365.00		MPa
<b>Angle</b>	α	48.8		Deg
<b>Longueur</b>	l	0.00		m

**Boulons**

**Barre 3**

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	14	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	16	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.15	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	1.54	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	550.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	800.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60; 60	[mm]	
e <sub>1</sub> =	40	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	50	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	100	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 4**

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	14	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	16	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.15	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	1.54	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	550.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	800.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60; 60	[mm]	
e <sub>1</sub> =	40	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	50	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	100	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Gousset**

l <sub>p</sub> =	500	[mm]	Longueur de la platine
h <sub>p</sub> =	300	[mm]	Hauteur de la platine
t <sub>p</sub> =	10	[mm]	Epaisseur de la platine

**Paramètres**

h <sub>1</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>1</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>2</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>2</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>3</sub> =	90	[mm]	Grugeage
v <sub>3</sub> =	60	[mm]	Grugeage
h <sub>4</sub> =	90	[mm]	Grugeage
v <sub>4</sub> =	60	[mm]	Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (0; -145)

e <sub>v</sub> =	300	[mm]	Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
e <sub>H</sub> =	250	[mm]	Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
Matériau :	ACIER		
f <sub>y</sub> =	235.00	[MPa]	Résistance

**Coefficients de matériau**

$\gamma_{M0}$ =	1.00	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
$\gamma_{M2}$ =	1.25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

**Efforts**

Cas : 12:  $G+Q+1.2EX (1+2) * 1.00 + 4 * 1.20$

$N_{b3,Ed}$ =	-270.74	[kN]	Effort axial
$N_{b4,Ed}$ =	-268.91	[kN]	Effort axial

**Résultats**

**Barre 3**

*Résistance des boulons*

$F_{v,Rd}$ =	118.22	[kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$
--------------	--------	------	---	---

**Pression du boulon sur la barre**

Direction x

$k_{1x}$ =	2.50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2.50 > 0.00		vérifié
$\alpha_{bx}$ =	0.83	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	0.83 > 0.00		vérifié

$F_{b,Rd1x}$ =	$\frac{170.3}{3}$	[kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$
----------------	-------------------	------	--	---

Direction z

$k_{1z}$ =	2.50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	2.50 > 0.00		vérifié
$\alpha_{bz}$ =	1.00	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	1.00 > 0.00		vérifié

$F_{b,Rd1z}$ =	204.40	[kN]	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 platine**

Direction x

$k_{1x}$ =	2.50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2.50 > 0.00		vérifié
$\alpha_{bx}$ =	1.00	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	1.00 > 0.00		vérifié

$F_{b,Rd2x}$ =	$\frac{102.2}{0}$	[kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$
----------------	-------------------	------	--	---

Direction z

$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1.00 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2z} = 102.20$ [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons

cisaillement des boulons

$e = 22$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	$M_0 = N_{b3,Ed} * e$
$M_0 = -5.90$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	
$F_{NSd} = 90.25$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b3,Ed} / n$
$F_{MSd} = 49.13$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} = 90.25$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 49.13$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} = 102.20$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 102.20$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ -90.25  < 102.20$	<b>vérifié</b> (0.88)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -49.13  < 102.20$	<b>vérifié</b> (0.48)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.60$	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A = 19.15$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière	
$A_{net} = 17.55$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 * t_{r3}$
$N_{u,Rd} = 307.55$ [kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u3}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 405.12$ [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y3}) / \gamma_{M2}$
$ 0.5 * N_{b3,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -135.37  < 307.55$	<b>vérifié</b> (0.44)
$ 0.5 * N_{b3,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -135.37  < 405.12$	<b>vérifié</b> (0.33)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 4.25$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} = 12.00$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} = 224.13$ [kN]	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 * N_{b3,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -135.37  < 224.13$	<b>vérifié</b> (0.60)

Barre 4

Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 118.22$ [kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$
--------------------------	---	---

Pression du boulon sur la barre

Direction x		
$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} = 0.83$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.83 > 0.00$	<b>vérifié</b>

$$F_{b,Rd1x} = \frac{170.3}{3} \text{ [kN]} \text{ Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou} \quad F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

Direction z

$$k_{1z} = 2.50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2.50 > 0.00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bz} = 1.00 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad \alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bz} > 0.0 \quad 1.00 > 0.00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd1z} = 204.40 \text{ [kN]} \text{ Résistance d'un boulon en pression diamétrale} \quad F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

**Pression du boulon sur la platine**

Direction x

$$k_{1x} = 2.50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_1 = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1x} > 0.0 \quad 2.50 > 0.00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bx} = 1.00 \quad \text{Coefficient dépendant de l'espacement des boulons} \quad \alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bx} > 0.0 \quad 1.00 > 0.00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd2x} = 102.20 \text{ [kN]} \text{ Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou} \quad F_{b,Rd2x} = k_1 \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

Direction z

$$k_{1z} = 2.50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2.50 > 0.00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bz} = 1.00 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad \alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bz} > 0.0 \quad 1.00 > 0.00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd2z} = 102.20 \text{ [kN]} \text{ Résistance d'un boulon en pression diamétrale} \quad F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

**Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons**

**cisaillement des boulons**

$$e = 22 \text{ [mm]} \text{ Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons}$$

$$M_0 = -5.86 \text{ [kN} \cdot \text{m]} \text{ Moment fléchissant réel} \quad M_0 = N_{b4,Ed} \cdot e$$

$$F_{NSd} = 89.64 \text{ [kN]} \text{ Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial} \quad F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$$

$$F_{MSd} = 48.80 \text{ [kN]} \text{ Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment} \quad F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$$

$$F_{x,Ed} = 89.64 \text{ [kN]} \text{ Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x} \quad F_{x,Ed} = F_{NSd}$$

$$F_{z,Ed} = 48.80 \text{ [kN]} \text{ Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z} \quad F_{z,Ed} = F_{MSd}$$

$$F_{Rdx} = 102.20 \text{ [kN]} \text{ Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x} \quad F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$$

$$F_{Rdz} = 102.20 \text{ [kN]} \text{ Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z} \quad F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$$

$$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx} \quad |-89.64| < 102.20 \quad \text{vérifié} \quad (0.88)$$

$$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz} \quad |-48.80| < 102.20 \quad \text{vérifié} \quad (0.48)$$

**Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous**

$$\beta_3 = 0.60 \quad \text{Coefficient de réduction} \quad [\text{Tableau 3.8}]$$

$$A = 19.15 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la section transversale de la cornière}$$

$$A_{net} = 17.55 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la section nette} \quad A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f4}$$

$$N_{u,Rd} = 307.55 \text{ [kN]} \text{ Résistance de calcul de la section nette} \quad N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{t4}) / \gamma_{M2}$$

$$N_{pl,Rd} = 405.12 \text{ [kN]} \text{ Résistance de calcul plastique de la section brute} \quad N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y4}) / \gamma_{M2}$$

$$|0.5 \cdot N_{b4,Ed}| \leq N_{u,Rd} \quad |-134.45| < 307.55 \quad \text{vérifié} \quad (0.44)$$

$$|0.5 \cdot N_{b4,Ed}| \leq N_{pl,Rd} \quad |-134.45| < 405.12 \quad \text{vérifié} \quad (0.33)$$

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 4.25$  [cm<sup>2</sup>] Aire nette de la zone de la section en traction

$A_{nv} = 12.00$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la zone de la section en traction

$V_{effRd} = \frac{224.1}{3}$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous

$$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$$

$|0.5 \cdot N_{b4,Ed}| \leq V_{effRd}$        $|-134.45| < 224.13$       **vérifié**      (0.60)

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**      Ratio 0.88

II.5.6. Assemblage des diagonales sur le gousset :

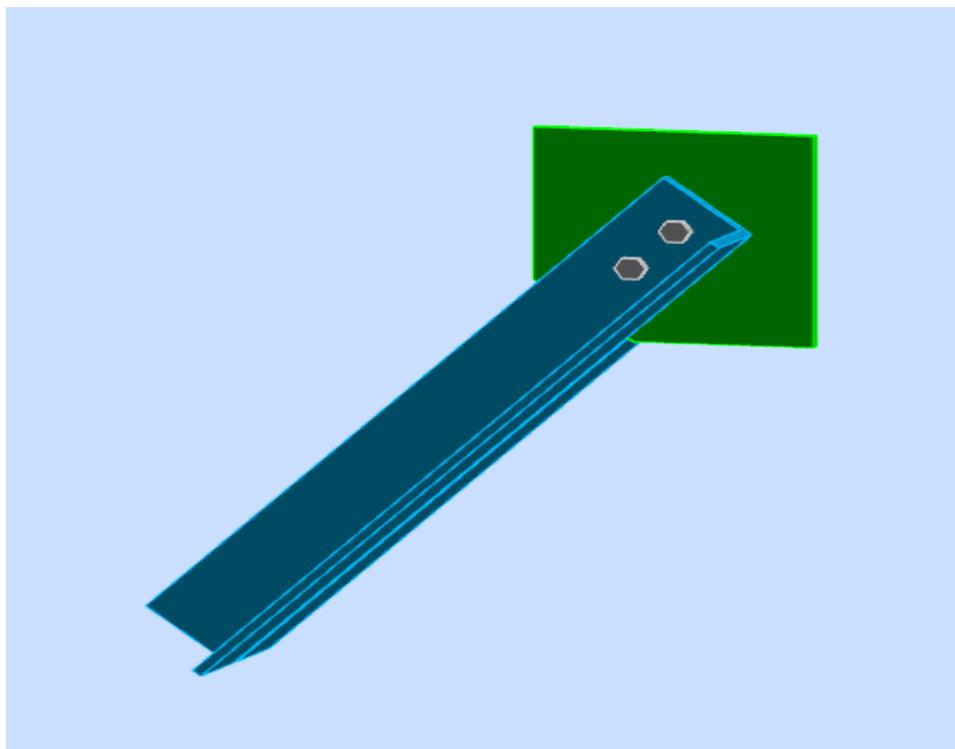
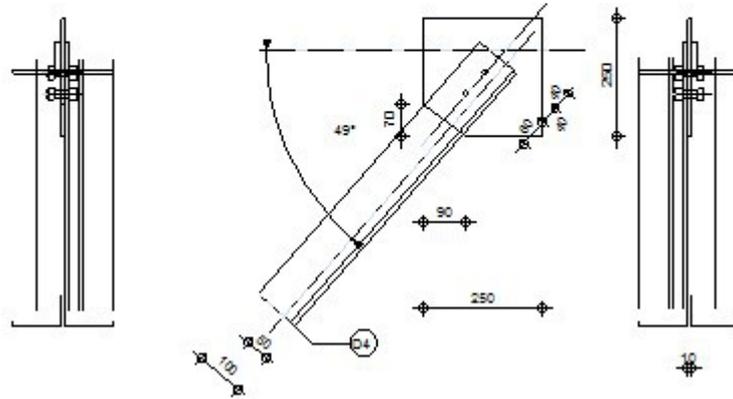


Figure 49 : Assemblage des diagonales sur le gousset.

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011	
	<b>Calcul de l'assemblage au gousset</b> EN 1993-1-8:2005/AC:2009	

D4 - 2 CAE 100x10



### Général

Assemblage N° : 1  
 Nom de l'assemblage : Gousset - barre simple  
 Noeud de la structure : 13  
 Barres de la structure : 162,

### Géométrie

#### Barres

		Barre 4			
<b>Barre N° :</b>		162			
<b>Profilé :</b>		2 CAE 100x10			
	h	100			mm
	b <sub>f</sub>	100			mm
	t <sub>w</sub>	10			mm
	t <sub>f</sub>	10			mm
	r	12			mm
	A	38.31			cm <sup>2</sup>
<b>Matériau :</b>		ACIER E24			
	f <sub>y</sub>	235.00			MPa
	f <sub>u</sub>	365.00			MPa
<b>Angle</b>	α	-131.2			Deg
<b>Longueur</b>	l	1.33			m

#### Boulons

Barre 4

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	14	[mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	16	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.15	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	1.54	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	550.00	[MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	800.00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	2		Nombre de colonnes des boulons
<b>Espacement des boulons</b>			
	60	[mm]	
e <sub>1</sub> =	40	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	50	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	40	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

### Soudures

#### Soudures d'angle du gousset

a =	5	[mm]	Bord a
b =	5	[mm]	Bord b

### Gousset

l <sub>p</sub> =	250	[mm]	Longueur de la platine
h <sub>p</sub> =	250	[mm]	Hauteur de la platine
t <sub>p</sub> =	10	[mm]	Épaisseur de la platine

#### Paramètres

h <sub>1</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>1</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>2</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>2</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>3</sub> =	0	[mm]	Grugeage
v <sub>3</sub> =	0	[mm]	Grugeage
h <sub>4</sub> =	90	[mm]	Grugeage
v <sub>4</sub> =	70	[mm]	Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (130;130)

e <sub>v</sub> =	180	[mm]	Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
e <sub>H</sub> =	200	[mm]	Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
Matériau : ACIER			
f <sub>y</sub> =	235.00	[MPa]	Résistance

### Coefficients de matériau

γ <sub>M0</sub> =	1.00	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ <sub>M2</sub> =	1.25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

### Efforts

Cas : 12 : G+Q+1.2EX (1+2) \*1.00+4\*1.20

$N_{b4,Ed} = -89.34$  [kN] Effort axial

### Résultats

#### Barre 4

#### Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 118.22$  [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement  $F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$

#### Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**

$\alpha_{bx} = 0.83$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0.83 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd1x} = 170.3$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **Vérifié**

$\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd1z} = 204.40$  [kN] 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 platine

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**

$\alpha_{bx} = 1.00$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd2x} = 102.2$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  **vérifié**

$\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  **vérifié**

$F_{b,Rd2z} = 102.20$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale  $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons

cisaillement des boulons

$e = 22$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons

$M_0 = -1.95$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = N_{b4,Ed} \cdot e$

$F_{NSd} = 44.67$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  $F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$

$F_{MSd} = 32.42$  [kN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment  $F_{MSd} = M_0 \cdot X_{max} / \sum X_i^2$

$F_{x,Ed} = 44.67$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  $F_{x,Ed} = F_{NSd}$

$F_{z,Ed} = 32.42$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z  $F_{z,Ed} = F_{MSd}$

$F_{Rdx} = 102.20$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x  $F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$

$F_{Rdz} = 102.20$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z  $F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	$ -44.67  < 102.20$	vérifié	(0.44)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -32.42  < 102.20$	vérifié	(0.32)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_2 = 0.55$  Coefficient de réduction [Tableau 3.8]

$A = 19.15$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section transversale de la cornière

$A_{net} = 17.55$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section nette  $A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f4}$

$N_{u,Rd} = 281.93$  [kN] Résistance de calcul de la section nette  $N_{u,Rd} = (\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_{u4}) / \gamma_{M2}$

$N_{pl,Rd} = 405.12$  [kN] Résistance de calcul plastique de la section brute  $N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y4}) / \gamma_{M0}$

$ 0.5 \cdot N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -44.67  < 281.93$	vérifié	(0.16)
$ 0.5 \cdot N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -44.67  < 405.12$	vérifié	(0.11)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 4.25$  [cm<sup>2</sup>] Aire nette de la zone de la section en traction

$A_{nv} = 7.60$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la zone de la section en traction

$V_{effRd} = 164.43$  [kN] 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 N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -44.67  < 164.43$	vérifié	(0.27)
--	---------------------	---------	--------

Attache gousset

Soudure horizontale

Vérification des soudures d'angle

$e = 82$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport au centre de gravité du groupes de boulons

$M_0 = 0.01$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = N_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot e$

$A_s = 25.00$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section des soudures

$I_0 = 1304.17$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie polaire des soudures

$\tau_{Nx} = 23.53$  [MPa] Contrainte composante due à l'influence de l'effort axial  $\tau_{Nx} = [N_1 \cdot \cos(\alpha_1)] / A_s$

$\tau_{Nz} = 26.89$  [MPa] Contrainte composante due à l'influence de l'effort tranchant  $\tau_{Nz} = [N_1 \cdot \sin(\alpha_1)] / A_s$

$\tau_{Mx} = 1.06$  [MPa] Contrainte composante due à l'influence du moment sur la direction x  $\tau_{Mx} = M_0 \cdot x / I_0$

$e =$	82 [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport au centre de gravité du groupes de boulons		
$M_0 =$	0.01 [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot e$	
$\tau_{Mz} =$	53.17 [MPa]	Contrainte composante due à l'influence de l'effort du moment sur la direction z	$\tau_{Mz} = M_0 \cdot z / I_0$	
$\tau =$	83.75 [MPa]	Contrainte résultante	$\tau = \sqrt{[(\tau_{Nx} + \tau_{Mx})^2 + (\tau_{Nz} + \tau_{Mz})^2]}$	
$\beta_w =$	0.85	Coefficient de corrélation	[Tableau 4.1]	
$f_{vw,d} =$	505.76 [MPa]		$f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$	
$\tau \leq f_{vRd}$		83.75 < 505.76	vérifié	(0.17)

**Soudure verticale**

$e =$	82 [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport au centre de gravité du groupes de boulons		
$M_0 =$	0.01 [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot e$	
$A_s =$	25.00 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section des soudures		
$I_0 =$	1304.17 [cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie polaire des soudures		
$\tau_{Nx} =$	23.53 [MPa]	Contrainte composante due à l'influence de l'effort axial	$\tau_{Nx} = [N_1 \cdot \cos(\alpha_1)] / A_s$	
$\tau_{Nz} =$	26.89 [MPa]	Contrainte composante due à l'influence de l'effort tranchant	$\tau_{Nz} = [N_1 \cdot \sin(\alpha_1)] / A_s$	
$\tau_{Mx} =$	1.06 [MPa]	Contrainte composante due à l'influence du moment sur la direction x	$\tau_{Mx} = M_0 \cdot x / I_0$	
$\tau_{Mz} =$	53.17 [MPa]	Contrainte composante due à l'influence de l'effort du moment sur la direction z	$\tau_{Mz} = M_0 \cdot z / I_0$	
$\tau =$	83.75 [MPa]	Contrainte résultante	$\tau = \sqrt{[(\tau_{Nx} + \tau_{Mx})^2 + (\tau_{Nz} + \tau_{Mz})^2]}$	
$\beta_w =$	0.85	Coefficient de corrélation	[Tableau 4.1]	
$f_{vw,d} =$	505.76 [MPa]		$f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$	
$\tau \leq f_{vRd}$		83.75 < 505.76	vérifié	(0.17)

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0.44**

**II.5.7. Gousset - nœud membrure de treillis :**

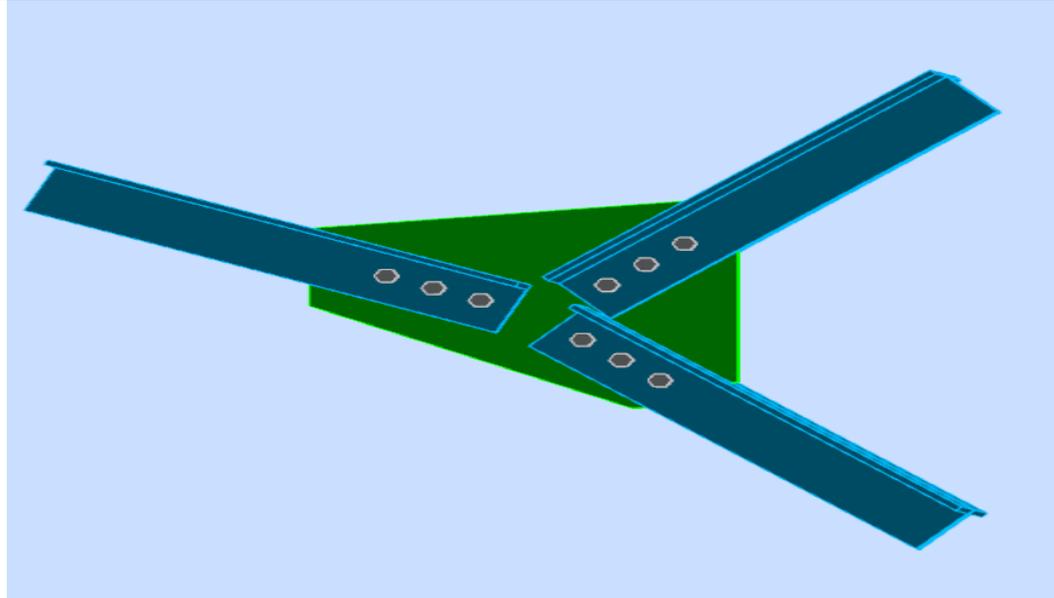
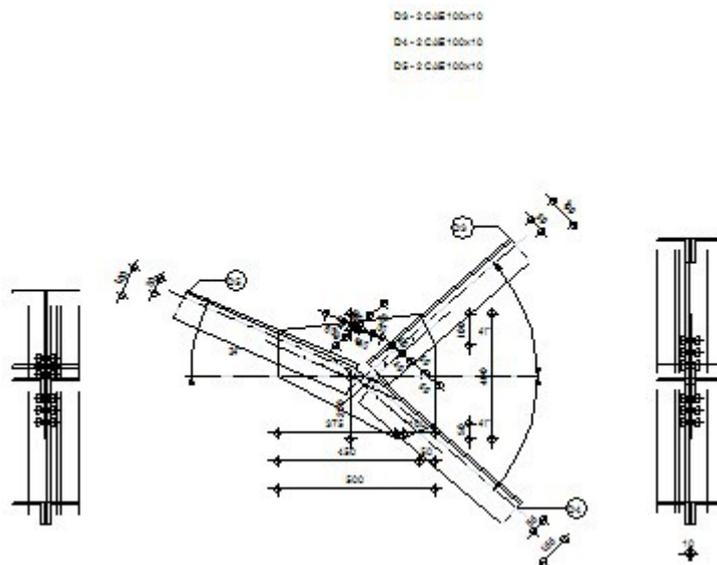


Figure 50 : assemblage gousset –nœud membrure de treillis

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011  <b>Calcul de l'assemblage au gousset</b>                  EN 1993-1-8:2005/AC:2009</p>	
		<p>Ratio <b>0.96</b></p>



**Général**

Assemblage N° : 1  
 Nom de l'assemblage : Gousset - noeud membrure de treillis  
 Noeud de la structure : 159  
 Barres de la structure : 162, 158, 157,

Assemblage N° : 1  
 Nom de l'assemblage : Gousset - noeud membrure de treillis

**Géométrie**

**Barres**

	Barre 3	Barre 4	Barre 5		
<b>Barre N° :</b>	162	158	157		
<b>Profilé :</b>	2 CAE 100x10	2 CAE 100x10	2 CAE 100x10		
h	100	100	100		mm
b <sub>f</sub>	100	100	100		mm
t <sub>w</sub>	10	10	10		mm
t <sub>f</sub>	10	10	10		mm
r	12	12	12		mm
A	38.31	38.31	38.31		cm <sup>2</sup>
<b>Matériau :</b>	ACIER E24	ACIER E24	ACIER E24		
f <sub>y</sub>	235.00	235.00	235.00		MPa
f <sub>u</sub>	365.00	365.00	365.00		MPa
<b>Angle</b>	α	138.8	318.8	156.4	Deg
<b>Longueur</b>	l	1.33	1.33	2.18	m

**Boulons**

**Barre 3**

Classe = 8.8                      Classe du boulon  
 d = 14 [mm]                      Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 16 [mm]                      Diamètre du trou de boulon  
 A<sub>s</sub> = 1.15 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section efficace du boulon  
 A<sub>v</sub> = 1.54 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section du boulon  
 f<sub>yb</sub> = 550.00 [MPa]                      Limite de plasticité  
 f<sub>ub</sub> = 800.00 [MPa]                      Résistance du boulon à la traction  
 n = 3                                      Nombre de colonnes des boulons  
 Espacement des boulons                      60 ; 60 [mm]  
 e<sub>1</sub> = 40 [mm]                      Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre  
 e<sub>2</sub> = 50 [mm]                      Distance de l'axe des boulons du bord de la barre  
 e<sub>c</sub> = 40 [mm]                      Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 4**

Classe = 8.8                      Classe du boulon  
 d = 14 [mm]                      Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 16 [mm]                      Diamètre du trou de boulon  
 A<sub>s</sub> = 1.15 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section efficace du boulon  
 A<sub>v</sub> = 1.54 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section du boulon  
 f<sub>yb</sub> = 550.00 [MPa]                      Limite de plasticité  
 f<sub>ub</sub> = 800.00 [MPa]                      Résistance du boulon à la traction  
 n = 3                                      Nombre de colonnes des boulons  
 Espacement des                      60 ; 60 [mm]

Classe =	8.8	Classe du boulon
d =	14 [mm]	Diamètre du boulon
boulons		
e <sub>1</sub> =	40 [mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	50 [mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	40 [mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 5**

Classe =	8.8	Classe du boulon
d =	14 [mm]	Diamètre du boulon
d <sub>0</sub> =	16 [mm]	Diamètre du trou de boulon
A <sub>s</sub> =	1.15 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
A <sub>v</sub> =	1.54 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
f <sub>yb</sub> =	550.00 [MPa]	Limite de plasticité
f <sub>ub</sub> =	800.00 [MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	3	Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons		
	60 ; 60 [mm]	
e <sub>1</sub> =	40 [mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e <sub>2</sub> =	50 [mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e <sub>c</sub> =	30 [mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Gousset**

l <sub>p</sub> =	500 [mm]	Longueur de la platine
h <sub>p</sub> =	400 [mm]	Hauteur de la platine
t <sub>p</sub> =	10 [mm]	Épaisseur de la platine

**Paramètres**

h <sub>1</sub> =	450 [mm]	Grugeage
v <sub>1</sub> =	50 [mm]	Grugeage
h <sub>2</sub> =	50 [mm]	Grugeage
v <sub>2</sub> =	100 [mm]	Grugeage
h <sub>3</sub> =	100 [mm]	Grugeage
v <sub>3</sub> =	50 [mm]	Grugeage
h <sub>4</sub> =	375 [mm]	Grugeage
v <sub>4</sub> =	200 [mm]	Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (7 ; 20)

e <sub>v</sub> =	200 [mm]	Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
e <sub>H</sub> =	275 [mm]	Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
e <sub>0</sub> =	0 [mm]	Distance axe membrure hor.
Matériau : ACIER		
f <sub>y</sub> =	235.00 [MPa]	Résistance

**Coefficients de matériau**

γ <sub>M0</sub> =	1.00	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]
γ <sub>M2</sub> =	1.25	Coefficient de sécurité partiel	[2.2]

## Efforts

Cas : 12 : G+Q+1.2EX (1+2) \* 1.00 + 4 \* 1.20

$N_{b3,Ed} = -89.34$  [kN] Effort axial  
 $N_{b4,Ed} = -268.91$  [kN] Effort axial  
 $N_{b5,Ed} = -294.50$  [kN] Effort axial

## Résultats

### Barre 3

#### Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 118.22$  [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement  $F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$

#### Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bx} = 0.83$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0.83 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd1x} = \frac{170.3}{3}$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd1z} = 204.40$  [kN] 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 platine

Direction x

$k_{1x} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bx} = 1.00$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd2x} = \frac{102.2}{0}$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2.50 > 0.00$  vérifié

$\alpha_{bz} = 1.00$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $1.00 > 0.00$  vérifié

$F_{b,Rd2z} = 102.20$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale  $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons

cisaillement des boulons

$e = 22$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons		
$M_0 = -1.95$ [kN*m]	Moment fléchissant réel		$M_0 = N_{b3,Ed} \cdot e$
$F_{NSd} = 29.78$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial		$F_{NSd} = N_{b3,Ed} / n$
$F_{MSd} = 16.21$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment		$F_{MSd} = M_0 \cdot X_{max} / \sum X_i^2$
$F_{x,Ed} = 29.78$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x		$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 16.21$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z		$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} = 102.20$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x		$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 102.20$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z		$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$		$ -29.78  < 102.20$	<b>vérifié</b> (0.29)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$		$ -16.21  < 102.20$	<b>vérifié</b> (0.16)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.60$	Coefficient de réduction		[Tableau 3.8]
$A = 19.15$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière		
$A_{net} = 17.55$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette		$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f3}$
$N_{u,Rd} = 307.55$ [kN]	Résistance de calcul de la section nette		$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u3}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 405.12$ [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute		$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y3}) / \gamma_{M0}$
$ 0.5 \cdot N_{b3,Ed}  \leq N_{u,Rd}$		$ -44.67  < 307.55$	<b>vérifié</b> (0.15)
$ 0.5 \cdot N_{b3,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$		$ -44.67  < 405.12$	<b>vérifié</b> (0.11)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 4.25$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 12.00$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 224.13$ [kN]	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 N_{b3,Ed}  \leq V_{effRd}$		$ -44.67  < 224.13$	<b>vérifié</b> (0.20)

Barre 4

Résistance des boulons

$F_{v,Rd} = 118.22$  [kN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement  $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_u \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la barre

Direction x			
$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$		$2.50 > 0.00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} = 0.83$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons		$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		$0.83 > 0.00$	<b>Vérifié</b>
$F_{b,Rd1x} = 170.3$ [kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou		$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$
Direction z			
$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$	2.50 > 0.00	vérifié	
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	1.00 > 0.00	vérifié	
$F_{b,Rd1z} = 204.40$ [kN]	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 platine**

Direction x

$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_1 = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2.50 > 0.00	vérifié	
$\alpha_{bx} = 1.00$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons		$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	1.00 > 0.00	Vérifié	
$F_{b,Rd2x} = 102.20$ [kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou		$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	2.50 > 0.00	vérifié	
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	1.00 > 0.00	vérifié	
$F_{b,Rd2z} = 102.20$ [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale		$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$

Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons

**cisaillement des boulons**

$e = 22$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons		
$M_0 = -5.86$ [kN*m]	Moment fléchissant réel		$M_0 = N_{b4,Ed} * e$
$F_{NSd} = 89.64$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial		$F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$
$F_{MSd} = 48.80$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment		$F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} = 89.64$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x		$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 48.80$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z		$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} = 102.20$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x		$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 102.20$ [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z		$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$		$  -89.64   < 102.20$	vérifié (0.88)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$		$  -48.80   < 102.20$	vérifié (0.48)

Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous

$\beta_3 = 0.60$	Coefficient de réduction		[Tableau 3.8]
$A = 19.15$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière		
$A_{net} = 17.55$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette		$A_{net} = A - d_0 * t_{f4}$
$N_{u,Rd} = 307.55$ [kN]	Résistance de calcul de la section nette		$N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u4}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 405.12$ [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute		$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y4}) / \gamma_{M2}$
$ 0.5 * N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$		$  -134.45   < 307.55$	vérifié (0.44)
$ 0.5 * N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$		$  -134.45   < 405.12$	vérifié (0.33)

Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc

$A_{nt} = 4.25$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 12.00$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 224.1$ [kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les		$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$

$A_{nt} = 4.25$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction
$A_{nv} = 12.00$ [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction
3 trous	
$ 0.5 \cdot N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -134.45  < 224.13$ <span style="color: green;">vérifié</span> (0.60)

**Barre 5**

*Résistance des boulons*

$F_{v,Rd} = 118.22$ [kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$
--------------------------	---	---

**Pression du boulon sur la barre**

Direction x		
$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$\alpha_{bx} = 0.83$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0.83 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$F_{b,Rd1x} = 170.3$ [kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direction z		
$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1.00 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$F_{b,Rd1z} = 204.40$ [kN]	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 platine**

Direction x		
$k_{1x} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2.50 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$\alpha_{bx} = 1.00$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$1.00 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$F_{b,Rd2x} = 102.2$ [kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direction z		
$k_{1z} = 2.50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2.50 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$\alpha_{bz} = 1.00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1.00 > 0.00$ <span style="color: green;">vérifié</span>	
$F_{b,Rd2z} = 102.20$ [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

*Vérification de l'assemblage pour les efforts agissant sur les boulons*

**cisaillement des boulons**

$e = 22$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 = -6.41$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b5,Ed} \cdot e$
$F_{NSd} = 98.17$ [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b5,Ed} / n$
$F_{MSd} = 53.44$ [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} = -$ [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$

**cisaillement des boulons**

$e =$	22 [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
	98.17		
$F_{z,Ed} =$	53.44 [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Rdx} =$	102.20 [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} =$	102.20 [kN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$		$ -98.17  < 102.20$	<b>vérifié</b> (0.96)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$		$ -53.44  < 102.20$	<b>vérifié</b> (0.52)

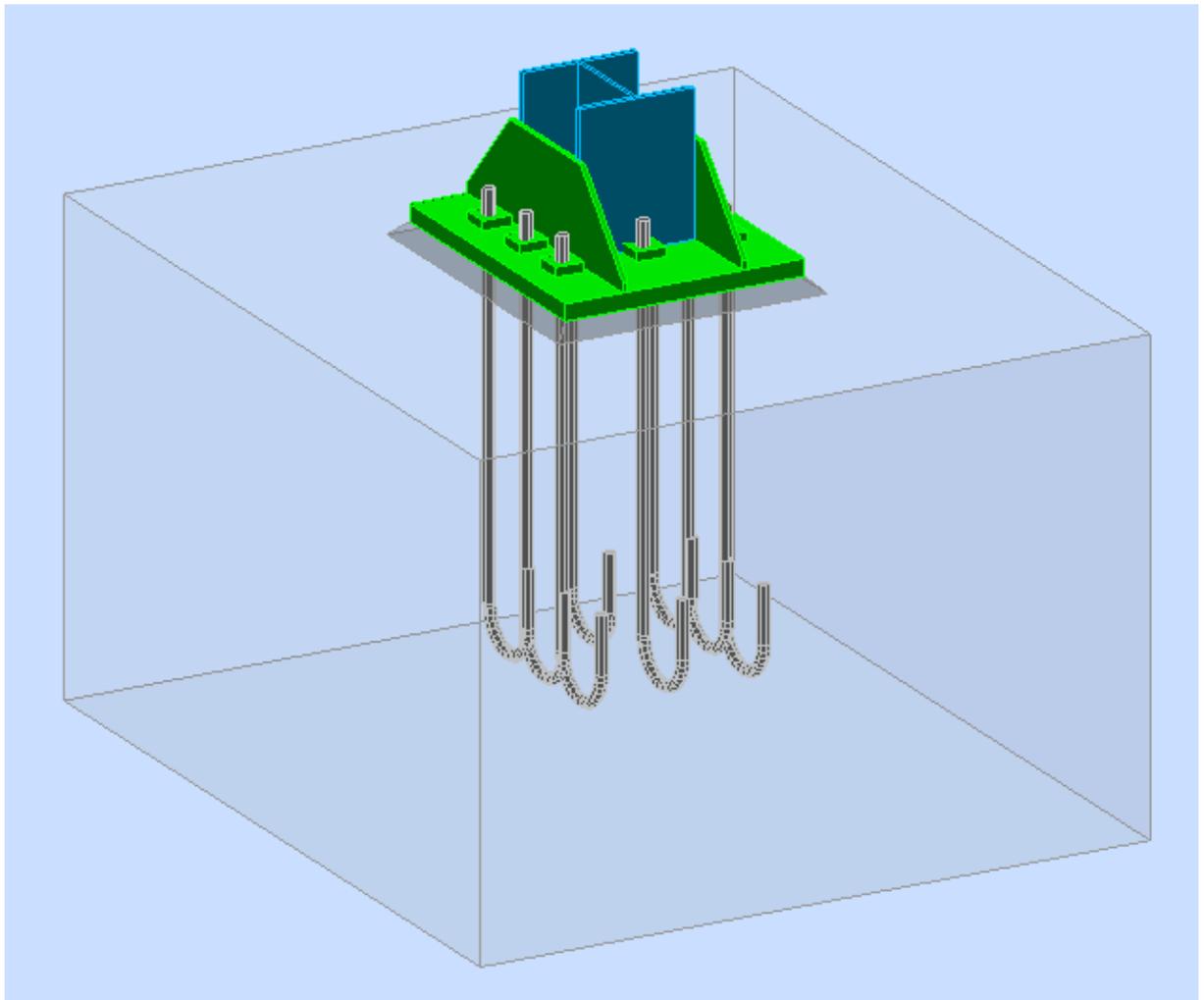
*Vérification de la section de la poutre affaiblie par les trous*

$\beta_3 =$	0.60	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A =$	19.15 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section transversale de la cornière	
$A_{net} =$	17.55 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_f$
$N_{u,Rd} =$	307.55 [kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u5}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} =$	405.12 [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y5}) / \gamma_{M2}$
$ 0.5 \cdot N_{b5,Ed}  \leq N_{u,Rd}$		$ -147.25  < 307.55$	<b>vérifié</b> (0.48)
$ 0.5 \cdot N_{b5,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$		$ -147.25  < 405.12$	<b>vérifié</b> (0.36)

*Vérification de la barre pour le cisaillement de bloc*

$A_{nt} =$	4.25 [cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} =$	12.00 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} =$	224.13 [kN]	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 N_{b5,Ed}  \leq V_{effRd}$		$ -147.25  < 224.13$	<b>vérifié</b> (0.66)

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme** Ratio 0.96

**II.6. Calcul des pieds de poteau :****Figure 51 :** pied de poteau.**II.6.1. Introduction :**

L'assemblage d'un pied de poteau sur un massif en béton est réalisé au moyen d'une platine appuyée sur le massif ancré par des tiges d'ancrage.

**II.6.1.1. La platine d'extrémité :**

C'est un plat en acier rectangulaire soudé à la base du poteau par un cordon de soudure appliqué sur le pourtour de la section du profilé constituant le poteau. Elle est percée sur sa ligne médiane pour recevoir les extrémités filetées de deux tiges d'ancrages scellés dans la fondation. Sous l'action du serrage des écrous, la platine prend directement appui sur surface de béton de fondation, la platine peut être renforcée par un raidisseur.

**II.6.1.2 les tiges d'ancrage :**

Elles sont droites ou courbées à une extrémité, elles sont destinées à s'opposer à un effort très important. L'extrémité recourbée de certaines tiges s'accroche à une barre horizontale, appelée clé d'ancrage, encastrée dans le béton de fondation. L'autre extrémité, celle qui est filetée, traverse la platine sur laquelle elle est boulonnée.

**II.6.1.3. Hypothèse :**

La liaison des poteaux à leur extrémité est considérée comme encasturé dans les deux sens longitudinal et transversal.

Le béton des poteaux est dosé à 350 kg/ m<sup>3</sup> ;  $f_{c28} = 25$  MPA

-Choix des cordons de soudures

Poteau HEA 240 (h=230 mm; b=240 mm;  $t_f = 12$  mm;  $t_w = 7,5$  mm)

Cordon de semelle :

$a_s = 0.7t_f = 0.7 \times 12 = 8,4$  mm on prend  $a_s = 10$  mm

- Cordon d'âme:

$a_d = 0.7t_w = 0.7 \times 7,5 = 5.25$  mm on prend  $a_d = 8$  mm

-La largeur minimale de la platine  $h_{pmin}$  :

$h_{pmin} = 2a_s + h_c = 2 \times 10 + 230 = 250$  on prend  $h = 600$  mm et  $b = 500$  mm

**II.6.2. Dimensionnement des tiges d'ancrages :**

La tige d'ancrage sera dimensionnée avec l'effort de traction le plus défavorable

(= 334,71KN) Obtenue sous la combinaison G+Q-1.2

Les tiges d'ancrages se dimensionnent à la traction simple, sous un effort de traction ( $N_a$ ).

$N_{st} = N_t/n + M/3h_0$

$n$  : nombre de tiges.

$N_t$  : effort sollicitant de traction.

$H_0$  : la distance entre la tige d'encrage et l'extrémité de la platine.

L'ancrage est réalisé par 8 tiges :

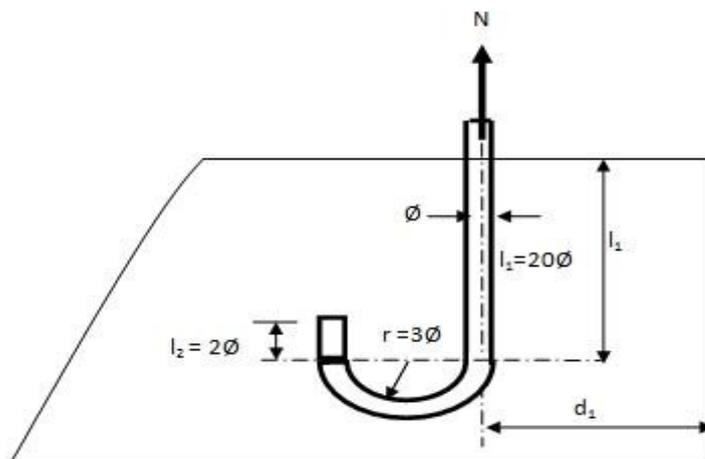
$44,2018.44x$

On prend :  $\varnothing = 24$  mm

Soit des tiges d'ancrages de **24 mm** de diamètre.

L'effort admissible par scellement, dans le cas des goujons avec grosse est donné par la formule suivante :

$= 0.1 (1+) \cdot (l_1 + 6.4 r + 3.5 l_2) .$  (CM66,art 5.123)



**Figure 52 :** Dimension de la tige d'ancrage.

Avec :

: Dosage en ciment (kg/m<sup>3</sup>)

$d_1$  : Enrobage (700 mm)

: Diamètre des goujons.

$r = 3$  = on prend 60 mm

$l_1 = 20$  on prend 750 mm

$l_2 = 2$  = on prend 120 mm

$d_1 = 160$  mm

$N_a = 61,70$ Kn ...Vérifiée

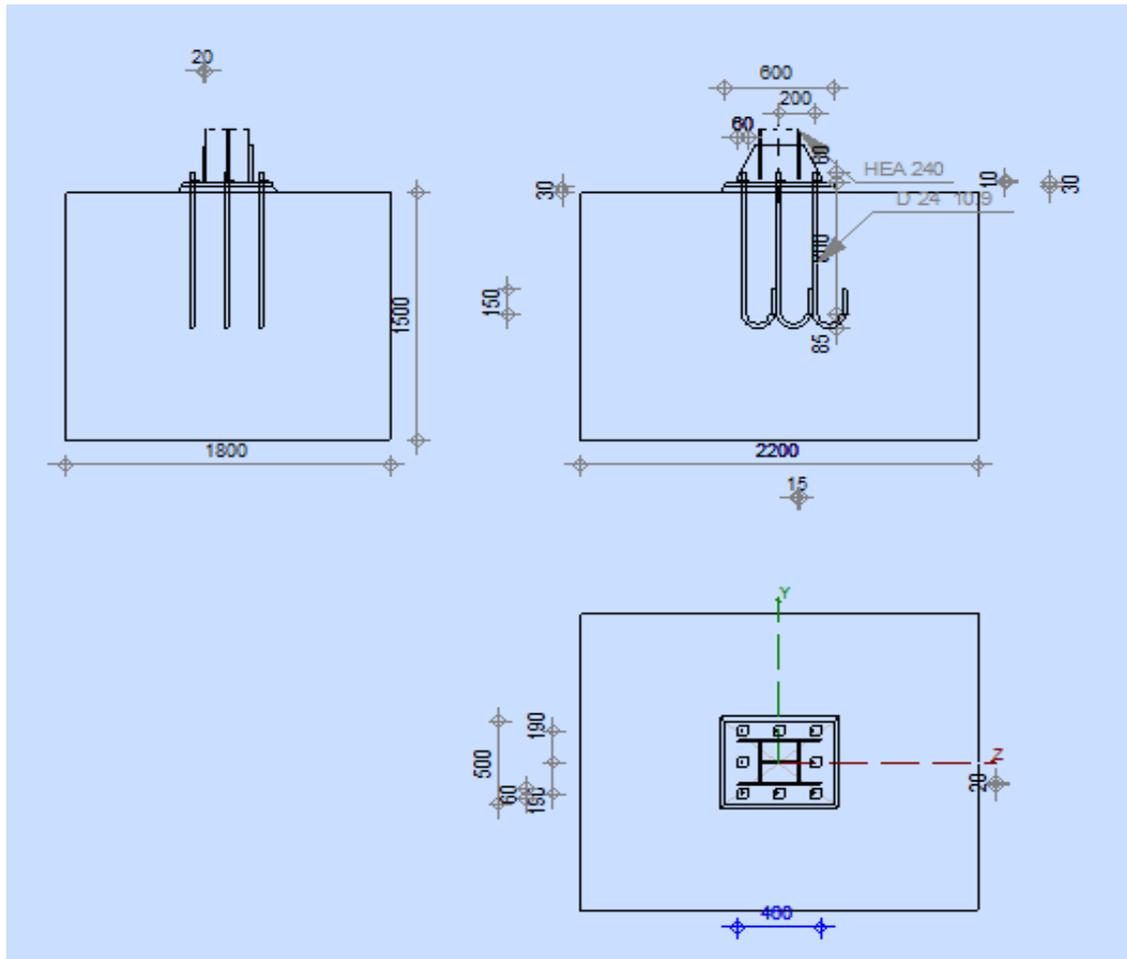


Figure 53 : Dispositions des tiges d'ancrage.

### II.6.3. Vérification des contraintes :

$e = = 0,031$  m.

$= = 0,1$  m.

On' a la section est entièrement comprimée, dans ce cas on vérifie uniquement la contrainte dans le béton.

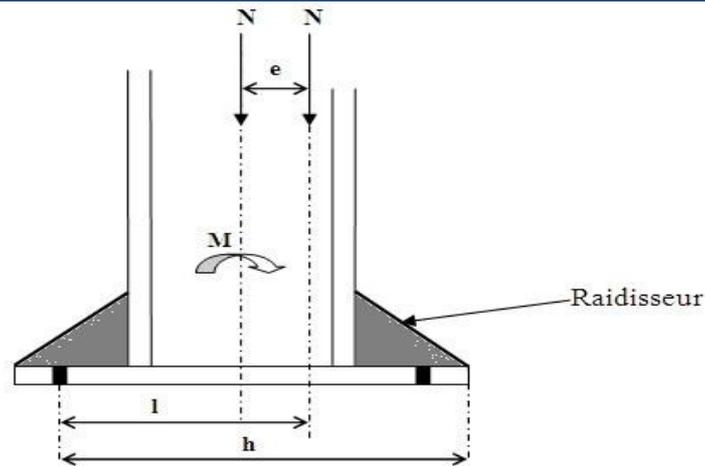


Figure 54 : Excentricité de l'effort normal.

Avec :

$$l = 15,1 \text{ cm.}$$

$$h = h' = 44 \text{ cm.}$$

$$b = 50 \text{ cm.}$$

$$= = 14,2 \text{ MPa}$$

D'où : Vérifiée.

Les contraintes sous la platine sont données par les deux expressions suivantes :

$$= (1+) = 2,16 \text{ MPa}$$

$$= (1-) = 0,88 \text{ MPa}$$

#### II.6.4. Dimensionnement de l'épaisseur de la platine :

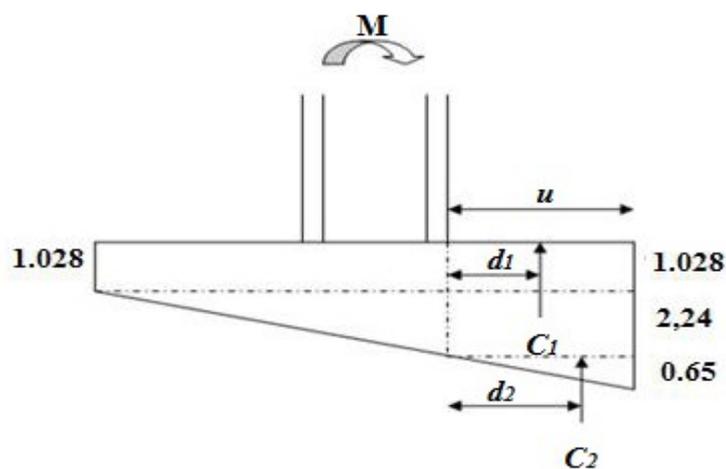


Figure 55 : Contrainte sous la platine

$$M = C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot d_2$$

$$d_1 = = 80 \text{ mm.}$$

$$d_2 = 2 = 106,67 \text{ mm.}$$

$$C_1 = (2,16 + 0,48) \cdot u \cdot b = 211,2 \text{ KN.}$$

$$C_2 = 0,8 = 32 \text{ KN.}$$

Donc :  $M = 20,29 \text{ KN.m}$

On doit vérifier la condition suivante :

$$M = t = 32,2 \text{ mm}$$

$$t = 32,2 \text{ mm.}$$

On sélectionnera une platine de 35 mm d'épaisseur.

### II.6.5. Vérification de la bêche :

L'utilisation de la bêche est nécessaire si la condition suivante est vérifiée :

$$0.3NV$$

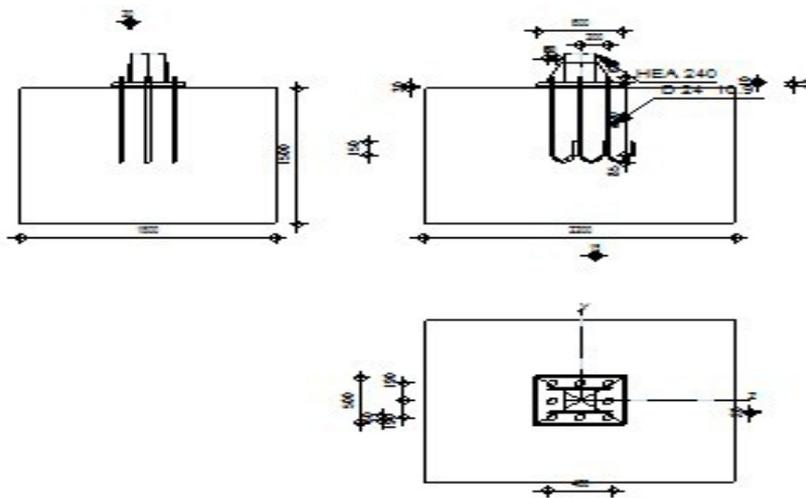
Avec :

V : l'effort tranchant max ( $V = 5,25 \text{ KN}$ ).

N : l'effort de compression max ( $N = 334,71 \text{ KN}$ ).

$$0.3 \times N = 0.3 \times 334,71 = 100,413 \text{ KN } V = 5,25 \text{ La bêche est inutile.}$$

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011</p> <p><b>Calcul du Pied de Poteau encastré</b></p> <p>Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of fastenings on concrete</p>	
		<p>Ratio <b>0.84</b></p>



### GÉNÉRAL

Assemblage N° : 3  
 Nom de l'assemblage : Pied de poteau encastré  
 Nœud de la structure : 52  
 Barres de la structure : 44

### GÉOMÉTRIE

Assemblage N° : 3  
 Nom de l'assemblage : Pied de poteau encastré

### POTEAU

Profilé : HEA 240  
 Barre N° : 44

$L_c = 3.00$  [m] Longueur du poteau  
 $\alpha = 0.0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_c = 230$  [mm] Hauteur de la section du poteau  
 $b_{fc} = 240$  [mm] Largeur de la section du poteau  
 $t_{wc} = 8$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau  
 $t_{fc} = 12$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau  
 $r_c = 21$  [mm] Rayon de congé de la section du poteau  
 $A_c = 76.84$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du poteau  
 $I_{yc} = 7763.18$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau : ACIER E24

$f_{yc} = 235.00$  [MPa] Résistance  
 $f_{uc} = 365.00$  [MPa] Résistance ultime du matériau

### PLATINE DE PRESCELLEMENT

$l_{pd} = 600$  [mm] Longueur  
 $b_{pd} = 500$  [mm] Largeur  
 $t_{pd} = 30$  [mm] Epaisseur

Matériau : ACIER E24

$f_{ypd} = 235.00$  [MPa] Résistance  
 $f_{upd} = 365.00$  [MPa] Résistance ultime du matériau

### ANCRAGE

Class e = 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  
 $A_b = 3.53$  [cm<sup>2</sup>] Aire de section efficace du boulon  
 $n_H = 3$  Nombre de colonnes des boulons  
 $n_V = 3$  Nombre de rangées des boulons  
 $e_H = 200$  [mm] Ecartement  
 $e_V = 190$  [mm] Entraxe

#### Dimensions des tiges d'ancrage

$L_1 = 60$  [mm]  
 $L_2 = 800$  [mm]  
 $L_3 = 170$  [mm]  
 $L_4 = 150$  [mm]

#### Plaquette

$l_{wd} =$	60	[mm]	Longueur
$b_{wd} =$	60	[mm]	Largeur
$t_{wd} =$	10	[mm]	Epaisseur

### RAIDISSEUR

$l_s =$	460	[mm]	Longueur
$h_s =$	230	[mm]	Hauteur
$t_s =$	20	[mm]	Epaisseur
$d_1 =$	20	[mm]	Grugeage
$d_2 =$	20	[mm]	Grugeage

### COEFFICIENTS DE MATÉRIAU

$\gamma_{M0} =$	1.00	Coefficient de sécurité partiel
$\gamma_{M2} =$	1.25	Coefficient de sécurité partiel
$\gamma_C =$	1.50	Coefficient de sécurité partiel

### SEMELLE ISOLÉE

$L =$	2200	[mm]	Longueur de la semelle
$B =$	1800	[mm]	Largeur de la semelle
$H =$	1500	[mm]	Hauteur de la semelle

#### Béton

Classe			BETON25
$f_{ck} =$	25.0 0	[MPa]	Résistance caractéristique à la compression

#### Mortier de calage

$t_g =$	30	[mm]	Epaisseur du mortier de calage
$f_{ck,g} =$	12.00	[MPa]	Résistance caractéristique à la compression
$C_{f,d} =$	0.3 0		Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton

### SOUDURES

$a_p =$	5	[mm]	Plaque principale du pied de poteau
$a_s =$	4	[mm]	Raidisseurs

### EFFORTS

Cas 13:  $G+Q+1.2EY$   
 :  $(1+2) * 1.00 + 6 * 1.20$

$N_{j,Ed} =$	334. 50	[kN]	Effort axial
$V_{j,Ed,y} =$	- 1.79	[kN]	Effort tranchant
$V_{j,Ed,z} =$	- 7.09	[kN]	Effort tranchant
$M_{j,Ed,y} =$	12.8 1	[kN*m]	Moment fléchissant
$M_{j,Ed,z} =$	- 1.79	[kN*m]	Moment fléchissant

### RÉSULTATS

$N_{j,Ed} =$	334. 50	[kN]	Effort axial
$V_{j,Ed,y}$	-	[kN]	Effort tranchant
$=$	1.79		

### ZONE TENDUE

#### RUPTURE DU BOULON D'ANCRAGE

$A_b =$	3.53	[cm <sup>2</sup> ]	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)]
$F_{t,Rd,s1} = \beta \cdot 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$				
$F_{t,Rd,s1}$	216. 04	[kN]	Résistance du boulon à la rupture	[Tableau 3.4]
$\gamma_{Ms} =$	1.20		Coefficient de sécurité partiel	CEB [3.2.3.2]
$f_{yb} =$	670. 00	[MPa]	Limite de plasticité du matériau du boulon	CEB [9.2.2]
$F_{t,Rd,s2} = f_{yb} \cdot A_b / \gamma_{Ms}$				
$F_{t,Rd,s2}$	197. 09	[kN]	Résistance du boulon à la rupture	CEB [9.2.2]

$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$			
$F_{t,Rd,s}$	197. 09	[kN]	Résistance du boulon à la rupture

#### ARRACHEMENT DU BOULON D'ANCRAGE DU BETON

$f_{ck} =$	25. 00	[MPa]	Résistance caractéristique du béton à la compression	EN 1992-1:[3.1.2]
$f_{ctd} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$				
$f_{ctd}$	1. 20	[MPa]	Résistance de calcul à la traction	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$\eta_1 =$	1. 00		Coef. dépendant des conditions du bétonnage et de l'adhérence	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$\eta_2 =$	1. 00		Coef. dépendant du diamètre du boulon d'ancrage	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$				
$f_{bd}$	2.69	[MPa]	Adhérence de calcul admissible	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$h_{ef} =$	800	[mm]	Longueur efficace du boulon d'ancrage	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]
$F_{t,Rd,p} = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot f_{bd}$				
$F_{t,Rd,p}$	162. 45	[kN]	Résistance de calc. pour le soulèvement	EN 1992-1:[8.4.2.(2)]

#### ARRACHEMENT DU CONE DE BETON

$h_{ef} =$	600	[mm]	Longueur efficace du boulon d'ancrage	CEB [9.2.4]
$N_{RK,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck} \cdot h_{ef}^{1.5}$				
$N_{RK,c}^0$	551.14	[kN]	Résistance caractéristique du boulon d'ancrage	CEB [9.2.4]
$s_{cr,N} =$	1800	[mm]	Largeur critique du cône de béton	CEB [9.2.4]
$c_{cr,N} =$	900	[mm]	Distance critique du bord de la fondation	CEB [9.2.4]
$A_{c,N0} =$	47960. 00	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de surface maximale du cône	CEB [9.2.4]
$A_{c,N} =$	39600. 00	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de surface réelle du cône	CEB [9.2.4]
$\psi_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$				
$\psi_A =$	0.		Coef. dépendant de l'entraxe et de la pince des boulons d'ancrage	CEB [9.2.4]
$c =$	83			
$c =$	71	[mm]	Pince minimale boulon d'ancrage-extrémité	CEB [9.2.4]



$l_{eff,1} =$	464	[mm]	Longueur efficace pour un boulon pour le mode 1	[6.2.6.5]
$l_{eff,2} =$	464	[mm]	Longueur efficace pour un boulon pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	116	[mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$M_{pl,1,Rd} =$	24.5	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$M_{pl,2,Rd} =$	24.5	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,1,Rd} =$	846.	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$F_{T,2,Rd} =$	458.	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,3,Rd} =$	487.	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode 3	[6.2.4]
$F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$	458.	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode à la traction	[6.2.4]

**Moment fléchissant  $M_{j,Ed,z}$**

$l_{eff,1} =$	230	[mm]	Longueur efficace pour un boulon pour le mode 1	[6.2.6.5]
$l_{eff,2} =$	230	[mm]	Longueur efficace pour un boulon pour le mode 2	[6.2.6.5]
$m =$	46	[mm]	Pince boulon-bord de renforcement	[6.2.6.5]
$M_{pl,1,Rd} =$	12.13	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$M_{pl,2,Rd} =$	12.13	[kN*m]	Résistance plastique de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,1,Rd} =$	1055.	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode 1	[6.2.4]
$F_{T,2,Rd} =$	505.2	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode 2	[6.2.4]
$F_{T,3,Rd} =$	487.3	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode 3	[6.2.4]
$F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$	487.	[kN]	Résistance de la dalle pour le mode à la traction	[6.2.4]

**RESISTANCES DE SEMELLE DANS LA ZONE TENDUE**

$N_{j,Rd} =$	1242.	[kN]	Résistance de la semelle à la traction axiale	[6.2.8.3]
$F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$	458.	[kN]	Résistance de la semelle dans la zone tendue	[6.2.8.3]
$F_{T,Rd,z} = F_{t,pl,Rd,z}$	487.	[kN]	Résistance de la semelle dans la zone tendue	[6.2.8.3]

**CONTRÔLE DE LA RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE**

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)	$0.27 < 1.00$	vérifié	(0.27)	
$e_y =$	38	[mm]	Excentricité de l'effort axial	[6.2.8.3]
$Z_{c,y} =$	153	[mm]	Bras de levier $F_{C,Rd,y}$	[6.2.8.1.(2)]
$Z_{t,y} =$	200	[mm]	Bras de levier $F_{T,Rd,y}$	[6.2.8.1.(3)]
$M_{j,Rd,y} =$	29.4	[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)	$0.43 < 1.00$	vérifié	(0.43)	

$e_z =$	5	[mm]	Excentricité de l'effort axial	[6.2.8.3]
$Z_{c,z} =$	130	[mm]	Bras de levier $F_{C,Rd,z}$	[6.2.8.1.(2)]
$Z_{t,z} =$	190	[mm]	Bras de levier $F_{T,Rd,z}$	[6.2.8.1.(3)]
$M_{j,Rd,z} =$	5.07	[kN*m]	Résistance de l'assemblage à la flexion	[6.2.8.3]

$$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \text{ (6.23)} \quad 0.35 < 1.00 \quad \text{vérifié} \quad (0.35)$$

$$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.79 < 1.00 \quad \text{vérifié} \quad (0.79)$$

## CISAILLEMENT

### PRESSION DU BOULON D'ANCRAGE SUR LA PLAQUE D'ASSISE

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

$$\alpha_{d,y} = 0.77 \quad \text{Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$\alpha_{b,y} = 0.77 \quad \text{Coef. pour les calculs de la résistance } F_{1,vb,Rd} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$k_{1,y} = 2.50 \quad \text{Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \alpha_{b,y} f_{up} d^2 t_p / \gamma_{M2}$$

$$F_{1,vb,Rd,y} = 404.31 \text{ [kN]} \quad \text{Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise} \quad \text{[6.2.2.(7)]}$$

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

$$\alpha_{d,z} = 1.28 \quad \text{Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$\alpha_{b,z} = 1.00 \quad \text{Coef. pour les calculs de la résistance } F_{1,vb,Rd} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$k_{1,z} = 2.50 \quad \text{Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement} \quad \text{[Tableau 3.4]}$$

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \alpha_{b,z} f_{up} d^2 t_p / \gamma_{M2}$$

$$F_{1,vb,Rd,z} = 525.60 \text{ [kN]} \quad \text{Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise} \quad \text{[6.2.2.(7)]}$$

### CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE

$$\alpha_b = 0.25 \quad \text{Coef. pour les calculs de la résistance } F_{2,vb,Rd} \quad \text{[6.2.2.(7)]}$$

$$A_{bv} = 4.52 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{Aire de section efficace du boulon} \quad \text{[6.2.2.(7)]}$$

$$f_{ub} = 1000.00 \text{ [MPa]} \quad \text{Résistance du matériau du boulon à la traction} \quad \text{[6.2.2.(7)]}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{Coefficient de sécurité partiel} \quad \text{[6.2.2.(7)]}$$

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b f_{ub} A_{bv} / \gamma_{M2}$$

$$F_{2,vb,Rd} = 89.75 \text{ [kN]} \quad \text{Résistance du boulon au cisaillement - sans effet de levier} \quad \text{[6.2.2.(7)]}$$

$$\alpha_M = 2.00 \quad \text{Coef. dépendant de l'ancrage du boulon dans la fondation} \quad \text{CEB [9.3.2.2]}$$

$$M_{Rk,s} = 0.22 \text{ [kN*m]} \quad \text{Résistance caractéristique de l'ancrage à la flexion} \quad \text{CEB [9.3.2.2]}$$

$$l_{sm} = 47 \text{ [mm]} \quad \text{Longueur du bras de levier} \quad \text{CEB [9.3.2.2]}$$

$$\gamma_{Ms} = 1.20 \quad \text{Coefficient de sécurité partiel} \quad \text{CEB [3.2.3.2]}$$

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

$$F_{v,Rd,sm} = 7.74 \text{ [kN]} \quad \text{Résistance du boulon au cisaillement - avec l'effet de levier} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

### RUPTURE DU BETON PAR EFFET DE LEVIER

$$N_{Rk,c} = 426.24 \text{ [kN]} \quad \text{Résistance de calc. pour le soulèvement} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$k_3 = 2.00 \quad \text{Coef. dépendant de la longueur de l'ancrage} \quad \text{CEB [9.3.3]}$$

**RUPTURE DU BETON PAR EFFET DE LEVIER**

$N_{Rk,c} =$	$\frac{426}{24}$	[kN]	Résistance de calc. pour le soulèvement	CEB [9.2.4]
$\gamma_{Mc} =$	2.16		Coefficient de sécurité partiel	CEB [3.2.3.1]
$F_{v,Rd,cp} = k_3 * N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$				
$F_{v,Rd,cp} =$	$\frac{394}{67}$	[kN]	Résistance du béton à l'effet de levier	CEB [9.3.1]

**ECRASEMENT DU BORD DU BETON**

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

$V_{Rk,c,y}^0 =$	$\frac{1840}{49}$	$\left[ \begin{matrix} k \\ N \end{matrix} \right]$	Résistance caractéristique du boulon d'ancrage	CEB [9.3.4. (a)]
$\Psi_{A,V,y} =$	0.85		Coef. dépendant de l'entraxe et de la pince des boulons d'ancrage	CEB [9.3.4]
$\Psi_{h,V,y} =$	1.00		Coef. dépendant de l'épaisseur de la fondation	CEB [9.3.4. (c)]
$\Psi_{s,V,y} =$	0.95		Coef. d'influence des bords parallèles à l'effort de cisaillement	CEB [9.3.4. (d)]
$\Psi_{ec,V,y} =$	1.00		Coef. d'irrégularité de la répartition de l'effort tranchant sur le boulon d'ancrage	CEB [9.3.4. (e)]
$\Psi_{\alpha,V,y} =$	1.00		Coef. dépendant de l'angle d'action de l'effort tranchant	CEB [9.3.4. (f)]
$\Psi_{ucr,V,y} =$	1.00		Coef. dépendant du mode de ferrailage du bord de la fondation	CEB [9.3.4. (g)]
$\gamma_{Mc} =$	2.16		Coefficient de sécurité partiel	CEB [3.2.3.1]

$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 * \Psi_{A,V,y} * \Psi_{h,V,y} * \Psi_{s,V,y} * \Psi_{ec,V,y} * \Psi_{\alpha,V,y} * \Psi_{ucr,V,y} / \gamma_{Mc}$				
$F_{v,Rd,c,y} =$	$\frac{686}{60}$	[kN]	Résistance du béton pour l'écrasement du bord	CEB [9.3.1]

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

$V_{Rk,c,z}^0 =$	$\frac{2626}{69}$	$\left[ \begin{matrix} k \\ N \end{matrix} \right]$	Résistance caractéristique du boulon d'ancrage	CEB [9.3.4. (a)]
$\Psi_{A,V,z} =$	0.53		Coef. dépendant de l'entraxe et de la pince des boulons d'ancrage	CEB [9.3.4]
$\Psi_{h,V,z} =$	1.00		Coef. dépendant de l'épaisseur de la fondation	CEB [9.3.4. (c)]
$\Psi_{s,V,z} =$	0.86		Coef. d'influence des bords parallèles à l'effort de cisaillement	CEB [9.3.4. (d)]
$\Psi_{ec,V,z} =$	1.00		Coef. d'irrégularité de la répartition de l'effort tranchant sur le boulon d'ancrage	CEB [9.3.4. (e)]
$\Psi_{\alpha,V,z} =$	1.00		Coef. dépendant de l'angle d'action de l'effort tranchant	CEB [9.3.4. (f)]
$\Psi_{ucr,V,z} =$	1.00		Coef. dépendant du mode de ferrailage du bord de la fondation	CEB [9.3.4. (g)]
$\gamma_{Mc} =$	2.16		Coefficient de sécurité partiel	CEB [3.2.3.1]

$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z}^0 * \Psi_{A,V,z} * \Psi_{h,V,z} * \Psi_{s,V,z} * \Psi_{ec,V,z} * \Psi_{\alpha,V,z} * \Psi_{ucr,V,z} / \gamma_{Mc}$				
$F_{v,Rd,c,z} =$	$\frac{548}{60}$	[kN]	Résistance du béton pour l'écrasement du bord	CEB [9.3.1]

**GLISSEMENT DE LA SEMELLE**

$C_{f,d} =$	0.		Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton	[6.2.2.(6)]
$N_{c,Ed} =$	0.	[kN]	Effort de compression	[6.2.2.(6)]
$F_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,Ed}$				
$F_{f,Rd} =$	0.00	[kN]	Résistance au glissement	[6.2.2.(6)]

**CONTROLE DU CISAILLEMENT**

$V_{j,Rd,y} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd,y}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$				
$V_{j,Rd,y} =$	$\frac{61.9}{1}$	[kN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement	CEB [9.3.1]
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1.0$			0.03 < 1.00	vérifié (0.03)

$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$			
$V_{j,Rd,z}$	$61.9$	[kN]	Résistance de l'assemblage au cisaillement
$=$	$1$		
$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$0.11 < 1.00$		vérifié (0.11)
$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$0.14 < 1.00$		vérifié (0.14)

### CONTRÔLE DES RAIDISSEURS

#### Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$M_1 =$	$12.68$	[kN* m]	Moment fléchissant du raidisseur	
$Q_1 =$	$149.2$	[kN]	Effort tranchant du raidisseur	
$Z_s =$	$62$	[mm]	Position de l'axe neutre (à partir de la base de la plaque)	
$I_s =$	$7046.$	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie du raidisseur	
$\sigma_d =$	$5.77$	[MPa]	Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_g =$	$35.62$	[MPa]	Contrainte normale dans les fibres supérieures	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\tau =$	$32.44$	[MPa]	Contrainte tangentielle dans le raidisseur	EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]
$\sigma_z =$	$56.48$	[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)	$0.24 < 1.00$		vérifié	(0.24)

### SOUDES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE

$\sigma_{\perp} =$	$23.53$	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	$23.53$	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	$-0.38$	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,y}$	[4.5.3.(7)]
$\tau_{z\parallel} =$	$-0.75$	[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)]
$\sigma_{\perp} / (f_u/\gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1)	$0.08 < 1.00$		vérifié	(0.08)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{z\parallel}^2))} / (f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0.14 < 1.00$		vérifié	(0.14)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0(\tau_{z\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0.13 < 1.00$		vérifié	(0.13)

### SOUDES VERTICALES DES RAIDISSEURS

#### 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)]
$\tau_{\parallel} =$	$81.0$	[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)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)	$0.41 < 1.00$		vérifié	(0.41)

### SOUDES HORIZONTALES DES RAIDISSEURS

#### Plaque trapézoïdale parallèle à l'âme du poteau

$\sigma_{\perp} =$	$114.$	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	$68$	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	$100.$	[MPa]	Contrainte tangentielle parallèle	[4.5.3.(7)]

$\sigma_{\perp} =$	114. 68	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	114. 68	[MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	288. 00	[MPa]	Contrainte totale équivalente	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0.85		Coefficient dépendant de la résistance	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\perp} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1)			0.84 < 1.00	vérifié (0.84)

### RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE

#### Moment fléchissant $M_{j,Ed,y}$

$b_{eff} = 104$  [mm] Largeur efficace de la semelle de tronçon T [6.2.5.(3)]

$l_{eff} = 332$  [mm] Longueur efficace de la semelle de tronçon en T [6.2.5.(3)]

$k_{13,y} = E_c * \sqrt{(b_{eff} * l_{eff})} / (1.275 * E)$

$k_{13,y} = 22$  [mm] Coef. de rigidité du béton comprimé [Tableau 6.11]

$l_{eff} = 464$  [mm] Longueur efficace pour un boulon pour le mode 2 [6.2.6.5]

$m = 116$  [mm] Pince boulon-bord de renforcement [6.2.6.5]

$k_{15,y} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$

$k_{15,y} = 7$  [mm] Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction [Tableau 6.11]

$L_b = 274$  [mm] Longueur efficace 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]

$\lambda_{0,y} = 0.32$  Elancement du poteau [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,y} = 26594.61$  [kN\*m] Rigidité en rotation initiale [Tableau 6.12]

$\lambda_{0,y} \leq 0.5$  RIGIDE [5.2.2.5.(2)]

#### Moment fléchissant $M_{j,Ed,z}$

$k_{13,z} = E_c * \sqrt{(A_{c,z})} / (1.275 * E)$

$k_{13,z} = 30$  [mm] Coef. de rigidité du béton comprimé [Tableau 6.11]

$l_{eff} = 230$  [mm] Longueur efficace pour un boulon pour le mode 2 [6.2.6.5]

$m = 46$  [mm] Pince boulon-bord de renforcement [6.2.6.5]

$k_{15,z} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$

$k_{15,z} = 27$  [mm] Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction [Tableau 6.11]

$L_b = 274$  [mm] Longueur efficace 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]

$\lambda_{0,z} = 0.53$  Elancement du poteau [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,z} = 29041.08$  [kN\*m] Rigidité en rotation initiale [6.3.1.(4)]

$S_{j,rig,z} = 58145.01$  [kN\*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** Rati 0.8  
0 4



**I. Introduction :**

L'étude d'un ouvrage ne se limite pas à l'étude de la structure mais s'étend aussi aux fondations qui ont un impact immédiat sur le comportement de l'ouvrage. Une fondation se définit comme un élément architectural d'un bâtiment qui assure la transmission et la répartition des charges de cet ouvrage dans le sol (poids propre du bâtiment, forces climatiques et surcharges liées à son utilisation), le constructeur choisira une solution du type fondation superficielle, semi-profonde ou profonde, qui diffèrent par leur géométrie et leur fonctionnement.

**II. Choix du type de fondation :**

Le choix du type de fondation dépend essentiellement des facteurs suivants :

- Capacité portante du sol d'assise.
- Le poids de la structure.
- La distance entre axes des poteaux.

La contrainte admissible du sol site S3 = 2 bar La profondeur d'ancrage : D = 1,5m.

**III. Calcul des fondations :**

D'après le RPA 99 (article 10.1.4.1), les fondations superficielles sont calculées selon les combinaisons d'action accidentelles suivantes :

- ✓ G + Q + E
- ✓ 0.8G + E

Ainsi que les combinaisons citées par le BAEL91 :

ELU : 1.35G+1,5Q

ELS : G+Q

Tenant Compte de l'application à la résistance ultime du sold'un coefficient de sécurité de 2

Les sollicitations les plus défavorables sont données dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 19 :** Les sollicitations à la base des poteaux HE.

Sollicitation	Situation accidentelle	Situation durable	
		ELU	ELS
	G+Q+E	1.35G+1, 5Q	G+Q
Nmax (KN)	384,19	631,78	450,73
My (KN.m)	18,50	10,04	14,81
Mz (KN.m)	9,30	6,02	4,20
Vy (KN)	8,92	4,87	3,48
VZ (KN)	12,81	10,28	7,32

III.1. Pré dimensionnement de la semelle de poteau :

Les dimensions de la semelle sont choisies de manière qu'elles soient homothétiques avec celle du pied de poteau, les poteaux de notre structure sont rectangulaires à la base ( $h \times b$ ), donc les semelles sont rectangulaire ( $H \times B$ ).

$h$  et  $b$  : dimension du poteau considéré (HEA 240).

$H$  et  $B$  : dimension de la semelle.

$h_1$  :  $d + c$ , avec  $c = 5$  cm. (Béton de propreté)

$d$  : hauteur utile de la semelle est donnée par :

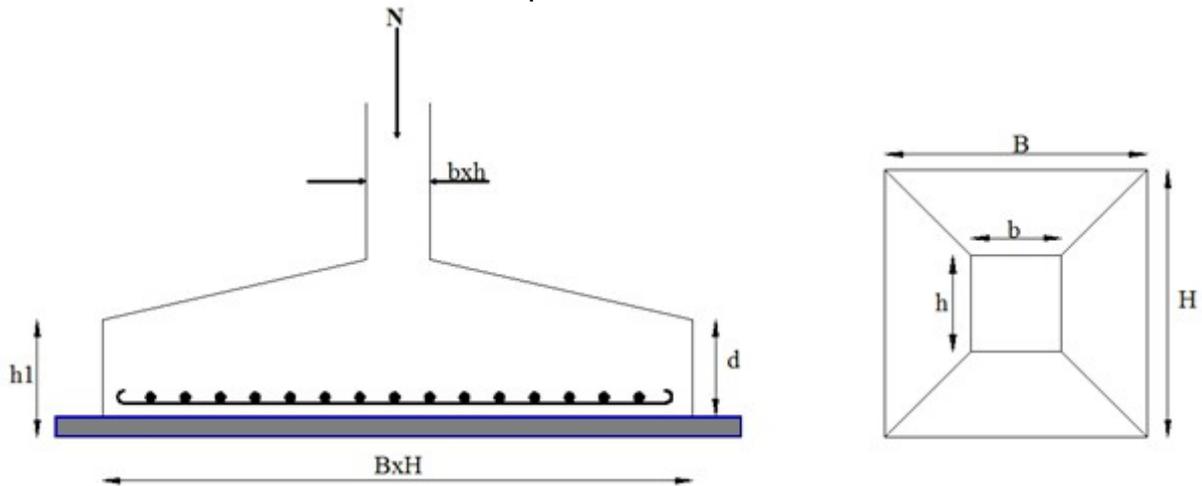


Figure 56 : Dimensions de la semelle.

$d = \max$  (BAEL 91 -Chap 15.III-art 1.2).

✓ Critère de non poinçonnement :

- 2 : Situation accidentelle.
- 1.33 : Situation durable.

: Contrainte maximale dans la semelle donnée par la formule suivante :

$$= (1 + )$$

$$= (1 + )$$

$$=$$

$$= 2bar$$

$$h = 60 \text{ cm.}$$

$$b = 50 \text{ cm.}$$

$$= H = 1,2 \cdot B$$

Avec :

h et b dimensions de la platine puisque les poteaux sont encastrés. (Voir chapitre 08 calculs des assemblages- pieds de poteau).

**III.2. Dimensionnement de la semelle :**

➤ **Situation accidentelle : 2**

$$(1+ ) 2$$

$$(1+ ) 2$$

$$0.82B^3-B-0.186 \ 0 \text{ avec : } = = 0.05$$

Après tâtonnement on trouve  $B= 1.2$

$$\text{Soit : } B = 1.4 \text{ m.}$$

$$H = 1.2 \times 1.4 = 1.68.$$

$$\text{Soit : } H = 1,7 \text{ m.}$$

➤ **Situation durable : 1.33**

$$(1+ ) 1.33$$

$$(1+ ) 1.33$$

$$0,55B^3-B-0,12 \ 0 \text{ avec : } = = 0.02\text{m}$$

$$\text{Soit : } B = 1.8 \text{ m}$$

$$H = 1.2 \times 1.8 = 2,16\text{m}$$

$$\text{Soit : } H = 2,2 \text{ m.}$$

On choisit pour toutes les semelles  $B=1.8 \text{ m}$  et  $H = 2,2 \text{ m}$ .

$$d = \max d = \max$$

$$d = 40 \text{ cm.}$$

$$h_1 = d + c = 45 \text{ cm. Soit } h=45\text{cm}$$

$l_1$  : hauteur de l'amorce de poteau

$$l_1 = D-h_1=1,5 - 0.45 = 1,05 \text{ m}$$

• **Poids de la semelle :**

$$P = H \times B \times h_1 \times$$

$$P = 2.2 \times 1.8 \times 0.45 \times 25 = 44,55 \text{ KN}$$

• **Les moments à la base:**

$$= + \times (h_1 + l_1)$$

$$= + \times (h_1 + l_1)$$

Les sollicitations à la base de la semelle sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 20** : Les sollicitations à la base de la semelle.

Sollicitation	Situation Accidentelle	Situation durable	
		ELU	ELS
	G+Q+E	1.35G+1.5Q	G+Q
Nmax (KN)	428,74	676,33	495,28
Mby (KN.m)	37,71	25,46	25,79
Mbz (KN.m)	22,68	13,325	9,42
Vy (KN)	8,92	4,87	3,48
VZ (KN)	12,81	10,28	7,32

**III.3. Vérification des contraintes :**

Les contraintes dans les semelles excentrées sont données par les expressions suivantes :

Sens B : (1+ )  
 (1- )avec=

Sens H : (1+ )  
 (1- )avec=

$$2 \times = 2 \times 200 = 400 \text{ KN/m}^2.$$

$$1.33= 1.33 \times 200 = 266 \text{ KN/m}^2.$$

=

Les contraintes sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau 21** : Vérification des contraintes dans le sol.

Cas de chargement		Sens	e <sub>0</sub> (m)	(bar)	(bar)	(bar)
Situation accidentelle		Sens H	0,088	1.34<4	0,82<4	1.21<2
		Sens B	0,052	1.26<4	0.89<4	1.16<2
Situation durable	ELU	Sens H	0,037	1.7<2.66	1.53<2.66	1.37<2
		Sens B	0,019	1.81<2.66	1.6<2.66	1.75<2
	ELS	Sens H	0,052	1.42<2.66	1.07<2.66	1.33<2
		Sens B	0,019	1.33<2.66	0.5<2.66	1.12<2

**III.4. Vérification de la stabilité au renversement :(RPA 99 v 2003.Art.10.1.5):**

Dans le cas accidentel, il faut vérifier que :

$$\text{Sens B} : = 0.088 < 0.45$$

$$\text{Sens H} : = 0.052 < 0.55$$

Donc la vérification au renversement est satisfaite.

#### III.4.1. Détermination des armatures de la semelle :

On a deux conditions à vérifier :

(1)

(2)

Si les deux conditions sont vérifiées, les armatures seront calculées sous un effort normal fictif :

$$N' = N(1 + )$$

$$N' = N(1 + )$$

Si l'une des deux conditions est vérifiée, les armatures seront calculées sous un moment  $M_1$ .

$$M_1 = (4 \times B + 0.3 \times b - 9 \times )$$

$$M_1 = (4 \times H + 0.3 \times h - 9 \times )$$

##### ➤ Situation accidentelle :

- Armatures parallèles à H=2,2 m.

Calcul de  $N'$ .

- Armatures parallèles à B=1,8m:

Calcul de  $M_1$

$$M_1 = (4 \times 1.8 + 0.3 \times 0.5 - 9 \times 0.088)$$

$$M_1 = 92,98 \text{ KN.m}$$

=

$$= 6,46 \text{ cm}^2.$$

##### ➤ Situation durable :

A l'ELU :

- Armatures parallèles à H=1.7m:

Calcul de N'

- Armatures parallèle à B=1,40m:

Calcul de N'

A l'ELS:

- Armatures parallèles à H=1.7m:

Calcul de N'

- Armatures parallèles à B=1.4 :

Calcul de N'

➤ **Condition de non fragilité :**

$$= 0.23 \times B \times h_1 = 0.23 \times 1.8 \times 0.45 \\ = 9,78\text{cm}^2.$$

$$= 0.23 \times \times H \times h_1 = 0.23 \times \times 2,2 \times 0.45$$

$$= 11,96 \text{ cm}^2.$$

➤ **Dispositions constructives :**

Les armatures seront munies des crochets si : ( $l_s > H/4$  sens H et  $l_s > B/4$  sens B)

$l_s =$

$l_s$  : longueur de scellement.

$s_s = 1.5.$

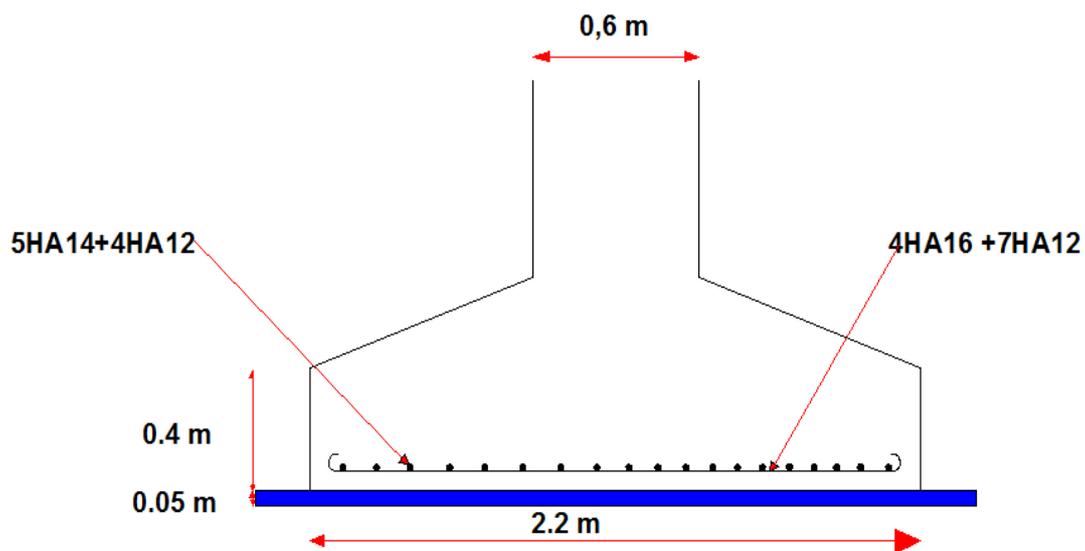
**Selon H :**  $l_s = 56,44 > 55 \text{ cm}.$

**Selon B :**  $l_s = 49,38 > 45 \text{ cm}.$

Les armatures doivent comporter des crochets.  
Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 22 :** Les armatures des semelles.

Armatures	Situation accidentelle	Situation durable		(cm <sup>2</sup> )	Nombre de barre	(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm)
		ELU	ELS					
<b>(H)</b>	6.38	6.88	5.16	11,96	4HA16+7HA12	15,96	56,44	22
<b>(B)</b>	6.46	5.60	4.03	9,78	5HA14+4HA12	12,24	49,38	23



**Figure 57 :** Schéma de ferrailage de la semelle.

**III.5. Calcul des longrines :**

**III.5.1. Introduction :**

Les longrines sont des éléments appartenant à l'infrastructure et qui servent à rigidifier l'ensemble des semelles. Elles sont soumises à des forces axiales de traction.

**III.5.2. Pré dimensionnement :**

Les dimensions minimales de la section transversale des longrines d'après le **RPA99vs2003** sont :

25 cm x 30 cm : sites de catégorie S2 et S3

30 cm x 30 cm : sites de catégorie S4

Pour notre cas on optera pour des longrines de section : (25x30) cm<sup>2</sup>.

**III.5.3. Ferrailage :**

Les longrines doivent être calculées pour résister à l'action d'une forces de traction qui est égale à :

$$= ( ) 20 \text{ KN. (RPA99 V2003.art 10.1.1.b)}$$

: Coefficient fonction de la zone sismique et de la catégorie de site considérée.

: L'effort normal ultime du poteau le plus sollicité.

$$= 15 \text{ (zone IIa, site S}_2\text{)}.$$

$$\text{ELU : } = ( ) = 42,12 \text{ KN.}$$

$$\text{ELS : } = ( ) = 30,05 \text{ KN.}$$

=

$$\text{ELU : } = = 1,21 \text{ cm}^2.$$

$$\text{ELS: } = = 0,86 \text{ cm}^2.$$

$$= 0.6(HxB) = 0.6 \times 25 \times 30$$

$$= 4,5 \text{ cm}^2.$$

Donc on ferraille avec

Soit **6HA12**, avec  $A_s = 6,79 \text{ cm}^2$ .

➤ **Vérification de la condition de non fragilité :**

$$= = 3,94$$

$= 6.79 > 3,94$  vérifiée.

➤ **Vérification de la flèche :**

$= 79,07$  KN/ml.

La plus grande portée est :  $l=5,7$  m.

$f = 2,85$  cm.

$I = 56250$  cm<sup>4</sup>.

$f = 0,92 = 2.85$  cm.

$f = 0.92$  cm  $2.85$  cm. la condition est vérifiée

• **Armatures transversales :**

Soit des cadres de diamètre **8mm** dont l'espacement est inférieur à :  $\min(20 \text{ cm}, 15\Phi)$

$St < (20\text{cm}, 15*0,8) = 12\text{cm}$ .

Les cadres sont espacés de 15 cm en travée et de 10cm en zone nodale.

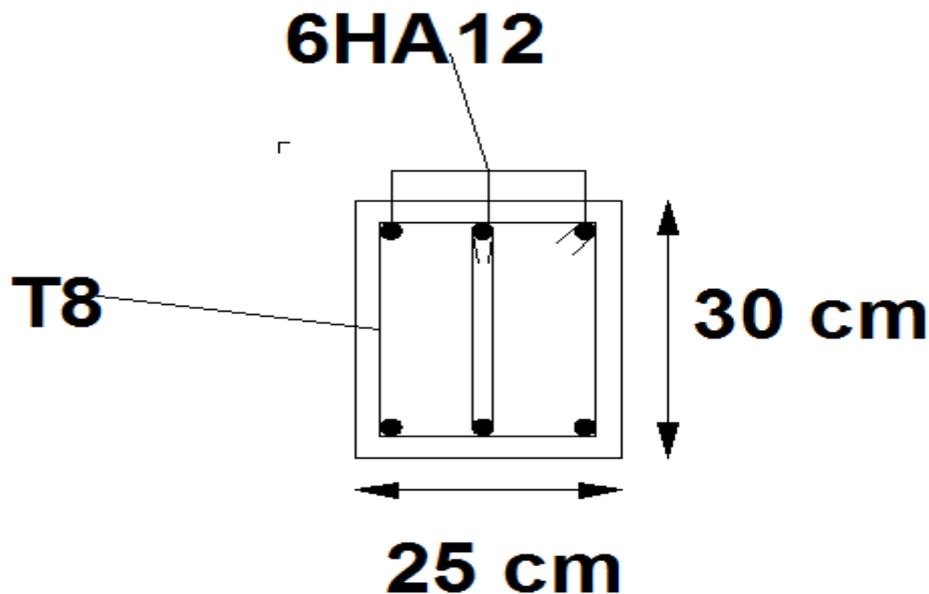


Figure 58 : Schéma de ferrailage des longrines.

**III.6. Ferrailage des futs :**

Les fondations sont ancrées à  $D=1.5\text{m}$  ; l'assemblage platine massif doit être au-dessus du sol ; donc on prévoit un poteau en B.A (fût) de dimension  $(100*80)$  cm<sup>2</sup>.

Le fût est soumis à un effort normal, un effort tranchant et un moment fléchissant. Le ferrailage de la section sera calculé en flexion composé.

On calculera uniquement le fût le plus sollicité ; par les efforts (M. N .T)

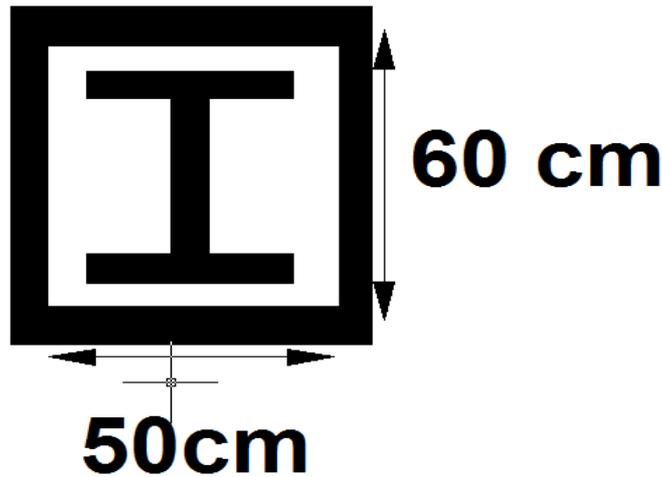


Figure 59 : section du fut à ferrailer.

On a:

$$N_u = 676,33 \text{ KN}$$

$$M_u = 25,46 \text{ KN.m}$$

$$e = 0,04 \text{ m}$$

$$e' = 0,1 \text{ m}$$

e La section est entièrement comprimée.

$$M_{ec} = 25,46 + 676,33(0,4 - 0,6/2) = 93,093 \text{ KN.m}$$

$$(d - d') - = 676,33 (0,4 - 0,05) - 93,093 = 143,62 \text{ KN.m} \dots \dots \dots (1)$$

$$(0,337 \times h - 0,81 \times d') \times b \times h \times = 688,84 \text{ KN.m} \dots \dots \dots (2)$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

$$d' = 5 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$(1) < (2) \rightarrow A = 0$$

$$\mu_{bu} = 0,0437$$

$$\mu_{bu} < \mu_1 = 0,392 \rightarrow A' = 0$$

$$A_1 = 5,05 \text{ cm}^2$$

$$\text{Avec } \alpha = 1,25 (1 - ) = 1,25 (1 - 0,055)$$

$$z = d(1 - 0,4\alpha) \rightarrow z = 0,55(1 - 0,4(0,055)) \rightarrow z = 0,53 \text{ cm}$$

On revient à la flexion composée :

$$A = A_1 + = 5,05 + = 19,43 \text{ cm}^2$$

la section minimale d'armature longitudinale est :

$$A_{min} = 0,23 = 0,23 = 3,32 \text{ cm}^2$$

Donc on ferraille avec A

$$\text{Soit } 30\text{HA}10 = 23,56 \text{ cm}^2$$

- Armatures transversales :

Soit trois cadres  $\Phi 18$  dont l'espacement max est donné par le RPA.

- ✓ Dans la zone nodale :

$$10 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

- ✓ Dans la zone courante :

$$\min ( ; 10 ) = 10 \text{ cm soit } = 10 \text{ cm}$$

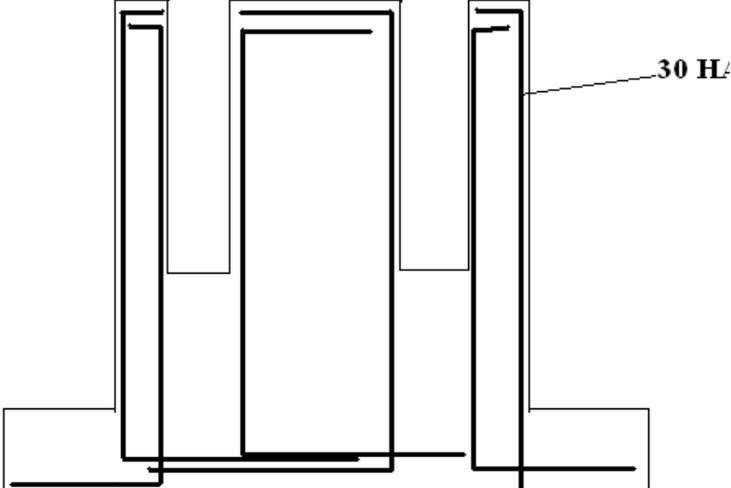


Figure 60 : Schéma de ferrailage des futs

---

## Table des matières

### **Chapitre I : présentation de l'ouvrage.**

**Liste des tableaux :**

**Liste des figures :**

