
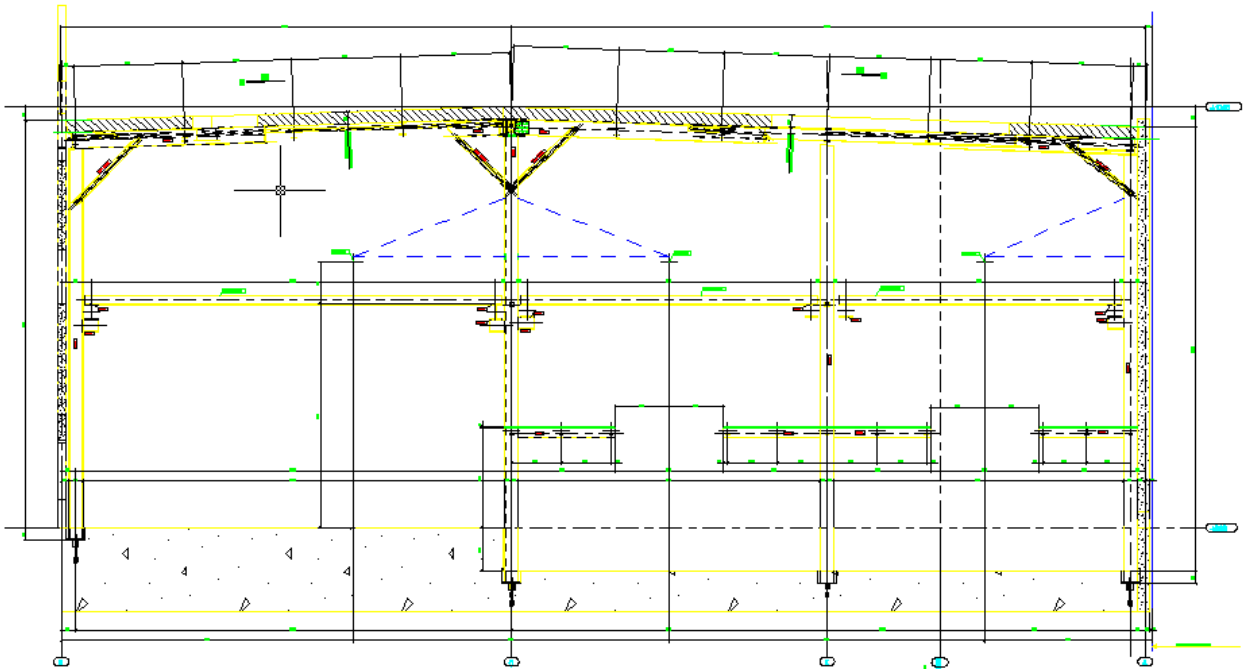



CHÉMIN DE ROULEMENT

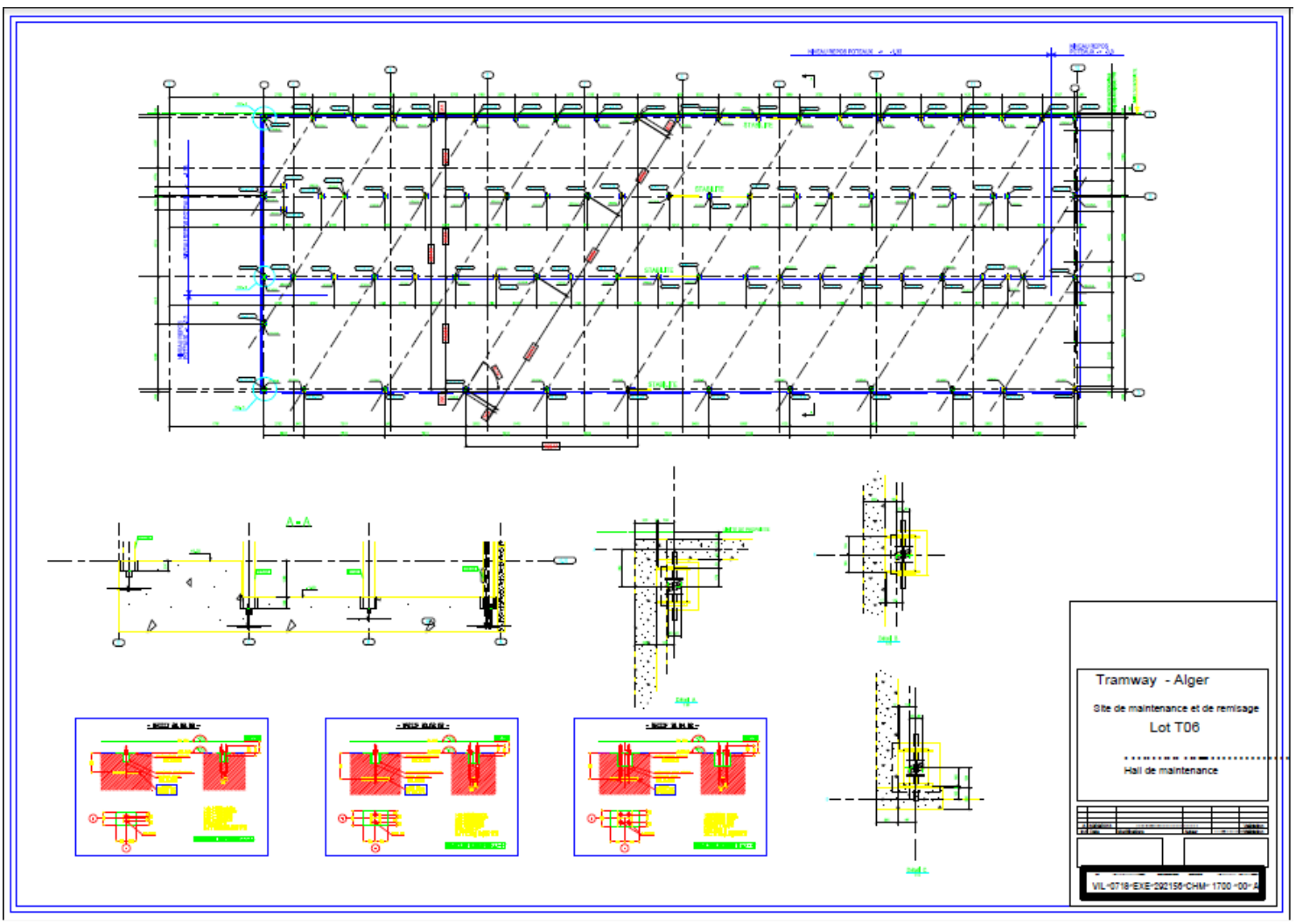


					
<b>Tramway - Alger</b> Site de maintenance et de remisage <b>Lot T06</b> Charpente métallique Hall de maintenance CHEMIN DE ROULEMENT					
<table border="1"> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					
VL-0719-EXE-202159-CHM-1705-00-A					



					
<b>Tramway - Alger</b> Site de maintenance et de remisage <b>Lot T06</b> Charpente métallique Hall de maintenance COURSES - DETAILS					
<table border="1"> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					
VL-0719-EXE-202159-CHM-1705-00-A					

11 / 1 sur 42 /



## Tables des figures

**Figure 1 :** vue globale du site (Ch.1)

**Figure 2 :** Coupe du hall de maintenance ( Ch.1)

**Figure 3 :** Matériel roulant (Ch.1)

**Figure 4 :** répartition des charges surfaciques (Ch.4)

**Figure 5:** répartition des charges linéaire sur un portique (Ch.4)

**Figure 6:** Diagramme du moment fléchissant d'un poteau (Ch.4)

**Figure 7:** Diagramme de l'effort normal d'un poteau (Ch.4)

**Figure 8:** Diagramme du moment fléchissant d'une poutre (Ch.4)

**Figure 9:** Diagramme de l'effort tranchant d'une poutre (Ch.4)

**Figure 10:** charges roulantes (Ch.5)

**Figure 11:** lignes d'influence d'un élément de la poutre de roulement (Ch.5)

**Figure 12:** Assemblage poteau-poutre principale (Ch.6)

**Figure 13:** Assemblage base du poteau (Ch.6)

**Figure 14:** Assemblage Corbeau-Poteau (Ch.6)

**Figure 15 :** Assemblage Poutre-poutre (Ch.6)

**Figure 16 :** Assemblage Panne –Poteau (Ch.6)

**Figure 17 :** Assemblage palées de stabilité (Ch.6)

## *Sommaire*

### **Chapitre I : Introduction et présentation du projet .....1**

#### I-Généralités :

I-1) Introduction.

I-2) Terminologie.

I-3) Profilés associés.

I-4) Acier.

I-5) Phénomène d'instabilité.

I-5-1) Le flambement.

I-5-2) Le diversement.

I-6) Présentation du projet.

I-6-1) Dimensions.

I-6-2) Ouvertures.

I-6-3) La toiture.

I-6-4) Le matériel Roulant.

I-7) Notation et symboles.

### **Chapitre II : Etude climatique .....6**

II-1) Introduction :

II-2) Etude au vent :

II-2-1) Détermination des coefficients dynamiques  $C_d$  :

II-2-1-a) Vent perpendiculaire au pignon (portique de rive) :

II-2-1-b) Vent perpendiculaire au pignon (portique du centre):

II-2-1-c) Vent perpendiculaire au long-pan (portique long pan) :

II-3) Calcul de la pression dynamique du vent  $q_h$  :

II-4) Valeurs du coefficient de pression intérieure  $C_i$

II-5)

Calcul de la pression statique du vent  $P_h$

II-3) Les Lanterneaux :

- II-3-1) Utilisations du lanterneau :
- II-3-2) Etude au vent :
  - II-3-2-a) Coefficient d'exposition  $C_{ex}$  :
  - II-3-2-b) Pression dynamique  $q_h$  :
  - II-3-2-c) Calcul des coefficients de pression intérieure :
- II-4) Action de la neige :
  - II-4-1) Charge de neige sur le sol :
  - II-4-2) Charge de neige sur les toitures :
    - II-4-2) Toiture des lanterneaux :

## **Chapitre III : logiciel Robot Structural Analysis .....23**

- III-1) Présentation du logiciel :
- III-2) Etapes de modélisation
  - III-2-1) Choix du type de structure
  - III-2-2) Préférence de l'affaire
  - III-2-3) Unités et formats
    - III-2-3-a) Matériaux
    - III-2-3-b) Normes de conception
    - III-2-3-c) Charge
  - III-2-4) Ligne de construction
  - III-2-5) Choix des profilés
  - III-2-6) Affectation des barres
  - III-2-7) Les appuis
  - III-2-8) Cas de charge
  - III-2-9) Création des bardages
  - III-2-10) Définition des charges
  - III-2-11) Les combinaisons d'actions
  - III-2-12) Vérification de la structure
  - III-2-13) Calculs
  - III-2-14) Résultats
    - III-2-14) Dimensionnement acier
      - III-2-14-a) Barres/familles – Définition
      - III-2-14-b) Menu
      - III-2-14-c) Calculs
      - III-2-14-d) Menu
      - III-2-14-e) Vérification
      - III-2-14-f) Résultats simplifiés

**Chapitre IV : Vérification des éléments .....35**

IV-1) Les profilés utilisés pour la structure

IV-2) Les charges

IV-3) Les combinaisons de charges

IV-3-1) A l'ELU

IV-3-2) A l'ELS

IV-4) Les résultats

IV-4-1) Les Poteaux

IV-4-2) Les poutres

IV-4-3) Vérification aux phénomènes d'instabilité

IV-4-4) Les contreventements

**Chapitre V : Les Ponts Roulants .....47**

V-1) Introduction

V-2) Les ponts roulants

V-3) Résultats

V-4) Vérification à la résistance

V-5) Vérification aux phénomènes d'instabilité.

**Chapitre VI: Les assemblages .....51**

VI-1) Introduction :

VI-2) Assemblage Poteau-Poutre principale :

VI-3) Assemblage Poteau-Fondation :

VI-4) Assemblage Corbeau-Poteau :

VI-5) Assemblage Poutre-poutre (Poutre de faîtage).

VI-6) Assemblage Panne –Poteau

VI-7) Les palées de stabilité

**Conclusion.**

**Bibliographie.**

# Introduction et présentation du projet

## I-Généralités :

### I-1) Introduction :

L'industrie sidérurgique s'est développée à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle en proposant des produits de construction (Laminés ou moulés) adaptés à la construction d'ossatures métalliques - Charpente Métallique.

Ces éléments de construction "rigides" permettent de dégager des grands espaces utiles au sol.

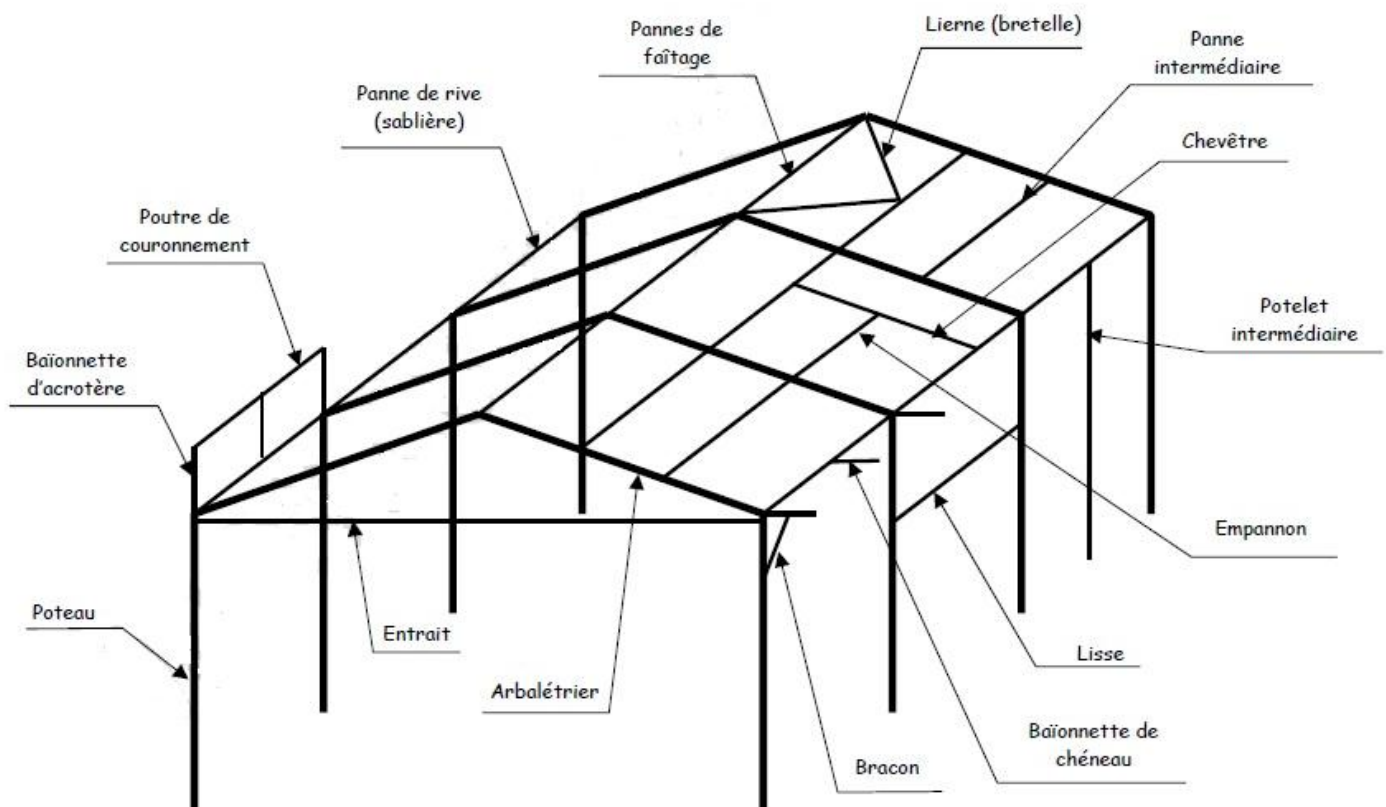
La portée des éléments d'ossature peut atteindre plusieurs dizaines de mètres.

En outre le poids de ces éléments d'ossature, comparé à ceux d'une même structure en béton armé (ou maçonnerie) est réduit et allège considérablement les charges transmises au sol.

Associé à des éléments de peau "légers" (bardage, façades rideau ...), ces structures sont adaptées à la réalisation de constructions telles que salles de sports, piscines, entrepôts, usines... Leur réalisation est rapide (assemblage direct d'éléments préfabriqués) et donc d'un prix très compétitif.

### I-2) Terminologie.

Une charpente métallique est constituée de PORTIQUES ou FERMES réalisés par l'assemblage des poteaux, arbalétriers, entrails... Ces portiques sont reliés entre eux par des pannes (poutres).

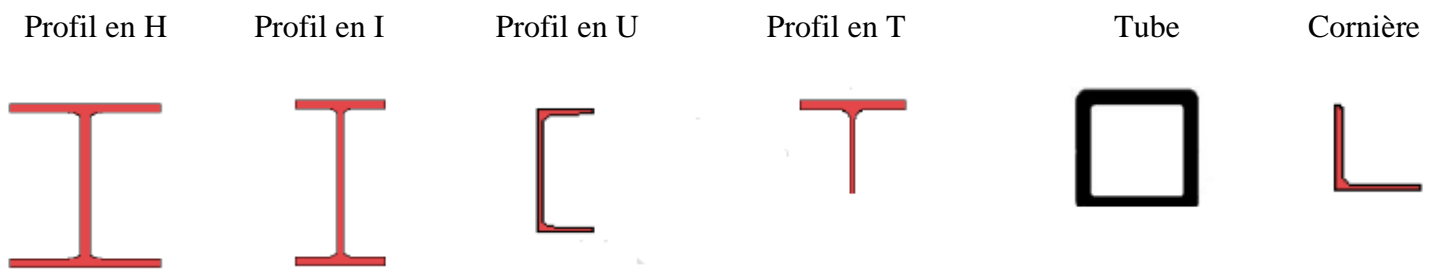


Lorsqu'il existe des planchers intermédiaires, ceux-ci sont fréquemment constitués d'une association acier-béton : les planchers collaborants. On trouve aussi des prédalles, des dalles alvéolaires et des planchers secs

**I-3) Profilés associés :**

Les profilés associés sont généralement des aciers laminés, les charpentes peuvent également être en aluminium.

Poteaux :	type HEA, HEB, IPE
Potelets :	type UPN, tubulaires
Arbalétriers :	type IPE, poutres treillis
Pannes :	type IPE, UPN, poutres treillis
Chevêtres :	type IPE, UPN
Couronnement :	type IPE, UPN
Liernes :	type T, fers plats
Baïonnettes :	type UPN, fers plats

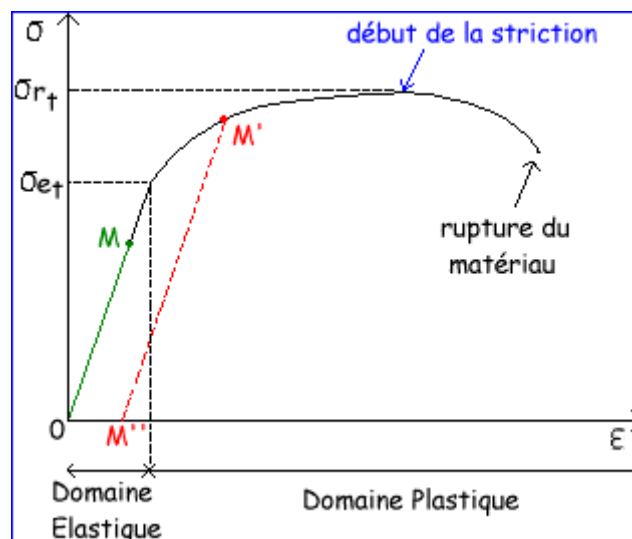
**I-4) Acier :**

L'acier est un alliage métallique utilisé dans les domaines de la construction métallique et de la construction mécanique.

Il est constitué d'au moins deux éléments, le fer, très majoritaire, et le carbone, dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse.

C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés du métal qu'on appelle « acier ». Il existe d'autres métaux à base de fer qui ne sont pas des aciers comme les fontes et les ferronickels

Des essais destructifs tels que la traction, nous permet de les déterminer les caractéristiques mécaniques de l'acier.



**I-5) Phénomène d'instabilité :**

**I-5-1) Le flambement :** c'est un phénomène d'instabilité d'une structure, qui soumise à un effort normal de compression, a tendance à fléchir et se déformer dans une direction perpendiculaire à l'axe de compression.

**I-5-2) Le déversement :**

Le déversement est lié à la flexion, il s'agit d'un flambement de l'aile comprimée et présente des analogies certaines avec les phénomènes de flambement. La poutre, pour un moment critique entre en flexion et en torsion dans son plan de plus faible inertie. Ce phénomène se produit en général pour des poutres ayant une faible inertie à la flexion transversale et à la torsion.

**I-6) Présentation du projet:**

Mon projet consiste à l'étude d'un hall de maintenance et de remisage des tramways en charpente métallique équipé de 3 ponts roulants à l'aide du logiciel Robot Structural Analysis en utilisant le règlement algérien neige et vent (RNV99) et l'Eurocode 3.

Il sera implanté à Alger, classée selon le RNV en Zone de vent **1** et en Zone de neige **B**.



**Figure 1 : vue globale du site**

**I-6-1) Dimensions :**

- Longueur totale : 75,1 m
- Largeur totale : 25,16 m
- Hauteur totale sans lanterneau : 10,96 m
- Hauteur totale avec lanterneau : 14,28 m

**I-6-2) Ouvertures :**

Le hall comporte 3 ouvertures de (4,6 x 7,43) m<sup>2</sup> au pignon.

**I-6-3) La toiture :**

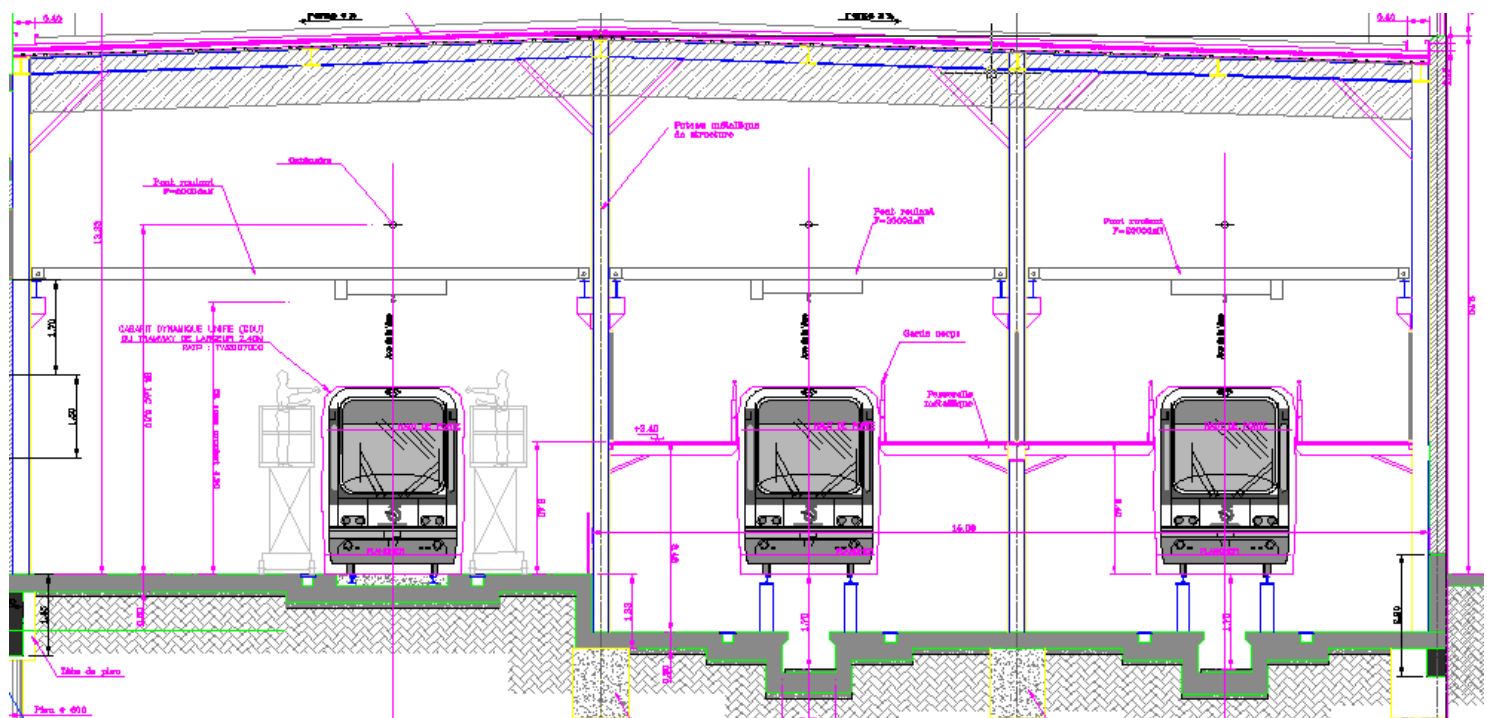
La toiture est végétalisée et considérée comme plate, son inclinaison est de 3,1 %.

La structure est composée d'un portique de 3 travées de 10,42 m, 7,49m et 7,25 m. Les portiques sont espacés de 7,51 m d'entre axe.

Les poteaux sont considérés articulés sur leurs fondations et encastrés en tête.

Les passerelles d'accès aux toits des trains sont reprises par les poteaux de la structure de la toiture et par des poteaux intermédiaires. L'espacement entre ces poteaux est de 3.75 m.

Les poutres de roulements des différents ponts roulants reposent sur des corbeaux solidaires des poteaux.



**Figure 2 : Coupe du hall de maintenance**

**I-6-4) Le matériel Roulant :**

Le matériel roulant est de type Citadis 302 produit par Alstom Transport , une entreprise qui développe et vend une vaste gamme de produits et services liés à l'industrie ferroviaire.



**Figure 3 : Matériel roulant**

**I-7) Notation et symboles :**

**E** : Module d'élasticité longitudinale de l'acier.

**G** : Module d'élasticité transversale de l'acier.

**M<sub>sd</sub>** : Moment sollicitant.

**M<sub>cr</sub>** : Moment critique.

**M<sub>el</sub>** : Moment élastique.

**M<sub>pl</sub>** : Moment plastique.

**M<sub>Rd</sub>** : Moment résistant.

**N<sub>ed</sub>** : Effort normal

**N<sub>pl</sub>** : Effort normale plastique.

**V<sub>sd</sub>** : Effort tranchant.

**f<sub>y</sub>** : Limite d'élasticité de l'acier.

**f<sub>ub</sub>** : Résistance à la traction d'un boulon.

## II-Etude climatique

### II-1) Introduction :

Cette étude consiste à évaluer les sollicitations engendrées par l'action du vent et de la neige sur la structure en utilisant le document technique réglementaire « C2-47 », qui est le règlement algérien Neige et Vent « RNV99 ».

Ce règlement s'applique aux constructions dont la hauteur est inférieure à 200 m et à une altitude inférieure à 2000 m.

Pour les sites d'une altitude supérieure à 2000 m, les valeurs à prendre doivent être fixées par le cahier de charge.

### II-2) Etude au vent :

L'évaluation des surcharges dues au vent est conditionnée par plusieurs facteurs à savoir :

- ✓ La vitesse du vent ;
- ✓ Emplacement et l'orientation de l'ouvrage ;
- ✓ La forme géométrique de la paroi ;
- ✓ Les dimensions de l'ouvrage.

Elle sera faite en considérant 3 directions de vent (V1, V2 et V3) comme indiqué sur les figures ci-après.

La pression statique : c'est une pression due au vent qui s'exerce sur une construction à une hauteur h.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$P_h = C_d * q_h (C_e - C_i) \dots\dots\dots \text{daN/m}^2$$

Avec :

$C_d$  : Coefficient dynamique de la construction.

$q_h$  : Pression dynamique du vent calculée à la hauteur considérée

$C_e$  : Coefficient de pression extérieure.

$C_i$  : Coefficient de pression intérieure.

## **II-2-1) Détermination des coefficients dynamiques $C_d$ :**

Ce coefficient tient compte des effets de réduction dus à l'imparfaite corrélation des pressions exercées sur les parois.

Pour les structures métalliques, le coefficient  $C_d$  est donné par la figure (3.2) P.51 du RNV99 en respectant les dimensions de la structure :

- d : Dimension de la structure parallèle au vent.

- b : Dimension de la structure perpendiculaire au vent.

- h : Hauteur totale de la structure.

### **II-2-1-a) Vent perpendiculaire au pignon (portique de rive) :**

$$\left. \begin{array}{l} h = 10,96\text{m} \\ b = 25,16\text{m} \end{array} \right\} C_d = 0,95 < 1,2$$

### **II-2-1-b) Vent perpendiculaire au pignon (portique du centre):**

$$\left. \begin{array}{l} h = 10,96 \text{ m} \\ b = 29,85 \text{ m} \end{array} \right\} C_d = 0,95 < 1,2$$

### **II-2-1-c) Vent perpendiculaire au long-pan (portique long pan) :**

$$\left. \begin{array}{l} h = 10,96 \text{ m} \\ b = 75,1 \text{ m} \end{array} \right\} C_d = 0,85 < 1,2$$

$C_d < 1,2 \longrightarrow$  la structure est considérée comme peu sensible aux excitations dynamiques dans les deux directions du vent.

**II-3) Calcul de la pression dynamique du vent  $q_h$  :**

Cette pression est donnée par formule suivante :

$$q_h = q_{ref} * C_{ex} \dots\dots\dots daN / m^2$$

$q_{ref}$  : la pression dynamique de référence

Alger est classée selon le RNV99 en Zone I parmi les zones du vent en Algérie

$$q_{ref} = 37,5 daN/m^2$$

$C_{ex}$  : représente le coefficient d'exposition au vent qui tient compte des effets de la rugosité du terrain, de la topographie du site, de la hauteur  $h$  au-dessus du sol et aussi de la nature turbulente du vent.

La structure étant peu sensible aux excitations dynamiques,  $C_{ex}$  est donné par la formule suivante :

$$C_{ex} = C_t^2 * C_r^2 * \left[ 1 + \frac{7 + k_t}{C_r * C_t} \right]$$

Avec :

$K_t$  : Facteur du terrain

$C_t$  : Coefficient de topographie du site

$C_r$  : Coefficient de rugosité du terrain

$$C_r = K_t * \ln \frac{h}{h_0} \quad \text{pour} \quad h_{min} \leq h \leq 200m$$

$$C_r = K_t * \ln \frac{h_{min}}{h_0} \quad \text{pour} \quad h \leq h_{min}$$

$K_t$ ,  $h_0$  et  $h_{min}$  sont donnés dans le tableau suivant :

Catégorie du terrain	$K_t$	$h_0(m)$	$h_{min}(m)$
I	0,17	0,01	2

Site Plat  $\longrightarrow C_t = 1$

$$h_{\min} \leq h = 10,96 \text{ m} \leq 200\text{m} \longrightarrow C_r = K_t * \ln \frac{h}{h_0}$$

pour la Toiture :

$$C_{r(10,96)} = 0,17 * \ln \frac{10,96}{0,01} \approx 1,19$$

$$\longrightarrow C_{\text{ex}} = 1^2 * 1,19^2 * \left[ 1 + \frac{7 + 0,17}{1 * 1,19} \right] = 2,83$$

Pour les parois verticales :

$$C_{r(5,185)} = 0,17 * \ln \frac{5,185}{0,01} \approx 1,06$$

$$\longrightarrow C_{\text{ex}} = 1^2 * 1,06^2 * \left[ 1 + \frac{7 + 0,17}{1 * 1,06} \right] = 2,38$$

Toiture :

$$q_h = 37,5 * 2,83 = 106,125 \text{ daN /m}^2$$

Parois Verticales :

$$q_h = 37,5 * 2,38 = 89,25 \text{ daN /m}^2$$

#### **II-4) Valeurs du coefficient de pression intérieure $C_i$ :**

Le coefficient de pression intérieure des bâtiments sans cloisons intérieures (Hall industriel) est donné en fonction de l'indice de perméabilité  $\mu_p$  voir annexe

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surface des ouvertures sous le ventet parallèles au vent}}{\sum \text{des surfaces de toutes les ouvertures}}$$

Selon V1 :

$$\mu_p = \frac{3 * 0}{3 * (4,6 * 7,43)} = 0 \longrightarrow C_i = +0,8$$

Selon V2 et V3 :

$$\mu_p = \frac{3 * (4,6 * 7,43)}{3 * (4,6 * 7,43)} = 1 \longrightarrow C_i = -0,5$$

**II-5) Calcul de la pression statique du vent  $P_h$ :**

$$P_h = C_d * q_h (C_e - C_i)$$

**Direction du vent V1 :**

**Parois verticales :**

$$e = \min (b ; 2h)$$

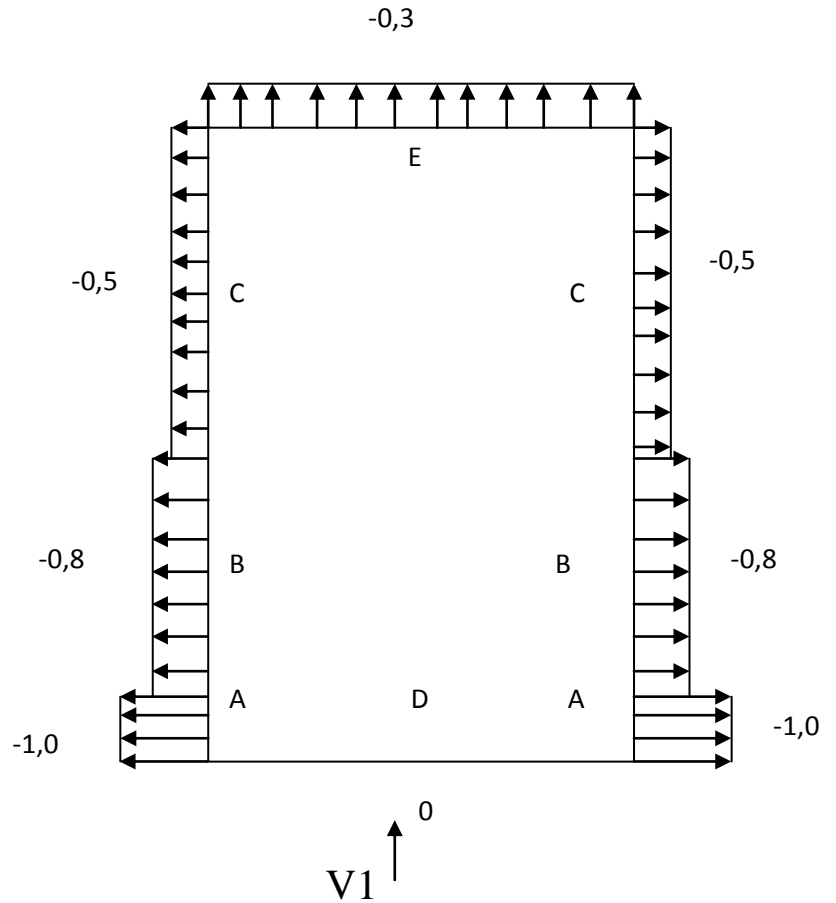
$$e = \min (25,1 ; 2*10,96)$$

$$e = 21,92 \text{ m}$$

$$A = \frac{e}{5} = \frac{21,92}{5} = 4,38 \text{ m}$$

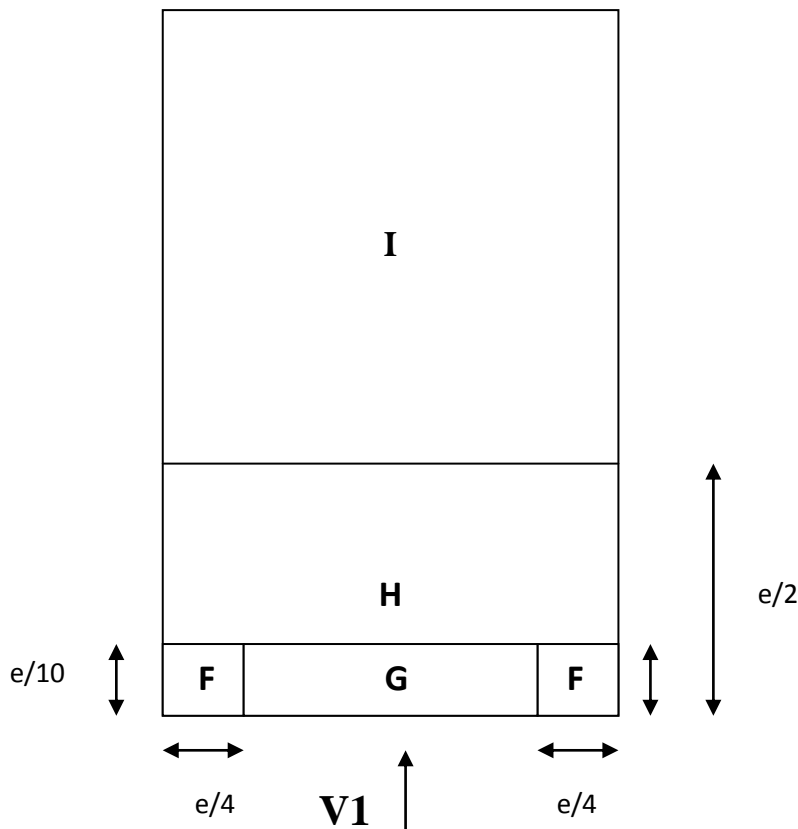
$$B = e - \frac{e}{5} = 21,92 - \frac{21,92}{5} = 17,54 \text{ m}$$

$$C = d - e = 75,1 - 21,92 = 53,18 \text{ m}$$



**Toiture :**  $\alpha < 4^\circ$

La toiture est considérée comme plate d'après l'article 1.1.3 (Toitures plates) P66 du RNV99



$C_e$  est donné dans le tableau suivant :

Zone	$C_{e1}$	$C_{e10}$
<b>F</b>	-2,5	-1,8
<b>G</b>	-2,0	-1,2
<b>H</b>	-1,2	-0,7
<b>I</b>	$\mp 0,2$	$\mp 0,2$

Ces valeurs sont tirées du tableau (5.2) , P66 , §1.13 du RNV99

**Valeurs de  $P_h$  selon V1 :**

**Parois verticales :**

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
<b>A</b>	0,95	89,25	-1,0	+0,8	-1,8	-152,62
<b>B</b>	0,95	89,25	-0,8	+0,8	-1,6	-135,66
<b>C</b>	0,95	89,25	-0,5	+0,8	-1,3	-110,22
<b>D</b>	0,95	89,25	+0,8	+0,8	0,0	0,00
<b>E</b>	0,95	89,25	-0,3	+0,8	-1,1	-93,26

**Toiture :**

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
<b>F</b>	0,95	106,125	-1,8	+0,8	-2,6	-262,12
<b>G</b>	0,95	106,125	-1,2	+0,8	-2,0	-201,64
<b>H</b>	0,95	106,125	-0,7	+0,8	-1,5	-151,22
<b>I</b>	0,95	106,125	+0,2	+0,8	-0,6	-60,49
			-0,2		-1,0	-100,81

**Direction du vent V2**

**Parois verticales :**

$$e = \min (b ; 2h)$$

$$e = \min (25,1 ; 2*10,96)$$

$$e = 21,92 \text{ m}$$

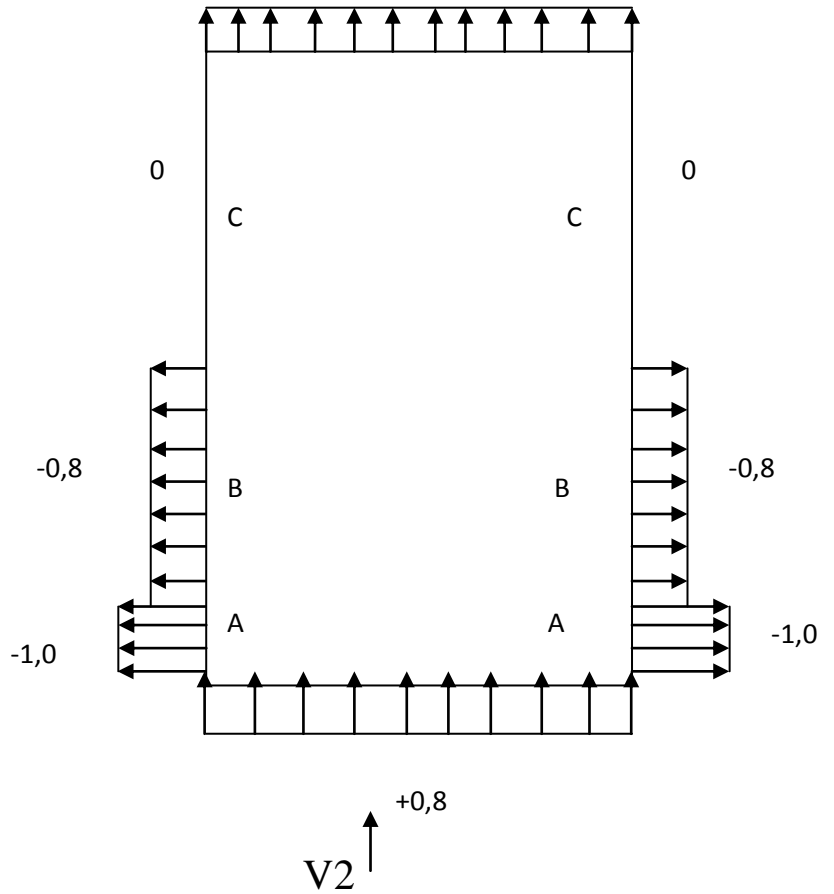
$$A = \frac{e}{5} = \frac{21,92}{5} = 4,38\text{m}$$

$$B = e - \frac{e}{5} = 21,92 - \frac{21,92}{5} = 17,54 \text{ m}$$

$$C = d - e = 75,1 - 21,92 = 53,18 \text{ m}$$

**Valeurs de  $P_h$  selon V2 :**

**Parois verticales :**



Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
A	0,95	89,25	-1,0	-0,5	-0,5	-42,39
B	0,95	89,25	-0,8	-0,5	-0,3	-25,43
C	0,95	89,25	-0,5	-0,5	0,0	0,00
D	0,95	89,25	+0,8	-0,5	+1,3	+110,22
E	0,95	89,25	-0,3	-0,5	+0,2	+16,95

**Toiture :**

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
F	0,95	106,125	-1,8	-0,5	-1,3	-131,06
G	0,95	106,125	-1,2	-0,5	-0,7	-70,57
H	0,95	106,125	-0,7	-0,5	-0,2	-20,16
I	0,95	106,125	+0,2	-0,5	+0,7	-70,57
			-0,2		+0,3	-30,24

**Direction du vent V 3**

**Parois verticales :**

$$e = \min (b ; 2h)$$

$$e = \min (75,1 ; 2*10,96)$$

$$e = 21,92 \text{ m}$$

$$A = \frac{e}{5} = \frac{21,92}{5} = 4,38 \text{ m}$$

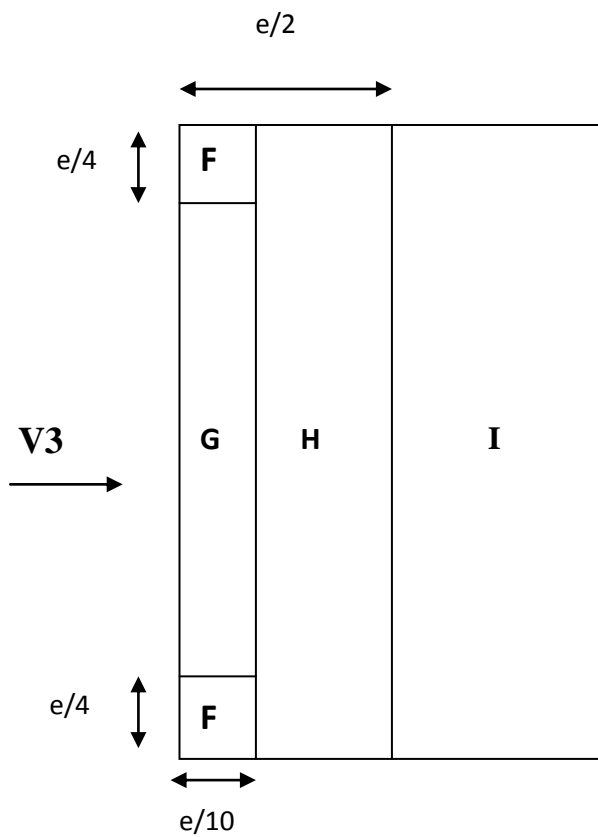
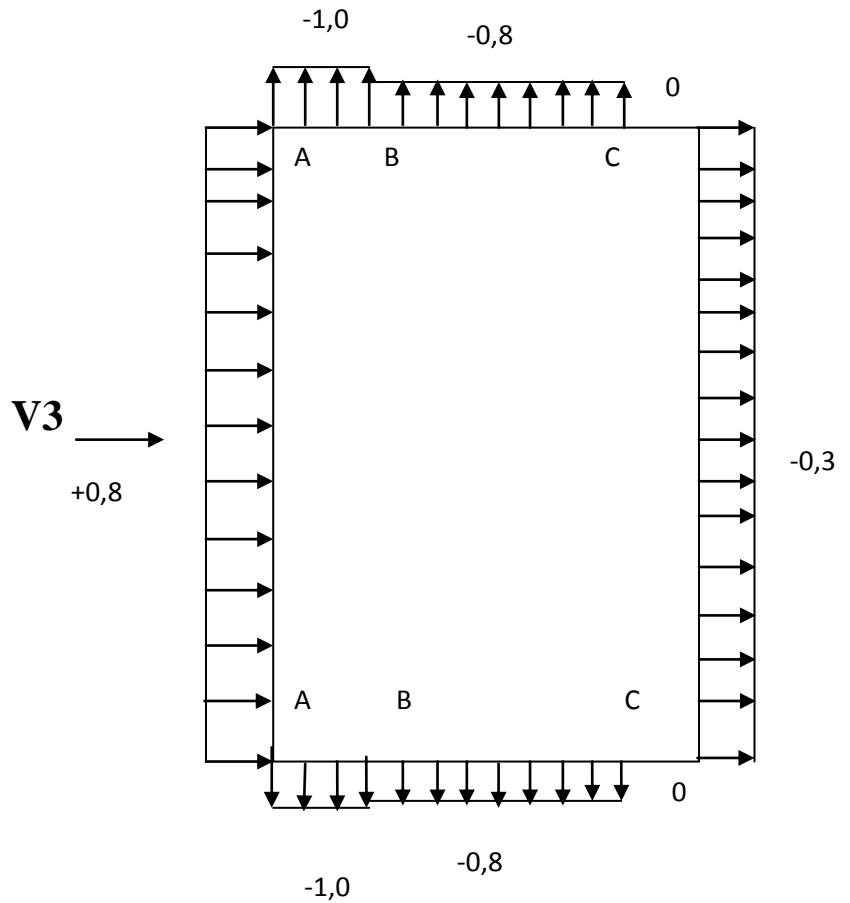
$$B = e - \frac{e}{5} = 21,92 - \frac{21,92}{5} = 17,54 \text{ m}$$

$$C = d - e = 25,1 - 21,92 = 3,18 \text{ m}$$

**Versant de Toiture :**

Les valeurs de « Ce » sont tirées du tableau (5.2)

P66 , §1.13 du RNV99 ( Toitures plates)



**Valeurs de  $P_h$  selon V3:****Parois verticales :**

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
A	0,85	89,25	-1,0	-0,5	-0,5	-37,93
B	0,85	89,25	-0,8	-0,5	-0,3	-22,76
C	0,85	89,25	-0,5	-0,5	0,0	0,00
D	0,85	89,25	+0,8	-0,5	+1,3	+98,62
E	0,85	89,25	-0,3	-0,5	+0,2	+15,17

**Toiture :**

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
F	0,85	106,125	-1,8	-0,5	-1,3	-117,30
G	0,85	106,125	-1,2	-0,5	-0,7	-63,16
H	0,85	106,125	-0,7	-0,5	-0,2	-18,04
I	0,85	106,125	+0,2	-0,5	+0,7	-63,16
			-0,2		+0,3	-27,06

**II-3) Les Lanterneaux :**

Un lanterneau est, en architecture, une construction surélevée que l'on retrouve sur la [toiture](#) d'une habitation, d'un entrepôt, d'un autobus ou d'une caravane. Il s'adapte donc à différents types de bâtiments et peut être de forme ronde ou carrée.

**II-3-1) Utilisations du lanterneau :**

L'ouvrage permet d'aérer une pièce sombre ou ne possédant pas de [fenêtre](#), et d'y faire entrer un maximum de [lumière](#) naturelle grâce à une [vitre](#), souvent bombée. Un lanterneau ouvrant peut également servir à l'évacuation de la fumée, voire à accéder rapidement à la [toiture](#) en cas de besoin.

**II-3-2) Etude au vent :**Calcul du coefficient dynamique  $C_d$  :**Selon V1 :**

$$\left. \begin{array}{l} h = 3,32 \\ b = 25,16 \end{array} \right\} C_d = 0,91 < 1,2$$

**Selon V2 :**

$$\left. \begin{array}{l} h = 3,32 \\ b = 3,67 \end{array} \right\} C_d = 0,97 < 1,2$$

**II-3-2-a) Coefficient d'exposition  $C_{ex}$  :**

pour la Toiture :

$$C_{r(3,32)} = 0,17 * \ln \frac{3,32}{0,01} \approx 0,98$$

$$\longrightarrow C_{ex} = 1^2 * 0,98^2 * \left[ 1 + \frac{7 + 0,17}{1 * 0,98} \right] = 2,17$$

Pour les parois verticales :

$$C_{r(1,2)} = 0,17 * \ln \frac{2}{0,01} \approx 0,90$$

$$\longrightarrow C_{ex} = 1^2 * 0,90^2 * \left[ 1 + \frac{7 + 0,17}{1 * 0,90} \right] = 1,88$$

**II-3-2-b) Pression dynamique  $q_h$  :**

Toiture :

$$q_h = 37,5 * 2,17 = 81,38 \text{ daN/m}^2$$

Parois Verticales :

$$q_h = 37,5 * 1,88 = 70,5 \text{ daN/m}^2$$

**II-3-2-c) Calcul des coefficients de pression intérieure :**

$$P_h = C_d * q_h (C_e - C_i)$$

**Direction du vent V1 :**

**Parois verticales :**

$$e = \min (b ; 2h)$$

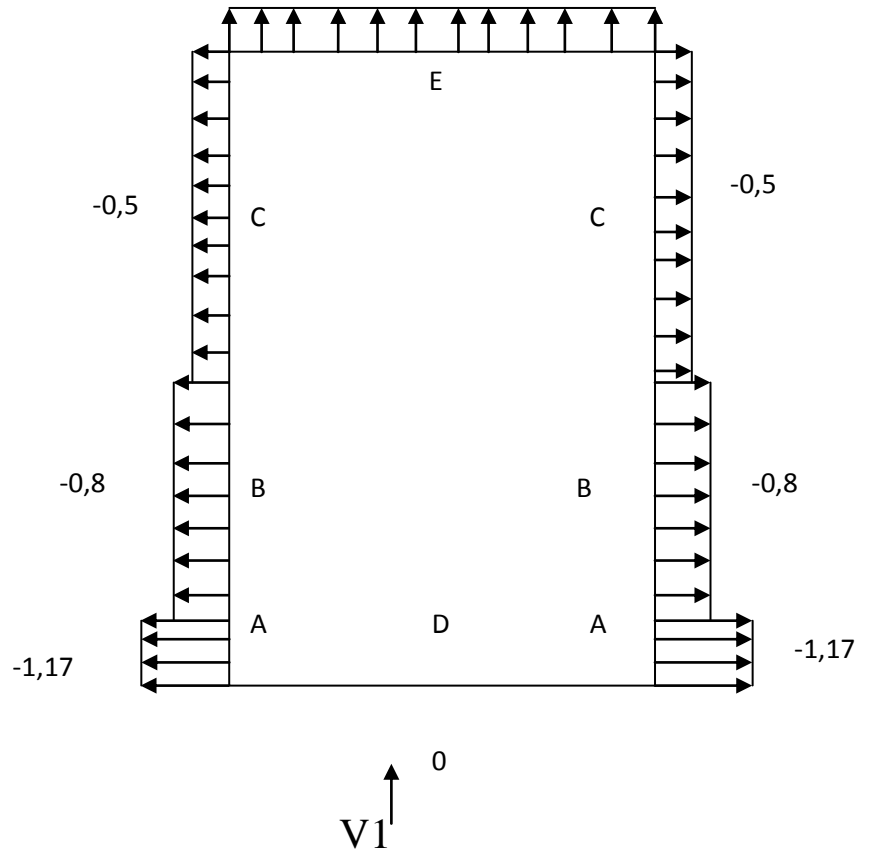
$$e = \min (3,67 ; 2*3,59)$$

$$e = 3,67 \text{ m}$$

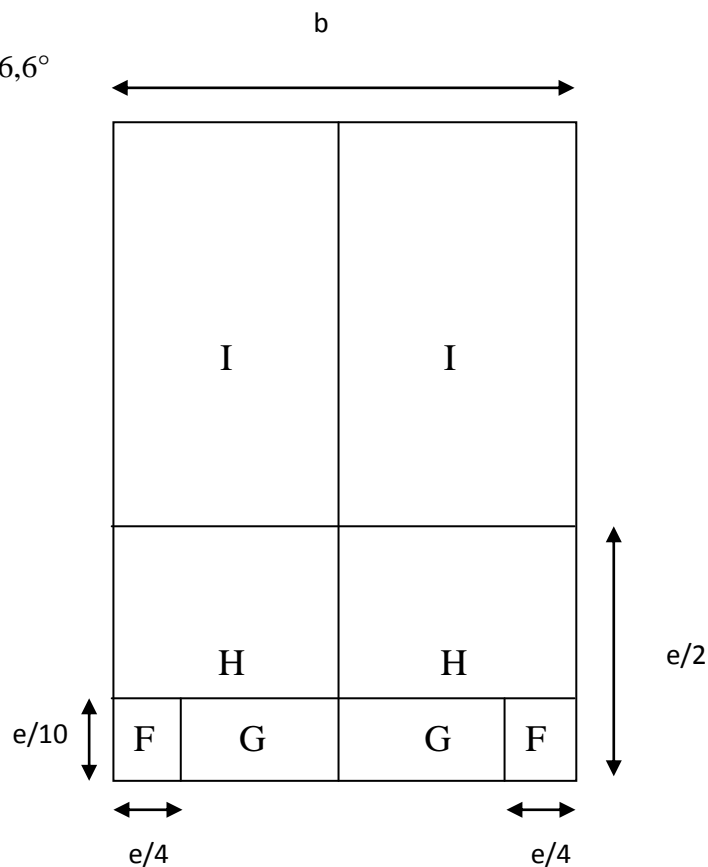
$$A = \frac{e}{5} = \frac{3,67}{5} = 0,73 \text{ m}$$

$$B = e - \frac{e}{5} = 3,67 - \frac{3,67}{5} = 2,54 \text{ m}$$

$$C = d - e = 23,68 - 3,67 \approx 20 \text{ m}$$



**Versant de toiture :**  $\alpha = 26,6^\circ$



**Zone F :**

On prend  $Ce_1$  pour  $\alpha = 15^\circ$  et  $\alpha = 30^\circ$

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0)$$

$$f(x) = -2 + \frac{-1,5 - (-2)}{30 - 15} \cdot (26,6 - 15) = -1,6 \longrightarrow Ce = -1,6$$

**Zone H:**

$\alpha = 15^\circ$

$$Ce = Ce_1 + (Ce_{10} - Ce_1) \log A$$

pour  $1m^2 < A < 10m^2$  avec  $A =$  aire de la zone

$$Ce = -1,2 + (0,6 - (-12)) \log 6$$

$$Ce = 0,94$$

$\alpha = 30^\circ$

$$Ce = -1,2 + (-0,8 - (-1,2)) \log 6$$

$$Ce = 0,9$$

$\alpha = 26,6^\circ$

$$Ce = 0,94 + \frac{0,9 - (-0,94)}{30 - 15} (26,6 - 15)$$

$$Ce = -0,9$$

**Zone G :**

$$A < 1m^2 \longrightarrow Ce = -2$$

**Zone I :**

$$A > 10m^2 \longrightarrow Ce = -0,5$$

**Direction du vent V2 :**

**Parois verticales :**

$$e = \min (b ; 2h)$$

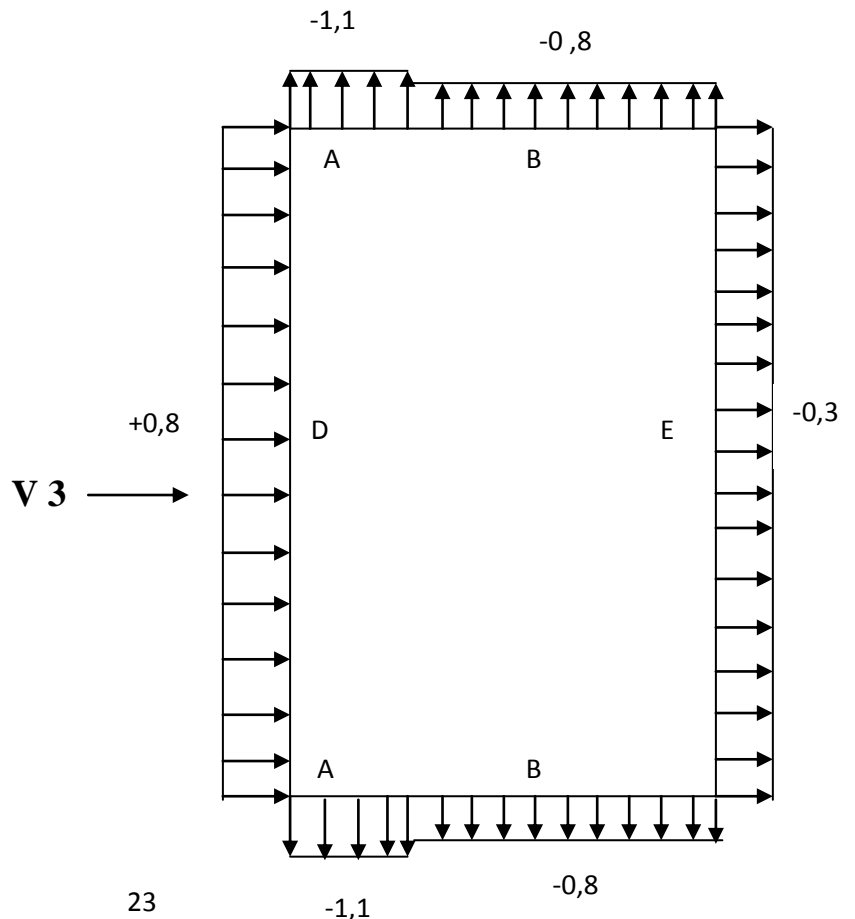
$$e = \min (23,7 ; 2 \cdot 3,59)$$

$$e = 7,18 \text{ m}$$

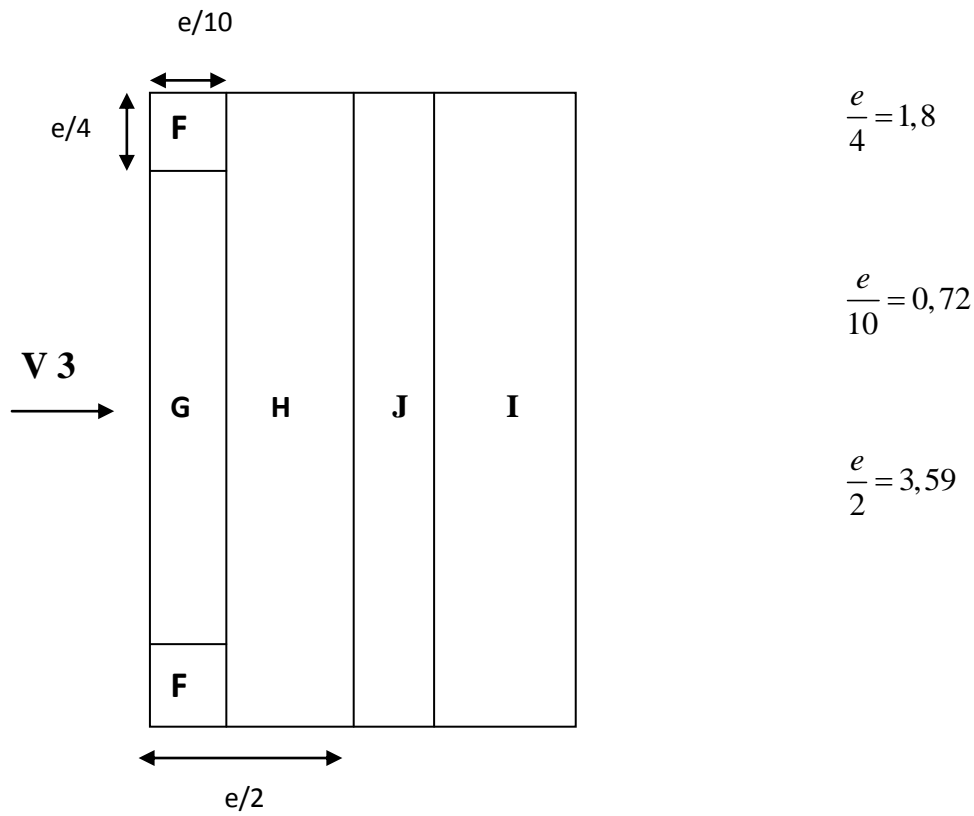
$$A = \frac{e}{5} = \frac{7,18}{5} = 1,44 \text{ m}$$

$$B = d - \frac{e}{5} = 3,67 - 1,44$$

$$B = 2,23 \text{ m}$$



**Toiture :**



**Zone F :**

Action vers le haut :

$$C_e = -2 + \frac{-1,5 - (-2)}{30 - 15} (26,6 - 15) \longrightarrow C_e = -1,6$$

Action vers le bas :

$$C_e = +2 + \frac{+0,7 - 2}{30 - 15} (26,6 - 15) \longrightarrow C_e = +2,4$$

**Zone G :**

Action vers le haut :

$$C_e = -0,8 + \frac{-0,5 - (-0,8)}{30 - 15} (26,6 - 15) \longrightarrow C_e = -0,5$$

Action vers le bas :

$$C_e = 0,2 + \frac{0,7 - 0,2}{30 - 15} (26,6 - 15) \longrightarrow C_e = +0,6$$

**Zone H :**

Action vers le haut :

$$C_e = -0,3 + \frac{-0,2 - (-0,3)}{30 - 15} (26,6 - 15) \longrightarrow C_e = -0,2$$

Action vers le bas :

$$C_e = +0,2 + \frac{0,4 - 0,2}{30 - 15} (26,6 - 15) \longrightarrow C_e = +0,4$$

**Zone I :**

Action vers le haut :

$$C_e = -0,4$$

**Zone J :**

Action vers le haut :

$$C_e = -1 + \frac{0,5 - (-1)}{30 - 15} (26,6 - 15) \longrightarrow C_e = -0,6$$

**II-3-2-d) Valeur de  $P_h$ :**Valeurs de  $P_h$  selon V1:

Parois verticales :

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
<b>A</b>	0,91	70,5	-1,17	+0,8	-1,97	-127,00
<b>B</b>	0,91	70,5	-0,8	+0,8	-1,6	-102,64
<b>C</b>	0,91	70,5	-0,5	+0,8	-1,3	-83,40
<b>D</b>	0,91	70,5	+0,8	+0,8	0,0	0,00
<b>E</b>	0,91	70,5	-0,3	+0,8	-1,1	-70,57

Toiture :

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
<b>F</b>	0,91	81,38	-1,6	+0,8	-2,4	-177,73
<b>G</b>	0,91	81,38	-0,9	+0,8	-1,7	-207,40
<b>H</b>	0,91	81,38	-2,0	+0,8	-2,8	-125,90
<b>I</b>	0,91	81,38	-0,5	+0,8	-1,3	96,27

**Valeurs de  $P_h$  selon V2:****Parois verticales :**

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
<b>A</b>	0,97	70,5	-1,1	-0,5	-0,6	-41,00
<b>B</b>	0,97	70,5	-0,8	-0,5	-0,3	-20,50
<b>D</b>	0,97	70,5	+0,8	-0,5	+1,3	+88,90
<b>E</b>	0,97	70,5	-0,3	-0,5	+0,2	+13,67

**Toiture :**

Zone	$C_d$	$q_h(\text{daN/m}^2)$	$C_e$	$C_i$	$C_e - C_i$	$P_h(\text{daN/m}^2)$
<b>F</b>	0,97	81,38	-1,6	-0,5	-1,1	-86,83
			+2,4		+2,9	+228,92
<b>G</b>	0,97	81,38	-0,5	-0,5	0,0	0,00
			+0,6		+1,1	+86,83
<b>H</b>	0,97	81,38	-0,2	-0,5	+0,3	+23,68
			+0,4		+0,9	71,0
<b>I</b>	0,97	81,38	-0,4	-0,5	+0,1	+7,9
<b>J</b>	0,97	81,38	-0,6	-0,5	-0,1	-7,9

**Remarque :**

- Pour les lanterneaux, les valeurs de «  $C_i$  » est celles prises dans les calculs de la structure principale.

## **II-4) Action de la neige :**

**Introduction :** Le calcul de la charge statique de la neige sur la structure se fait selon le RNV99 et il est appliqué pour toutes les surfaces situées au-dessus du sol et soumises à l'accumulation de la neige.

Toutes les constructions situées à une altitude inférieure à 2000 mètres sont concernées par ce règlement, au-delà de 2000 mètres, le marcher doit préciser la valeur de la charge de neige à prendre en compte.

### **II-4-1) Charge de neige sur le sol :**

Cette charge est déterminée en fonction de la zone de la neige et de l'altitude du lieu considéré.

**Zone A :**  $S_0 = 70H + 15$

**Zone B :**  $S_0 = 40H + 10$

**Zone C :**  $S_0 = 32,5 H$

**Zone D :** pas de neige et une charge de  $10\text{kg/m}^2$  représentant l'ensemble des terrasses sera prise en compte.

$S_0$  : la charge de neige sur le sol en  $\text{kg/m}^2$  .

H : altitude en km.

La construction sera implanté à Alger qui est considéré comme une zone de neige B.

On prendra :

$$H = 100 \text{ m} = 0,1 \text{ km} \longrightarrow S_0 = 40 * 0,1 + 10$$

$$S_0 = 14 \text{ kg/m}^2$$

### **II-4-2) Charge de neige sur les toitures :**

La charge de neige sur les toitures est donnée par la formule suivante :

$$S = \mu S_0 \quad \text{avec } \mu : \text{coefficient de forme des toitures.}$$

La toiture est considérée comme une toiture avec obstacles ou saillies, il convient d'adopter les valeurs suivantes :

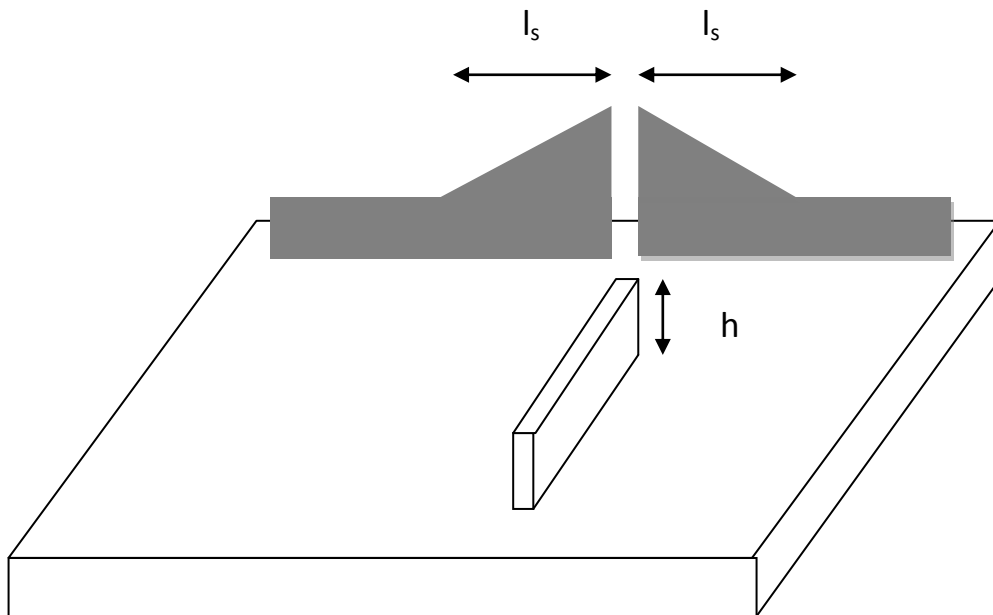
$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = 2h/S_0 \quad \text{avec } 0,8 \leq \mu_2 < 2$$

Le chiffre 2 dans cette formule représente le poids volumique de la neige en  $\text{kN/m}^3$ .

$$l_s = 2h \quad \text{avec } 5\text{m} < l_s < 15\text{m}$$

$l_s$  et  $h$  sont montrés sur la figure suivante :



-Pour le cas extrême, on prend  $\mu = 2 \longrightarrow S = 2 * 14$   
 $S = 28 \text{ kg/m}^2$

### II-4-3) Toiture des lanterneaux :

On a :

$15 < \alpha_1 = 26,6^\circ = \alpha_2 < 30 \longrightarrow \mu = 0,8$

$S = 0,8 * 14 = 11,2 \text{ kg/m}^2$

## III-logiciel Robot Structural Analysis

### III-1) Présentation du logiciel :

Le logiciel Autodesk Robot Structural Analysis Professional version 2013 propose aux ingénieurs des fonctionnalités de simulation et d'analyse de structure évoluées pour des structures vastes et complexes. Il est basé sur

la méthode des éléments finis et offre un flux des travaux fluide, permettant aux ingénieurs d'effectuer la simulation et l'analyse de toute une variété de structures en deux dimensions (2D) ou en trois dimensions (3D).

### III-2) Etapes de modélisation :

#### **III-2-1) Choix du type de structure :**


Pour l'étude des constructions en béton armé et en charpente métallique en 2D et en 3D, il est préférable de choisir le portique spatial comme indiqué sur la figure ci-dessous :

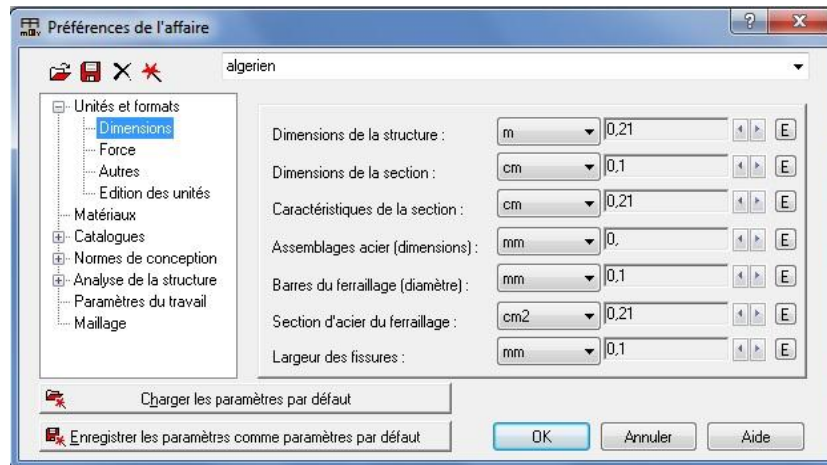


#### **III-2-2) Préférence de l'affaire :**

Cette étape nous permet le choix des unités et les normes de conception et le type de matériaux à utiliser.

Ouvrez la boîte de dialogue Préférences de l'affaire à l'aide de l'une des options suivantes afin de sélectionner et modifier les paramètres du logiciel Robot.

- Cliquez sur le menu Outils > Préférences de l'affaire.
- Cliquez sur .



### III-2-3) Unités et formats :

Dimension : on prend 2 ou 3 chiffres après la virgule.

Force : l'unité de la force est en (kN) et les moments en (kN\*m).

Autres : les déplacements en (cm), la rotation en (deg), la masse en kg et le poids en (kN).

### III-2-3-a) Matériaux :

- Acier : S235
- Béton : C20/C25

### III-2-3-b) Normes de conception :


- Structures acier et aluminium : NF EN 1993-1 : 2005/NA :2007/AC :2009
- Assemblage acier : EN 1993-1-8 :2005/AC 2009
- Béton armé : BAEL91 mod.99
- Géotechnique : DTU 13.12

### III-2-3-c) Charge :

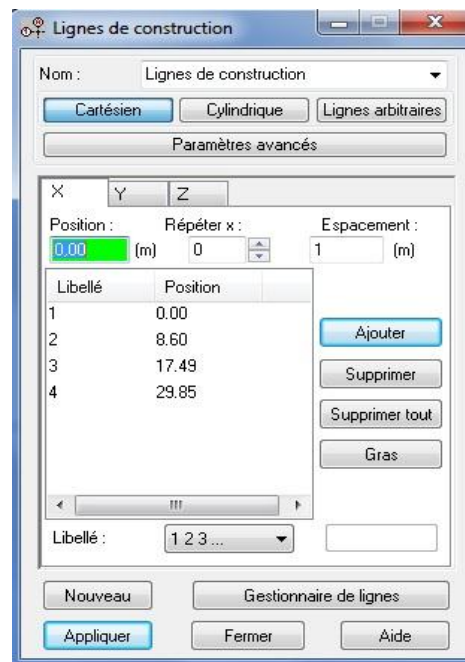
- Pondérations : EUROCODE SIMPLIFIED
- Charges de neige et vent : DTR C2-47/NV99

### III-2-4) Ligne de construction :

Ouvrez la boîte de dialogue Lignes de construction, qui permet de définir les lignes de construction à l'aide de l'une des méthodes suivantes :



- Cliquez sur le menu Géométrie > Lignes de construction.
- Cliquez sur .

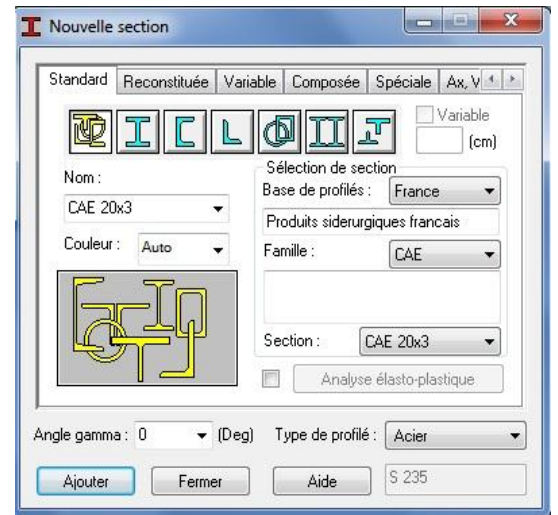
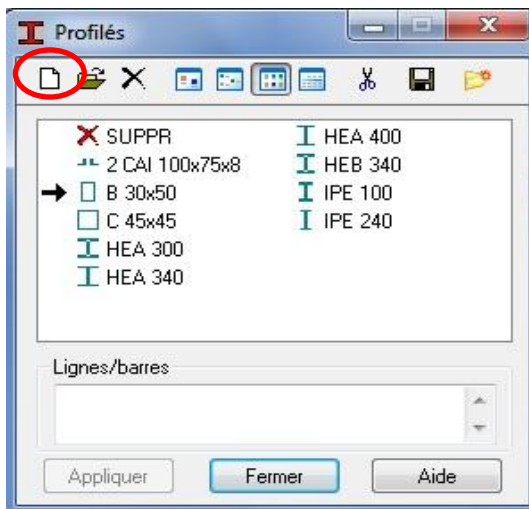
On introduit les dimensions de la structure pour obtenir des lignes afin de pouvoir modéliser.



### III-2-5) Choix des profilés :


Cette option affecte les profilés aux barres de la structure. Ouvrez la boîte de dialogue Profilés en procédant comme suit :

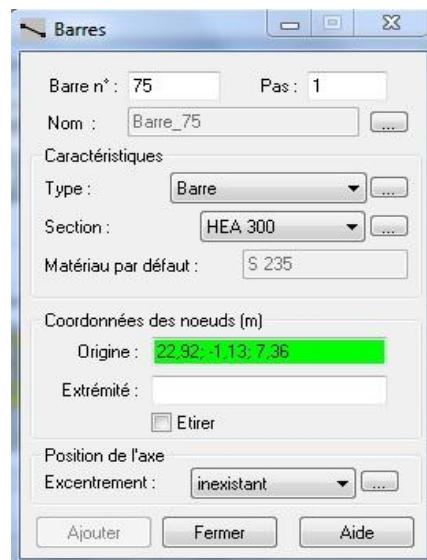
- Cliquez sur le menu Géométrie > Propriétés > Profilés.
- Cliquez sur .
- La boîte de dialogue Profilés sert à affecter les profilés directement aux barres de la structure.
-  ajoute un nouveau type de profilé ou permet de sélectionner un profilé dans le catalogue des profilés



### III-2-6) Affectation des barres :


Ouvrez la boîte de dialogue Barres, qui vous permet de définir les éléments de barres d'une structure, en procédant de l'une des manières suivantes :

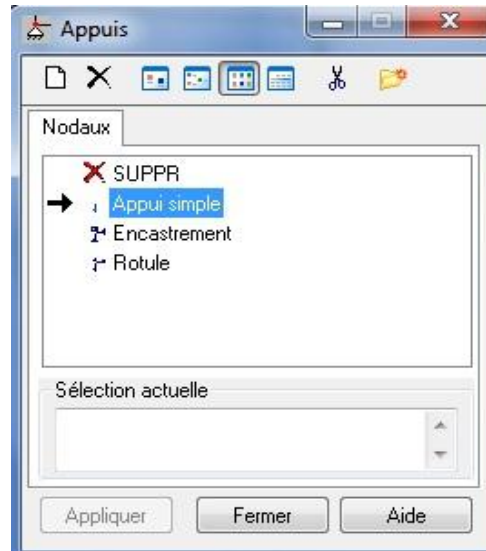
- Cliquez sur le menu Géométrie > Barres.
- Cliquez sur .
- Via le bureau BARRES (vous pouvez sélectionner des présentations dans la liste de sélection dans la barre d'outils Standard).



### III-2-7) Les appuis :

Ouvrez la boîte de dialogue Appuis, qui permet de définir les appuis d'une structure, en procédant de l'une des manières suivantes :


- Cliquez sur le menu Géométrie > Appuis.
- Cliquez sur  dans la barre d'outils Définition de la structure.
- Le bureau Appuis.

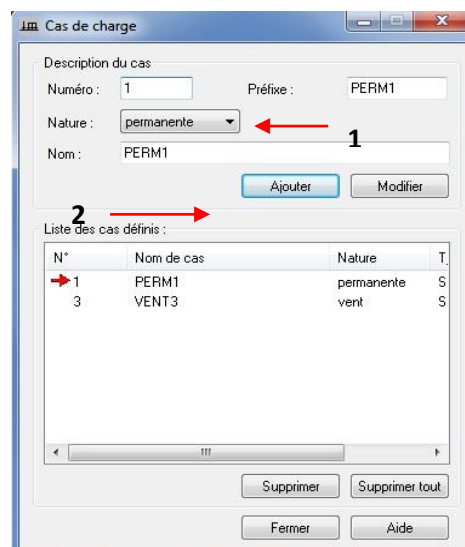


Pour le cas des structures métalliques on choisit généralement les rotules pour la base des poteaux.

### III-2-8) Cas de charge :

Ouvrez la boîte de dialogue Cas de charge grâce à l'une des méthodes suivantes :


- Cliquez sur Charges > Cas de charges.
- Par un clic sur .
- Dans la liste déroulante du système de bureaux, sélectionnez CHARGES.

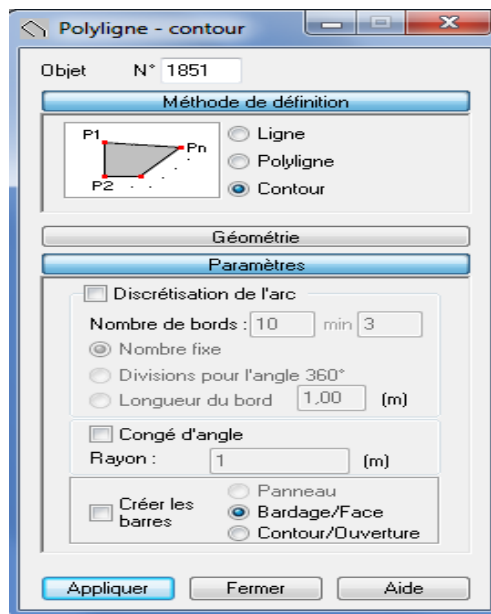


### III-2-9) Création des bardages :

L'option définit un bardage, qui est une surface qui vous permet de distribuer les charges surfaciques, linéaires et concentrées sur les barres, les panneaux et les appuis.


La boîte de dialogue Polyligne - contour permet de définir les différentes lignes de construction (discontinues ou polyligne). Pour l'ouvrir :

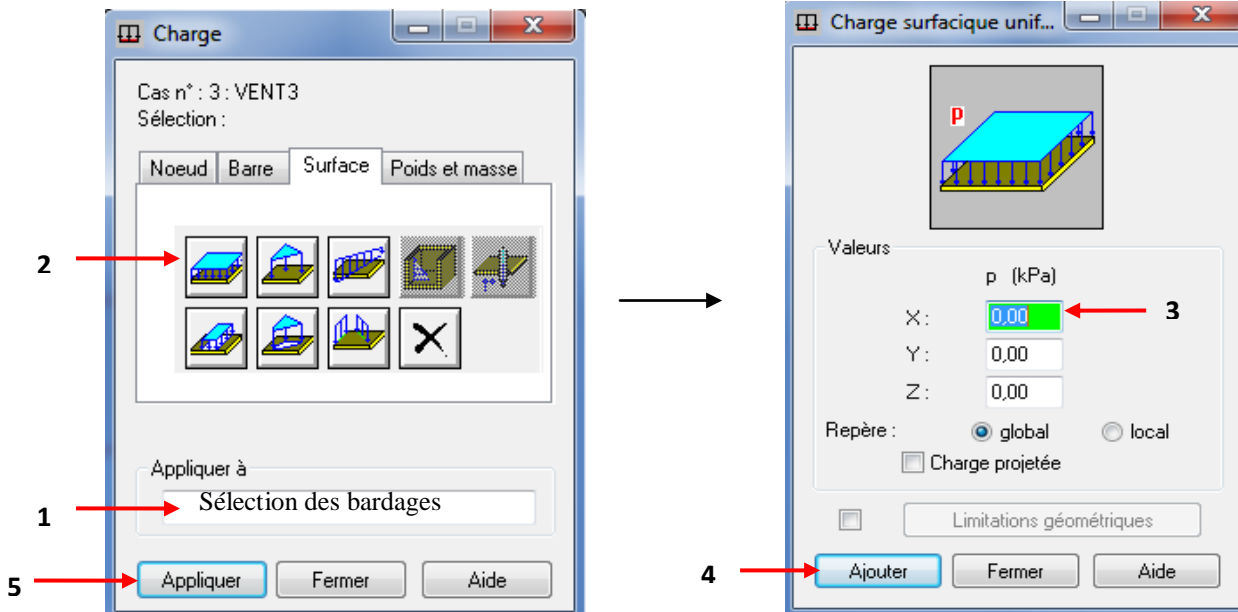
- Cliquez dans le menu Structure > Objets > Polyligne - contour.
- Cliquez sur .



### III-2-10) Définition des charges :


Ouvrez la boîte de dialogue Charges, qui permet de définir les charges à partir de cas de charge existants, à l'aide de l'une des méthodes suivantes :

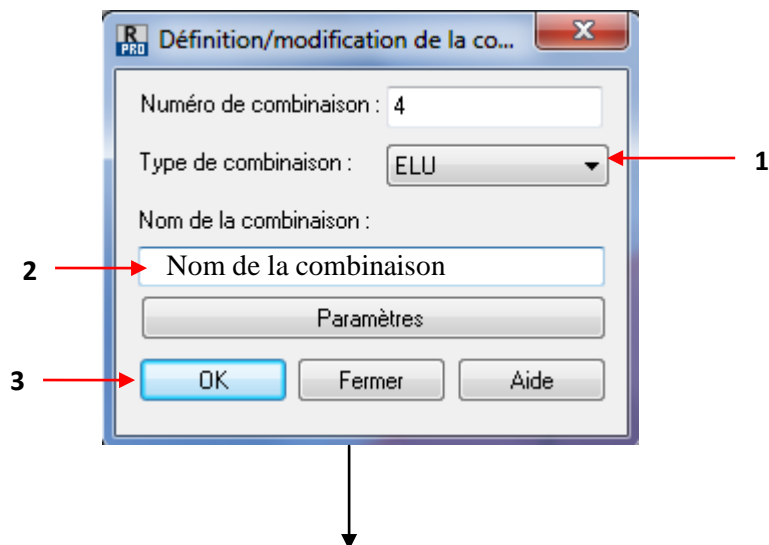
- Cliquez sur le menu Charges > Définition de charge
- Cliquez sur .

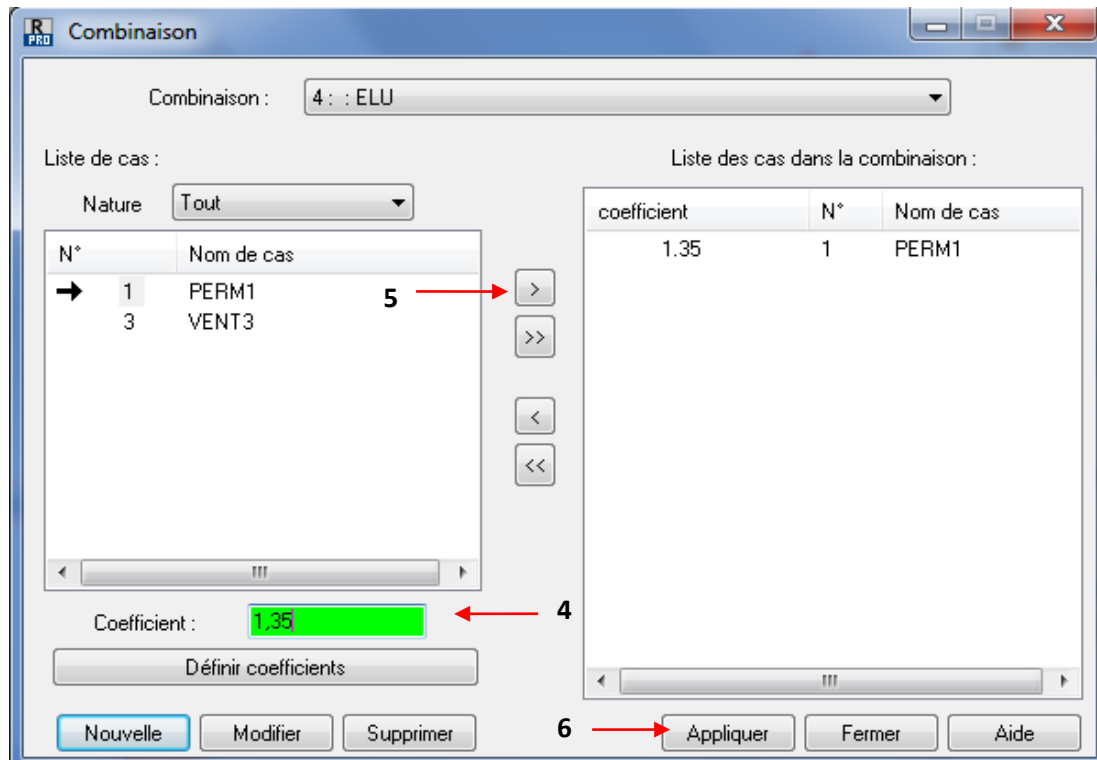


### III-2-11) Les combinaisons d'actions :

Pour ouvrir la boîte de dialogue Définition/modification de la combinaison, vous devez effectuer les opérations suivantes :

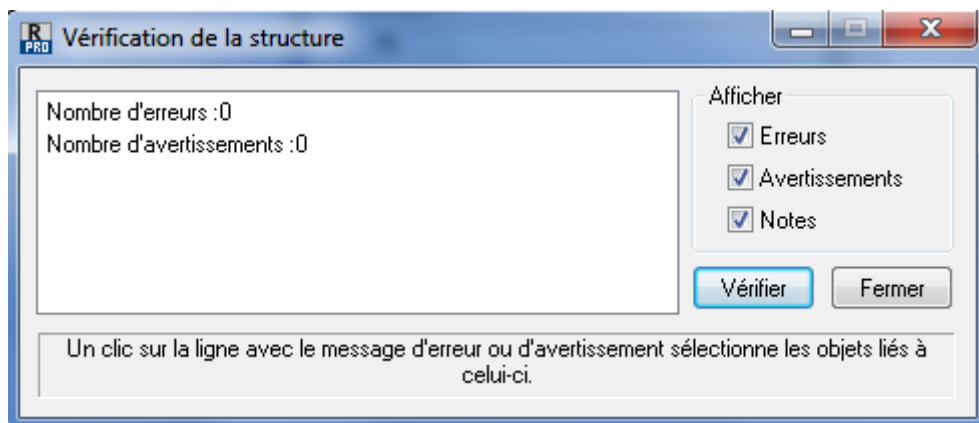
- Cliquez sur Menu des charges > Combinaisons manuelles.
- Cliquez sur .
- Cliquez sur le bouton Nouvelle dans la boîte de dialogue Combinaisons.
- 





### III-2-12) Vérification de la structure :

Avant de lancer les calculs, il faut s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs dans la structure et pour cela on utilise l'option « **vérifier structure** » disponible dans le menu analyse.



### III-2-13) Calculs :

L'activation de cette commande commence l'analyse de la structure.

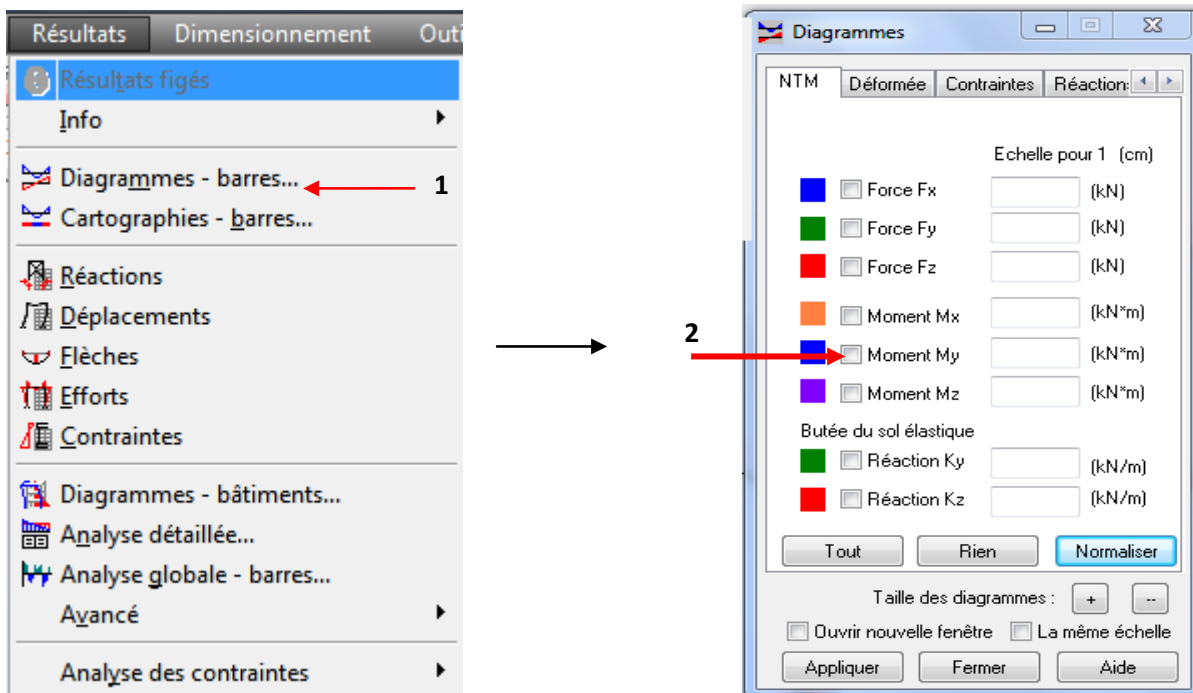
Menu : Analyse > Calculs (commande)

Cette option est également disponible dans la barre d'outils (standard) :



**III-2-14) Résultats :**

Pour avoir les résultats des efforts obtenus dus aux charges , on clique sur le menu **résultats** comme indiqué ci-dessous

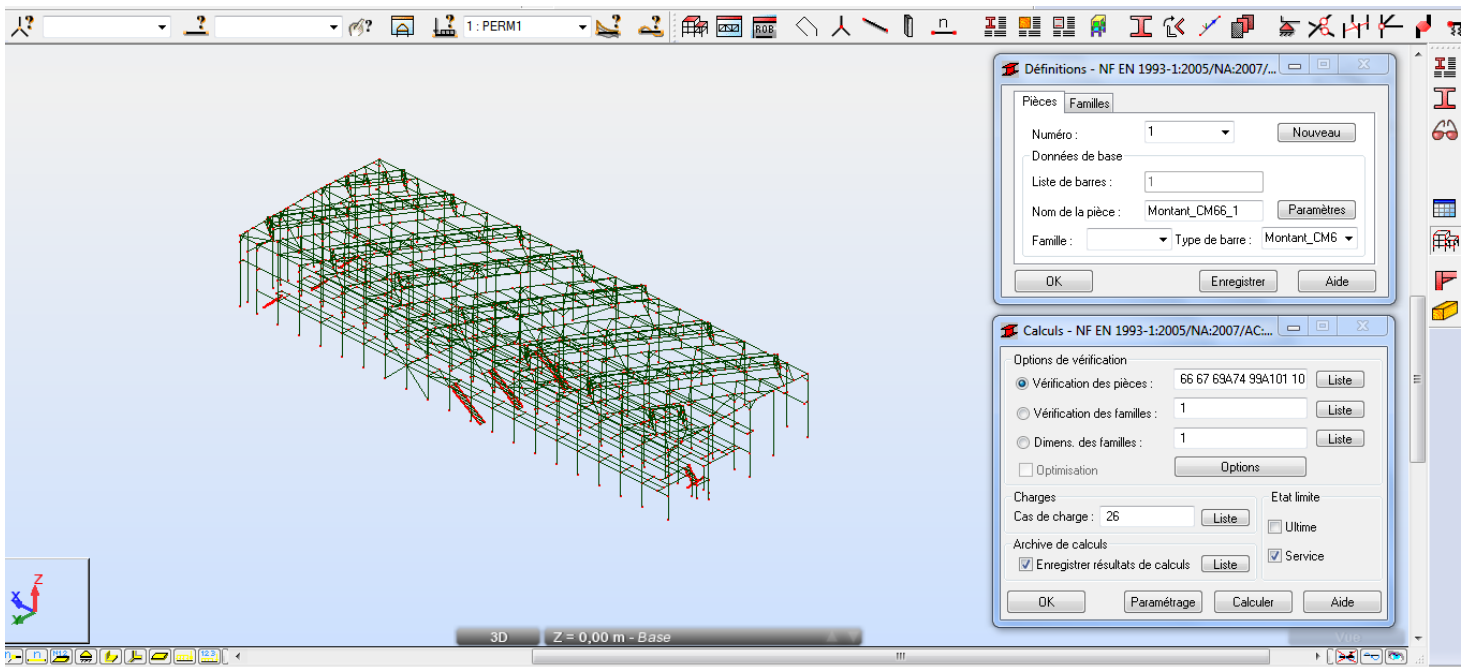
**III-2-14) Dimensionnement acier :**

Après l'obtention des résultats, on passe au dimensionnement et la vérification des éléments.

Ouvre la présentation du dimensionnement acier/aluminium.

Menu : commande Dimensionnement > Dimensionnement barres acier

Cette option est également disponible dans la barre d'outils : 



## Chapitre III: Robot Structural analysis


### III-2-14-a) Barres/familles – Définition :

Cette option permet de définir les familles et les barres d'acier ou d'aluminium qui seront dimensionnées.

**III-2-14-b) Menu :** commande Dimensionnement > Dimensionnement barres acier - Options > Barres/familles - Définition

Table des Barres/familles...

Affiche le tableau dans lequel vous pouvez présenter les paramètres réglementaires des barres et des familles définies dans la structure acier étudiée.

Cette option est également disponible dans la barre d'outils : 

### III-2-14-c) Calculs :

Ouvre la boîte de dialogue dans laquelle vous pouvez définir les options de dimensionnement des éléments de structure en acier.

**III-2-14-d) Menu :** commande Dimensionnement > Dimensionnement barres acier - Option > Calculs...

### III-2-14-e) Vérification :

La sélection de cette commande entraîne l'ouverture d'une boîte de dialogue dans laquelle des efforts internes peuvent être affectés par l'utilisateur à la barre sélectionnée. La vérification des efforts sur les barres peut être effectuée.

Menu : commande Dimensionnement > Dimensionnement barres acier - Option > Vérification..

### III-2-14-f) Résultats simplifiés :

La boîte de dialogue Résultats simplifiés affiche les informations les plus importantes pour le type de calcul effectué. La boîte de dialogue Résultats simplifiés s'ouvre après la fin des calculs des barres ou familles de barres (acier, aluminium ou bois).

NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009 - Vérification des pièces ( ELS )

Résultats Messages

Pièce	Profil	Matériau	Ratio(uy)	Cas (uy)	Ratio(uz)	Cas
66 chemin de ro	HE360A	ACIER	0.02	26 ELSV3	0.01	26 EL
67 chemin de ro	HE360A	ACIER	0.02	26 ELSV3	0.00	26 EL
69 chemin de ro	HE360A	ACIER	0.02	26 ELSV3	0.01	26 EL
70 chemin de ro	HE360A	ACIER	0.01	26 ELSV3	0.00	26 EL
71 chemin de ro	HE360A	ACIER	0.02	26 ELSV3	0.00	26 EL
72 chemin de ro	HE360A	ACIER	0.02	26 ELSV3	0.00	26 EL

Note de calcul Fermer Aide

64 %

Points de calcul  
 division : n = 7  
 extrêmes : aucun  
 additionnels : aucun

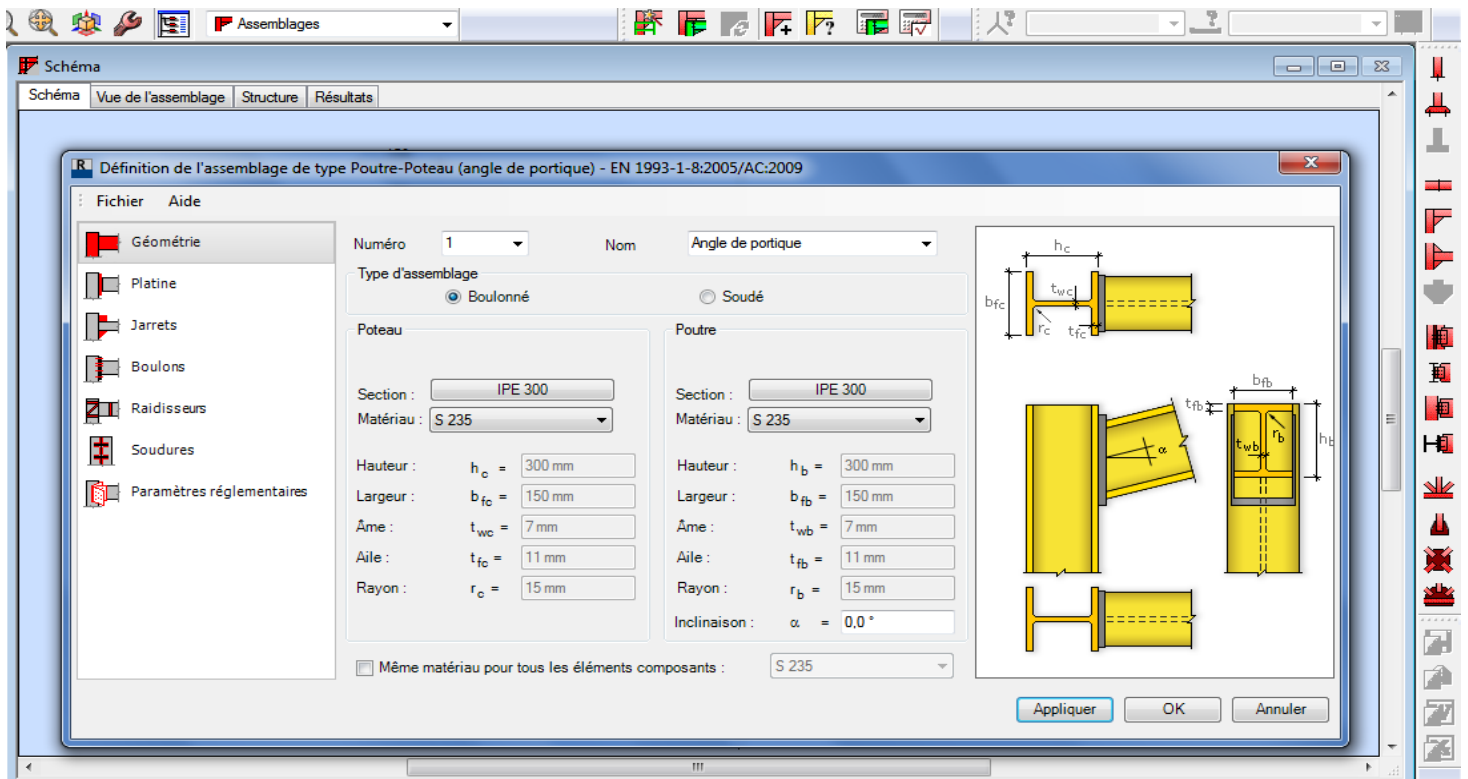
### III-2-14-g) Dimensionnement des assemblages acier :

Ouvre la présentation d'assemblage.

Menu : commande Dimensionnement > Dimensionnement des assemblages acier...

Chapitre III: Robot Structural analysis

Cette option est également disponible dans la barre d'outils :

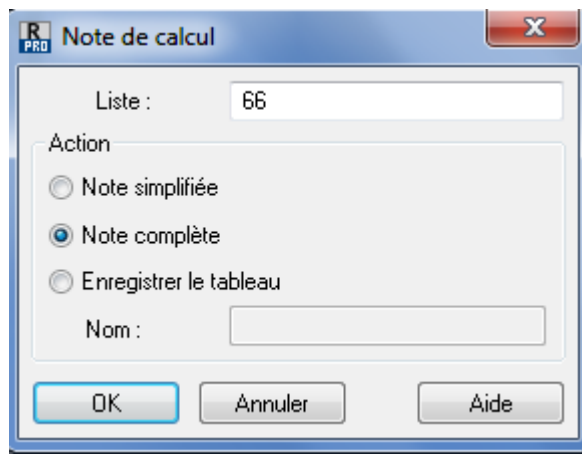


### III-2-14) Note de calcul :

Après avoir terminé de la vérification, on fait sortir les notes de calcul détaillées en cliquant sur le bouton

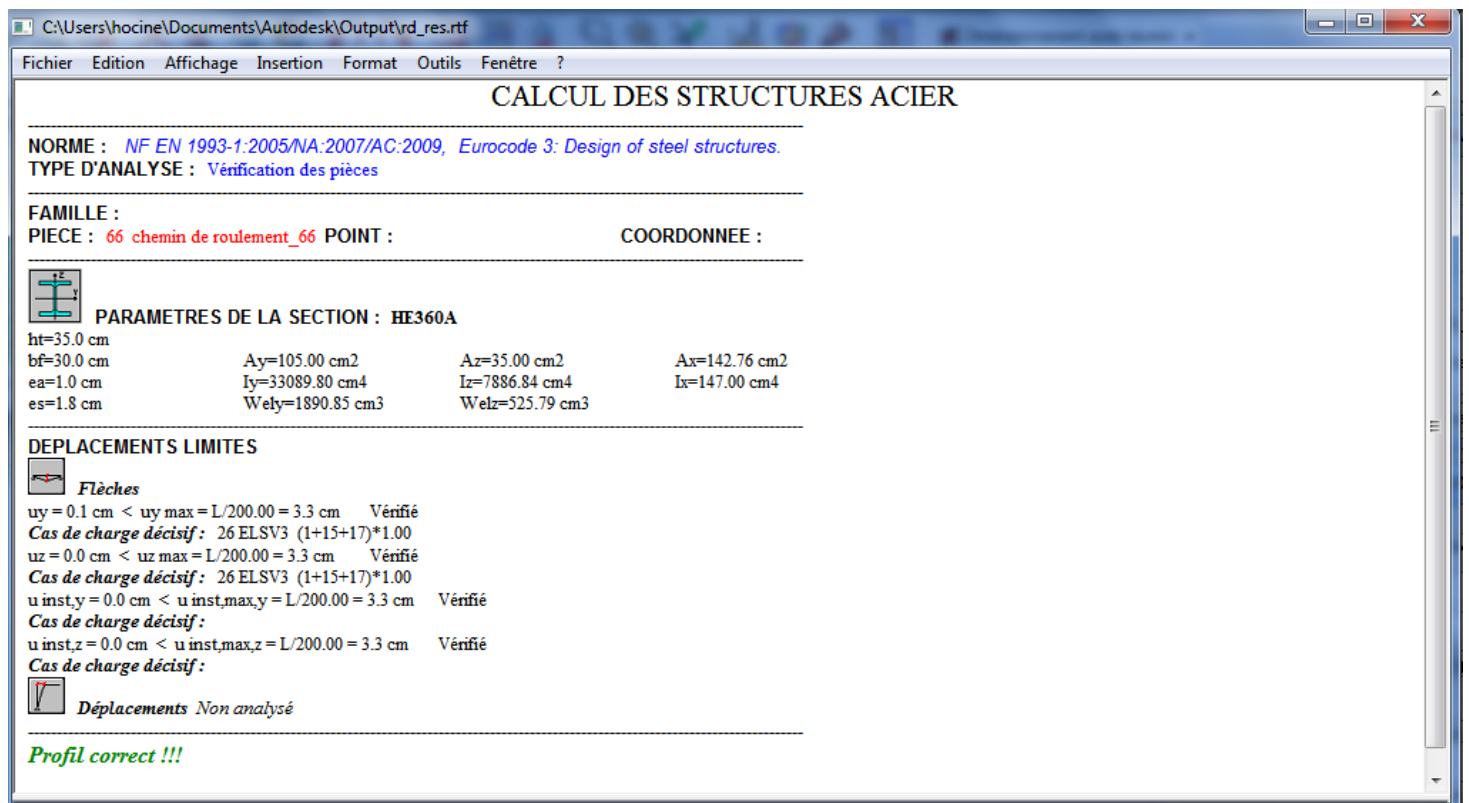
Note de calcul

et on obtient la boîte de dialogue ci-dessous :



### Chapitre III: Robot Structural analysis

On clique sur « ok » et la note de calcul apparait en fichier (.rtf) :



On peut obtenir la note de calcul pour un élément sélectionné ou pour tous les éléments.

## IV-Vérification des éléments

### IV-1) Les profilés utilisés pour la structure :

- Les Poteaux principaux : **HEA 340** et **HEB 340**
- Les poteaux secondaires : **HEA 280**
- Les poutres principales : **HEA 400**
- Les poutres secondaires: **HEA 300** et **HEA 340**
- Les pannes : **IPE220** et **IPE300**
- Chemin de roulement : **HEA300** et **HEA360**
- Contreventement toiture : **Tube C80\*80\*3** et **100\*100\*4**
- Palée de stabilité : **Tube 120\*120\*4**, **Tube 140\*140\*4**, **Tubes 180\*180\*5**, **CAE100\*10**, **CAE 70\*7** et **CAE 90\*9**

### IV-2) Les charges :

Permanententes :

- Poids propre du portique et des profilés .....(G)
- Poids propre de la végétation de la toiture (200 kg/m<sup>2</sup>) .....(g)

Charges d'exploitation :

- Charges d'exploitation en toiture : 150 kg/m<sup>2</sup>. ..... Q1
- Charges d'exploitation sur les passerelles : 250 kg/m<sup>2</sup>. ..... Q2
- Charges d'exploitation des ponts roulants variables suivant plan des surcharges..... Q3
- Charges du vent..... N
- Charges de la neige..... V

### IV-3) Les combinaisons de charges :

Les combinaisons de charge utilisées sont :

#### IV-3-1) A P'ELU :

$$(G+g) + 1,5 V1$$

$$(G+g) + 1,5 V2$$

$$(G+g) + 1,5 V3$$

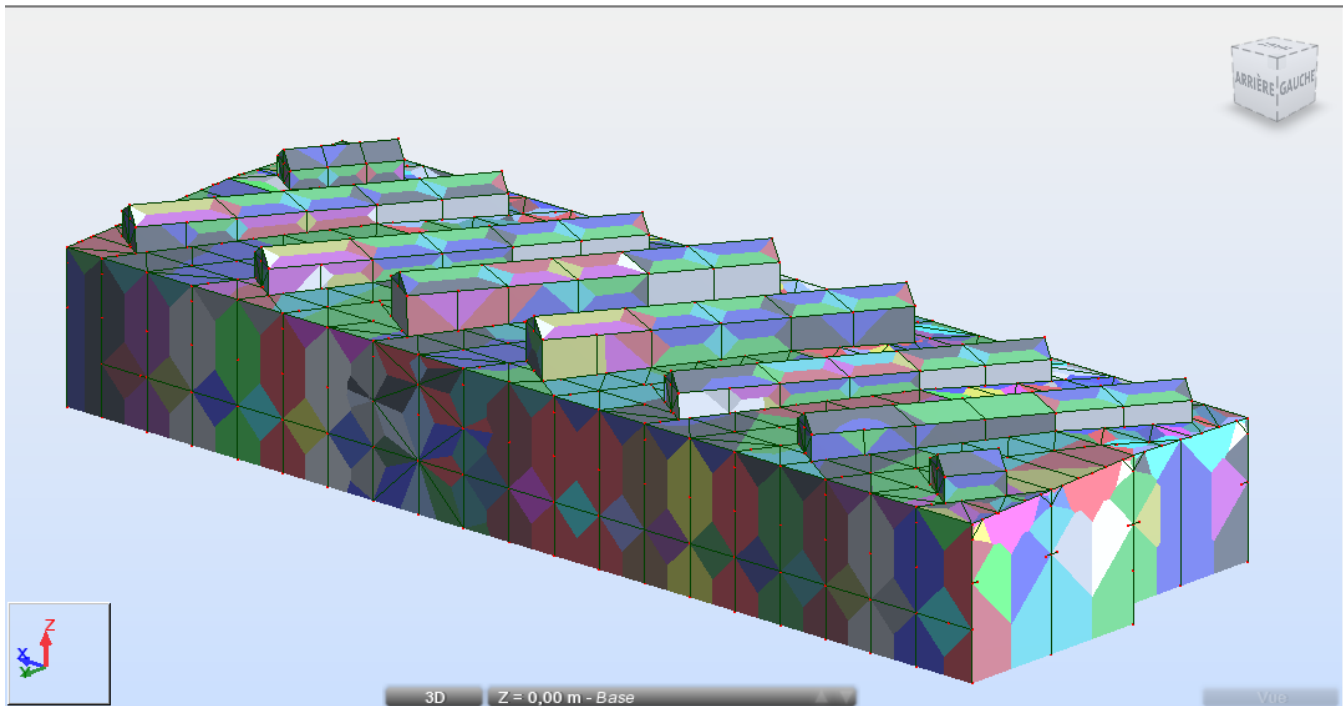
$$1,35(G+g) + 1,35 (Q1+Q2+Q3+N)$$

#### IV-3-2) A P'ELS :

$$(G+g) + V1 \qquad (G+g) + 0,9 (Q1+Q2+Q3+N)$$

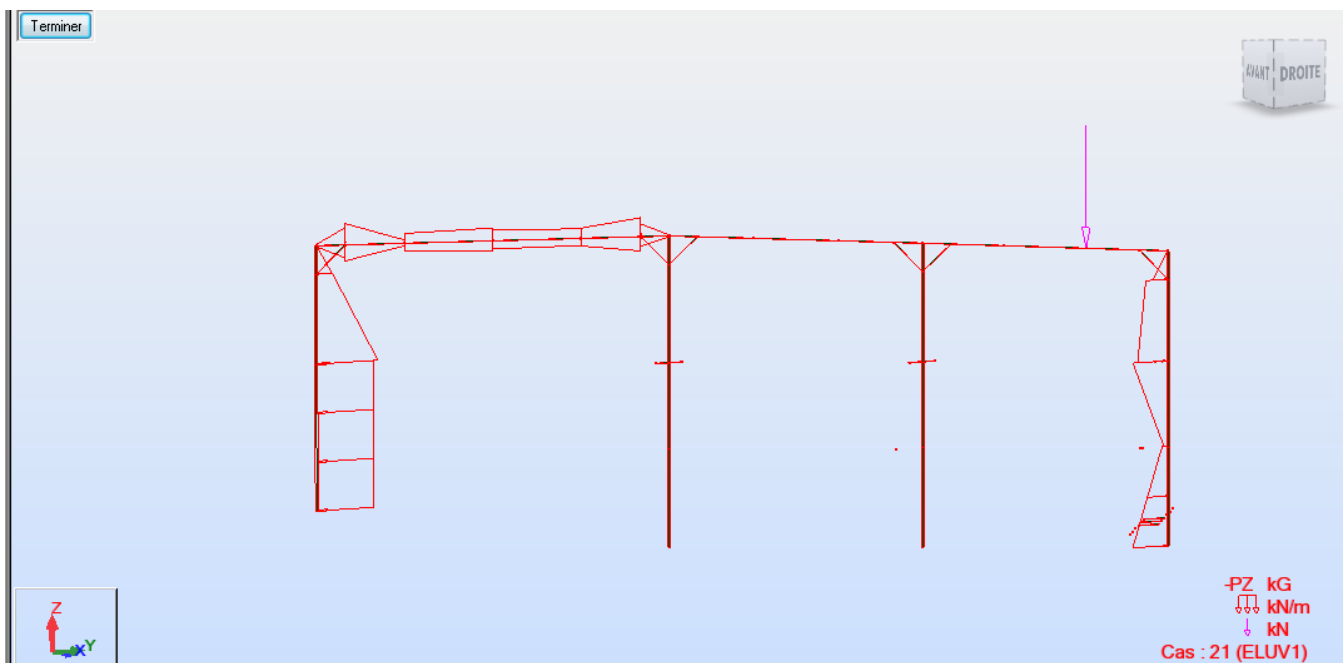
$$(G+g) + V2 \qquad (G+g) + V3$$

Les charges sont directement appliquées sur les panneaux en 3 dimensions et non pas sur les portiques en 2 dimensions ce qui est plus proche du cas réel et qui permet d'avoir une distribution des charges surfaciques dans les deux directions et leur transmission aux éléments constitutants de la structure comme indiqué la figure suivante :



**Figure 4 : répartition des charges surfaciques**

A partir de là on peut obtenir les charges linéaire sur les barres comme indiqué sur la figure ci-dessous :



**Figure 5: répartition des charges linéaire sur un portique**

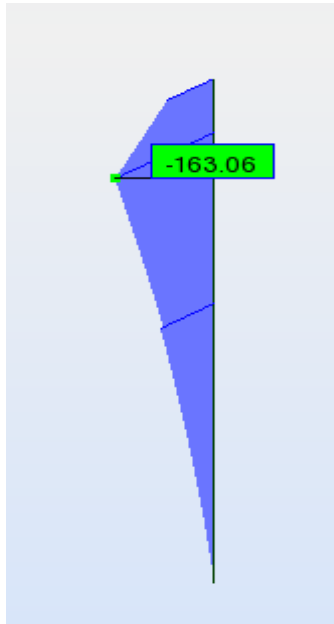
**IV-4) Les résultats :**

Pour les résultats obtenus (moments, forces, réaction ...), on prend les éléments les plus sollicités de la structure.

**IV-4-1) Les Poteaux :**

Le poteau le plus sollicité sous la combinaison de charge  $(G+g) + 1,5V3$ , qui donne un moment max

$M_{y,sd} = 163,06 \text{ kN}\cdot\text{m}$  est le poteau N° **467 (HEB340)**



**Figure 6: Diagramme du moment fléchissant d'un poteau**

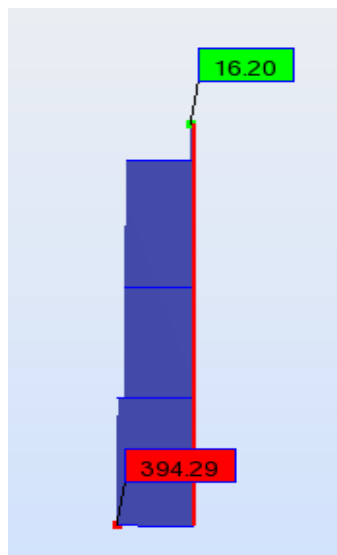
Pour cette valeur du moment on a :

L'effort tranchant  $v_{z,sd} = 85,17 \text{ kN}$

L'effort normal  $N_{sd} = 115,68 \text{ kN}$

Le poteau le plus sollicité sous la combinaison de charge  $1,35 (G+g) + 1,35(Q1+Q2+Q3+N)$

est le Poteau N° **452 (HEA340)**, qui donne un effort normal  $N_{sd} \text{ max} = 394,29 \text{ kN}\cdot\text{m}$



**Figure 7: Diagramme de l'effort normal d'un poteau**

Pour cette valeur de l'effort normal on a :

L'effort tranchant  $V_{z,sd} = 64,53 \text{ kN}$

Le moment  $M_{y,sd} = 65,77 \text{ kN}\cdot\text{m}$

#### -Caractéristiques géométriques du HEB 340 :

$h=34.0 \text{ cm}$	$i_y = 14,65 \text{ cm}$	$i_z = 7,53 \text{ cm}$	
$b=30.0 \text{ cm}$	$A_y=141.74 \text{ cm}^2$	$A_z=56.09 \text{ cm}^2$	$A_x=170.90 \text{ cm}^2$
$tw=1.2 \text{ cm}$	$I_y=36656.40 \text{ cm}^4$	$I_z=9689.95 \text{ cm}^4$	$I_x=270.00 \text{ cm}^4$
$tf=2.1 \text{ cm}$	$W_{ply}=2408.25 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=985.74 \text{ cm}^3$	

#### -Caractéristiques géométriques du HEA340 :

$h=33.0 \text{ cm}$	$i_y = 14,40 \text{ cm}$	$i_z = 7,46 \text{ cm}$	
$b=30.0 \text{ cm}$	$A_y=110.39 \text{ cm}^2$	$A_z=44.95 \text{ cm}^2$	$A_x=133.47 \text{ cm}^2$
$tw=0.9 \text{ cm}$	$I_y=27693.10 \text{ cm}^4$	$I_z=7436.00 \text{ cm}^4$	$I_x=123.00 \text{ cm}^4$
$tf=1.7 \text{ cm}$	$W_{ply}=1850.62 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=755.96 \text{ cm}^3$	

- **Vérification à la résistance :**

**Effort tranchant :** on doit vérifier la condition suivante :

$$V_{z, sd} \leq V_{z, pl, Rd} \quad \text{avec} \quad V_{z, pl, Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} \gamma_{m_0}}$$

Il faut aussi s'assurer que  $V_{z, sd} \leq V_{z, pl, Rd} / 2$

Dans le cas où cette condition n'est pas satisfaite, on doit tenir compte de l'effet de l'effort tranchant sur le moment de résistance plastique.

#### **Poteau N° 467 :**

De la note de calcul on prend la valeur de  $V_{z, pl, Rd} = 760.47 \text{ kN}$

$V_{z, sd} = 85, 17 \text{ kN} < V_{z, pl, Rd} = 760.47 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad \text{Le Poteau est vérifié à la résistance.}$

$V_{z, pl, Rd} / 2 = 380,24 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad V_{z, sd} \leq V_{z, pl, Rd} / 2 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK}$

Il n'y a pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

#### **Poteau N° 452:**

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

$$V_{z, pl, Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} \gamma_{m_0}} = 609,87 \text{ kN}$$

$$V_{z, pl, Rd} = 609.87 \text{ kN}$$

$V_{z,sd} = 64,53 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} = 609.87 \text{ kN} \longrightarrow$  Le Poteau est vérifié à la résistance.

$V_{z,pl,Rd}/2 = 304,94 \text{ kN} \longrightarrow V_{z,sd} \leq V_{z,pl,Rd}/2 \dots\dots\dots\text{OK}$

Il n'y a pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

**Flexion composée :**

Il faut vérifier que :

$$\left( \frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 + \left( \frac{M_{y,sd}}{M_{ply,Rd}} \right) \leq 1 \quad \text{avec} \quad M_{ply,Rd} = w_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad \text{et} \quad N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$

**Poteau N° 467 :**

De la note de calcul on a :  $M_{ply,Rd} = 565.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$  et  $N_{plz,Rd} = 4016.10 \text{ kN}$

$$\left( \frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 + \left( \frac{M_{y,sd}}{M_{ply,Rd}} \right) \leq 1 \longrightarrow \left( \frac{115.68}{4016,10} \right)^2 + \left( \frac{163,06}{565.94} \right) = 0,29 < 1 \dots\dots\dots\text{OK}$$

$\longrightarrow$  Le Poteau est vérifié à la résistance.

**Poteau N° 452:**

$M_{ply,Rd} = 434,90 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$N_{pl,Rd} = 3136,54 \text{ kN}$

$$\left( \frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 + \left( \frac{M_{y,sd}}{M_{ply,Rd}} \right) \leq 1 \longrightarrow \left( \frac{394,29}{3136,54} \right)^2 + \left( \frac{65,77}{434,90} \right) = 0,17 < 1 \dots\dots\dots\text{OK}$$

$\longrightarrow$  Le Poteau est vérifié à la résistance.

• **Vérification aux phénomènes d'instabilité :**

**-Vérification des poteaux au flambement :**

**Poteau N° 467 :**

Pour les éléments fléchis sous un effort normal, de section de classe 1, on doit vérifier la condition suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} N_{pl,Rd}} + \frac{k_y * M_{y,sd}}{M_{ply,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad \chi_{\min} : \text{la petite valeur du coefficient de réduction de deux valeur } \chi_y \text{ et } \chi_z$$

De la note de calcul, on a :

$$\chi_y = 0,27 \text{ et } \chi_z = 0,38 \longrightarrow \chi_{\min} = 0,27 \quad , \quad K_y = 1,01 \quad , \quad W_{ply} = 2408.25 \text{ cm}^3$$

$$\longrightarrow \frac{115,68}{0,27 \cdot 4016,10} + \frac{1,01 \cdot 163,06}{231,65} = 0,82 < 1 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

**Poteau N° 452 :**

De la note de calcul, on a :

$$\chi_y = 0,22 \text{ et } \chi_z = 0,29 \longrightarrow \chi_{\min} = 0,22$$

$$K_y = 0,93 \quad , \quad W_{ply} = 1850,62 \text{ cm}^3$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} N_{pl,Rd}} + \frac{k_y \cdot M_{y,sd}}{M_{ply,Rd}} \leq 1 \longrightarrow \frac{394,29}{0,22 \cdot 3136,54} + \frac{0,93 \cdot 65,77}{434,90} = 0,78 < 1 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

$\longrightarrow$  Les poteaux sont vérifiés au flambement.

**-Vérification des poteaux au déversement :**

La condition à vérifier est la suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,sd}}{\chi_{LT} \cdot M_{ply,Rd}} \leq 1$$

**Poteau N° 467 :**

Calcul de l'élancement réduit  $\bar{\lambda}_{LT}$  :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left[ \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \right] \cdot \beta_w^{0,5} \quad \text{avec } \lambda_1 = 93,9 \text{ (section de classe 1)}$$

$\lambda_{LT}$  : élancement de l'élément vis-à-vis au déversement

$$\lambda_{LT} = \frac{l_z / i_z}{(C_1)^{0,5} \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{l_z / i_z}{h / t_f} \right)^2 \right]^{0,25}} = \frac{933 / 7,53}{(1,132)^{0,5} \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{933 / 7,53}{34 / 2,1} \right)^2 \right]^{0,25}} = 88,72$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left[ \frac{88,72}{93,9} \right] \cdot 1 = 0,88 > 0,4 \longrightarrow \text{il y a risque de déversement}$$

**-Courbe de flambement :**

$$h/b = 34/30 = 1,13 < 1,2$$

$$t_f = 21 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

$$\text{Axe de flambement } y-y \longrightarrow \text{courbe de flambement } b \longrightarrow \alpha_{LT} = 0,34$$

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

$$\varphi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + 0,34 (0,88 - 0,2) + 0,88^2 \right] \longrightarrow \varphi_{LT} = 1,00$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1 + [1^2 - 0,88^2]^{0,5}} \longrightarrow \chi_{LT} = 0,68$$

**-Calcul du coefficient  $k$  :**

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \quad \text{avec} \quad \mu_{LT} = 0,15 \bar{\lambda}_z \cdot \beta_{MLT} - 0,15$$

$$\beta_{MLT} = 1,3 \text{ (Poutre simplement appuyée avec une charge uniformément répartie)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{123,91}{93,9} = 1,32 \quad \mu_{LT} = 0,15 \times 1,32 \times 1,3 - 0,15 = 0,11 < 0,9$$

$$\longrightarrow k_{LT} = 1 - \frac{0,11 \times 115,68}{0,29 \times 170,9 \times 23,5}$$

$$k_{LT} = 0,99$$

$$\longrightarrow \frac{115,68}{0,29 \times 4016,10} + \frac{0,99 \times 163,06}{0,68 \times 565,94} = 0,52 < 1 \dots \dots \dots \text{OK}$$

**Poteau N° 452 :**

 Calcul de l'élançement réduit  $\lambda_{LT}$  :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left[ \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \right] \cdot \beta_w^{0,5} \quad \text{avec } \lambda_1 = 93,9 \quad (\text{section de classe 1})$$

 $\lambda_{LT}$  : élançement de l'élément vis-à-vis au déversement

$$\lambda_{LT} = \frac{l_z / i_z}{(C_1)^{0,5} \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{l_z / i_z}{h / t_f} \right)^2 \right]^{0,25}} = \frac{1096 / 7,46}{(1,132)^{0,5} \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{1096 / 7,46}{33 / 1,7} \right)^2 \right]^{0,25}} = 98,48$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left[ \frac{98,48}{93,9} \right] \cdot 1 = 1,04 > 0,4 \quad \longrightarrow \quad \text{il y a risque de déversement}$$

**-Courbe de flambement :**

$$h/b = 33/30 = 1,1 < 1,2$$

$$t_f = 17 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

 Axe de flambement y-y  $\longrightarrow$  courbe de flambement b  $\longrightarrow$   $\alpha_{LT} = 0,34$ 

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

$$\varphi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + 0,34 (1,04 - 0,2) + 1,04^2 \right] \quad \longrightarrow \quad \varphi_{LT} = 1,18$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1 + \left[ 1,18^2 - 1,04^2 \right]^{0,5}} \quad \longrightarrow \quad \chi_{LT} = 0,64$$

**-Calcul du coefficient k :**

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \quad \text{avec} \quad \mu_{LT} = 0,15 \bar{\lambda}_z \cdot \beta_{MLT} - 0,15$$

 $\beta_{MLT} = 1,3$  (Poutre simplement appuyée avec une charge uniformément répartie)

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{146.84}{93.9} = 1,58$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \times 1,58 \times 1,3 - 0,15 = 0,16 < 0,9$$

$$\longrightarrow k_{LT} = 1 - \frac{0,16 \times 394,29}{0,29 \times 133,47 \times 23,5}$$

$$k_{LT} = 0,93$$

$$\longrightarrow \frac{394,29}{0,29 \times 3136,54} + \frac{0,93 \times 65,77}{0,64 \times 434,90} = 0,65 < 1 \dots \dots \dots \text{OK}$$

→ Les poteaux sont vérifiés au déversement.

#### IV-4-2) Les poutres :

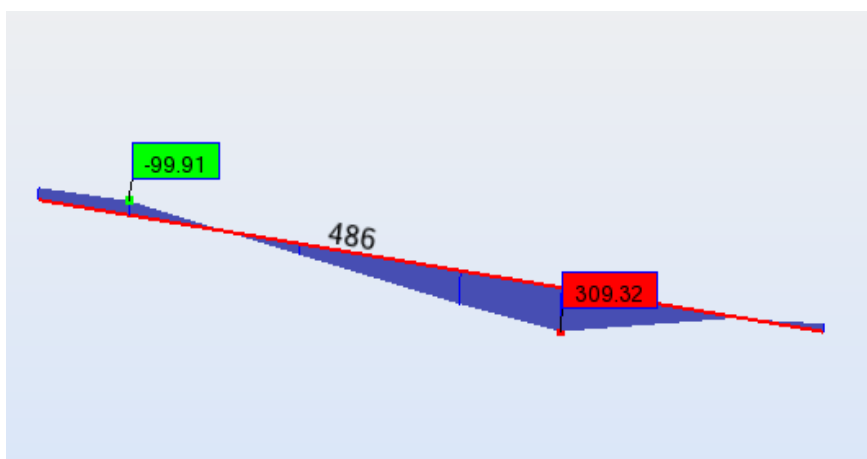
- Poutres principales (HEA400) :

##### Caractéristiques géométriques du HEA 340

h=39.0 cm	$i_y = 16,84$ cm	$i_z = 7,34$ cm	$A_x = 158.98$ cm <sup>2</sup>
b=30.0 cm	$A_y = 126.20$ cm <sup>2</sup>	$A_z = 57.33$ cm <sup>2</sup>	$I_x = 191.00$ cm <sup>4</sup>
tw=1.1 cm	$I_y = 45069.40$ cm <sup>4</sup>	$I_z = 8563.83$ cm <sup>4</sup>	
tf=1.9 cm	$W_{ply} = 2561.97$ cm <sup>3</sup>	$W_{plz} = 872.88$ cm <sup>3</sup>	

La poutre la plus sollicitée est la poutre N° 486 sous la combinaison de charge

**1,35 (G+g) + 1,35(Q1+Q2+Q3+N)** , qui donne un moment max  $M_{y,sd} = 309,45$  kN\*m



**Figure 8: Diagramme du moment fléchissant d'une poutre**

- **Vérification à la résistance :**

- **Moment fléchissant :**

On doit vérifier que  $M_{y,sd} \leq M_{ply,Rd}$

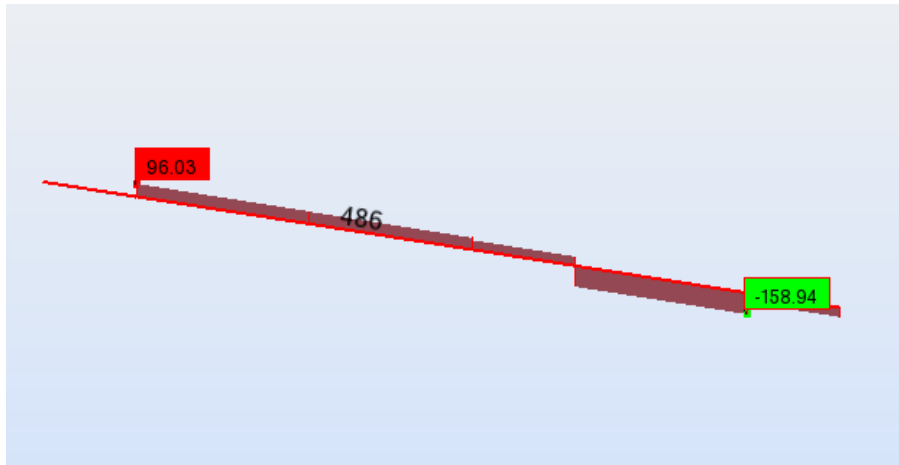
$$M_{y,sd} = 309,45 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ply,Rd} = \frac{w_{ply} * f_y}{\gamma_{m0}} = 602,06 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \longrightarrow \quad M_{y,sd} < M_{ply,Rd}$$

—————> La poutre est vérifiée au moment fléchissant

- Effort tranchant :**

On doit vérifier que  $V_{y,sd} \leq V_{ply,Rd}$



**Figure 9: Diagramme de l'effort tranchant d'une poutre**

$$V_{y,sd} = 158,94 \text{ kN}$$

$$V_{ply,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = 777,83 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad V_{y,sd} < V_{ply,Rd}$$

$$V_{y,sd} \leq 0,5 V_{ply,Rd} = 333,92 \text{ kN}$$

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

—————> La poutre est vérifiée à l'effort tranchant.

—————> La poutre HEA 400 est vérifiée à la résistance.

**IV-4-3) Vérification aux phénomènes d'instabilité :****Vérification au déversement :**

La vérification au déversement se fera selon la combinaison de charge suivante : G+1,5V1

Il faut vérifier cette condition :

$$\frac{M_{y,sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,sd}}{M_{plz,Rd}} \leq 1,0$$

De la note de calcul on a :

$$M_{y,sd} = 203,24 \text{ kN*m}$$

$$M_{z,sd} = 31,32 \text{ kN*m}$$

$$M_{b,Rd} = 602,06 \text{ kN*m}$$

$$M_{plz,Rd} = 205,13 \text{ kN*m}$$

$$\longrightarrow \frac{203,24}{602,06} + \frac{31,32}{205,13} = 0,49 < 1 \text{ .....OK}$$

→ La poutre est vérifiée au déversement

**Vérification de la flèche :**

La vérification à la flèche se fait à l'ELS sous la combinaison de charge (G+g) + V1 et la condition à vérifier est la suivante :

$$f \leq f_{ad} \quad \text{avec} \quad f_{ad} = \frac{l}{200} \quad \text{et} \quad l = 8,61\text{m}$$

Flèche verticale :

Sur deux appuis :

$$f_z = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{z,sd} \cdot l^4}{E \cdot I_y} = 0,9 \text{ cm (résultat obtenu de la note de calcul)}$$

$$f_{ad} = \frac{l}{200} = \frac{861}{200} = 4,3 \text{ cm} \quad \longrightarrow f_z < f_a$$

Flèche latérale :

Sur quatre appuis :

$$f_z = \frac{2,05}{384} \cdot \frac{Q_{z,sd} \cdot (l/2)^4}{E \cdot I_y} = 0,1 \text{ cm (résultat obtenu de la note de calcul)}$$

$$f_{ad} = \frac{l/2}{200} = \frac{430,5}{200} = 2,15 \text{ cm} \quad \longrightarrow f_z < f_a$$

→ La flèche est vérifiée

**IV-4-4) Les contreventements :**

Les contreventements sont des pièces qui ont pour objet d'assurer la stabilité de l'ossature en s'opposant à l'action des forces horizontales : vent, freinage des ponts roulants, effet des séismes, choc etc. Ils sont généralement conçus pour garantir le cheminement des charges horizontales jusqu'aux fondations.

Ils sont disposés en toiture, dans le plan des versants (poutres au vent) et en façade (palées de stabilité) et doivent reprendre les efforts horizontaux appliquée tant sur les pignons que sur les long pans.

**-Vérification des palées de stabilité :**

Il faut vérifier la condition suivante :  $N_{sd} \leq N_{t,Rd}$

Les palées de stabilité sont des cornières de type CAE 150x12 et CAE 150x14.

La barre la plus sollicitée sous la combinaison de charge  $(G+g) + 1,5V$ , qui donne un effort normal max

$N_{sd} = 106,57$  kN et un effort de traction max  $N_{t,Rd} = 818,62$  kN est la barre N°420 (CAE 150x12)

$$\longrightarrow N_{sd} = 106,57 \text{ kN} < N_{t,Rd} = 818,62 \text{ kN}$$

$\longrightarrow$  La cornière est vérifiée à la résistance.

# CALCUL POT467 ELU

NORME : *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE : 467 Poteau1\_467

POINT : 7

COORDONNEE :  $x = 0.89 L = 8.33 \text{ m}$

CHARGEMENTS :

Cas de charge décisif : 23 ELUV3 (1+15)\*1.00+17\*1.50

MATERIAU :

ACIER  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION : HEB 340

h=34.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=30.0 cm	Ay=141.74 cm <sup>2</sup>	Az=56.09 cm <sup>2</sup>	Ax=170.90 cm <sup>2</sup>
tw=1.2 cm	Iy=36656.40 cm <sup>4</sup>	Iz=9689.95 cm <sup>4</sup>	Ix=270.00 cm <sup>4</sup>
tf=2.1 cm	Wply=2408.25 cm <sup>3</sup>	Wplz=985.74 cm <sup>3</sup>	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :

N,Ed = 115.68 kN	My,Ed = -163.06 kN*m	Mz,Ed = 22.27 kN*m	Vy,Ed = -7.32 kN
Nc,Rd = 4016.10 kN	My,pl,Rd = 565.94 kN*m	Mz,pl,Rd = 231.65 kN*m	Vy,T,Rd = 1921.55 kN
Nb,Rd = 1072.18 kN	My,c,Rd = 565.94 kN*m	Mz,c,Rd = 231.65 kN*m	Vz,Ed = -26.45 kN
	MN,y,Rd = 565.94 kN*m	MN,z,Rd = 231.65 kN*m	Vz,T,Rd = 760.65 kN
			Tt,Ed = -0.03 kN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT :

PARAMETRES DE FLAMBEMENT :



en y :



en z :

Ly = 9.33 m	Lam_y = 1.74	Lz = 9.33 m	Lam_z = 1.32
Lcr,y = 23.95 m	Xy = 0.27	Lcr,z = 9.33 m	Xz = 0.38
Lamy = 163.50	ky = 1.01	Lamz = 123.91	kyz = 0.68

FORMULES DE VERIFICATION :

Contrôle de la résistance de la section :

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd}) = 0.18 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

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

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre :

$$\lambda_{y} = 163.50 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 123.91 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.46 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.34 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**Profil correct !!!**

# CALCUL POT467 ELS

NORME : *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE : 467 Poteau1\_467

POINT :

COORDONNEE :



PARAMETRES DE LA SECTION : HEB 340

ht=34.0 cm	Ay=129.00 cm <sup>2</sup>	Az=40.80 cm <sup>2</sup>	Ax=170.90 cm <sup>2</sup>
bf=30.0 cm	Iy=36656.40 cm <sup>4</sup>	Iz=9689.95 cm <sup>4</sup>	Ix=270.00 cm <sup>4</sup>
ea=1.2 cm	Wely=2156.26 cm <sup>3</sup>	Welz=646.00 cm <sup>3</sup>	
es=2.1 cm			

### DEPLACEMENTS LIMITES



#### Flèches

$u_y = 0.2 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 4.7 \text{ cm}$  Vérifié  
*Cas de charge décisif* : 26 ELSV3 (1+15+17)\*1.00  
 $u_z = 1.0 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 4.7 \text{ cm}$  Vérifié  
*Cas de charge décisif* : 26 ELSV3 (1+15+17)\*1.00  
 $u_{\text{inst},y} = 0.1 \text{ cm} < u_{\text{inst},\text{max},y} = L/200.00 = 4.7 \text{ cm}$  Vérifié  
*Cas de charge décisif* :  
 $u_{\text{inst},z} = 0.4 \text{ cm} < u_{\text{inst},\text{max},z} = L/200.00 = 4.7 \text{ cm}$  Vérifié  
*Cas de charge décisif* :



#### Déplacements

$v_x = 0.0 \text{ cm} < v_{x \text{ max}} = L/150.00 = 6.2 \text{ cm}$  Vérifié  
*Cas de charge décisif* : 26 ELSV3 (1+15+17)\*1.00  
 $v_y = 3.8 \text{ cm} < v_{y \text{ max}} = L/150.00 = 6.2 \text{ cm}$  Vérifié  
*Cas de charge décisif* : 26 ELSV3 (1+15+17)\*1.00

**Profil correct !!!**

## CALCUL POT452 ELU

**NORME** : [NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).

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

**FAMILLE** :

**PIECE** : 452 Poteau1\_452

**POINT** : 7

**COORDONNEE** :  $x = 0.32 L = 3.49 \text{ m}$

**CHARGEMENTS** :

*Cas de charge décisif* : 19 ELUBAS (1+4+7+9+11+14+15)\*1.35

**MATERIAU** :

ACIER  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



### PARAMETRES DE LA SECTION : HEA 340

h=33.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=30.0 cm	Ay=110.39 cm <sup>2</sup>	Az=44.95 cm <sup>2</sup>	Ax=133.47 cm <sup>2</sup>
tw=0.9 cm	Iy=27693.10 cm <sup>4</sup>	Iz=7436.00 cm <sup>4</sup>	Ix=123.00 cm <sup>4</sup>
tf=1.7 cm	Wply=1850.62 cm <sup>3</sup>	Wplz=755.96 cm <sup>3</sup>	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES** :

Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT** :

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT** :



en y :



en z :

**FORMULES DE VERIFICATION** :

*Contrôle de la résistance de la section* :

**Profil correct !!!**

# CALCUL POT452 ELS

NORME : *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE : 452 Poteau1\_452

POINT :

COORDONNEE :



PARAMETRES DE LA SECTION : HEA 340

ht=33.0 cm

bf=30.0 cm

ea=0.9 cm

es=1.7 cm

Ay=99.00 cm<sup>2</sup>

Iy=27693.10 cm<sup>4</sup>

Wely=1678.37 cm<sup>3</sup>

Az=31.35 cm<sup>2</sup>

Iz=7436.00 cm<sup>4</sup>

Welz=495.73 cm<sup>3</sup>

Ax=133.47 cm<sup>2</sup>

Ix=123.00 cm<sup>4</sup>

DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches

uy = 0.1 cm < uy max = L/200.00 = 5.5 cm Vérifié

Cas de charge décisif : 35 ELSBAS /1308/ 1\*1.00 + 9\*0.90 + 11\*0.90 + 14\*0.90 + 15\*1.00 + 4/16\*0.90 + 7/18\*0.90

uz = 0.7 cm < uz max = L/200.00 = 5.5 cm Vérifié

Cas de charge décisif : 35 ELSBAS /2368/ 1\*1.00 + 9\*0.90 + 11\*0.90 + 14\*0.90 + 15\*1.00 + 4/12\*0.90 + 7/32\*0.90

u inst,y = 0.0 cm < u inst,max,y = L/200.00 = 5.5 cm Vérifié

Cas de charge décisif :

u inst,z = 0.4 cm < u inst,max,z = L/200.00 = 5.5 cm Vérifié

Cas de charge décisif :



Déplacements

vx = 0.1 cm < vx max = L/150.00 = 7.3 cm Vérifié

Cas de charge décisif : 35 ELSBAS /1233/ 1\*1.00 + 9\*0.90 + 11\*0.90 + 14\*0.90 + 15\*1.00 + 4/17\*0.90 + 7/17\*0.90

vy = 0.4 cm < vy max = L/150.00 = 7.3 cm Vérifié

Cas de charge décisif : 35 ELSBAS /1444/ 1\*1.00 + 9\*0.90 + 11\*0.90 + 14\*0.90 + 15\*1.00 + 4/76\*0.90 + 7/19\*0.90

**Profil correct !!!**

# CALCUL POUTRE HEA400 ELU

NORME : *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE : 486 Poutre1\_486

POINT : 7

COORDONNEE : x = 0.12 L = 1.00 m

CHARGEMENTS :

Cas de charge décisif : 19 ELUBAS (1+4+7+9+11+14+15)\*1.35

MATERIAU :

ACIER fy = 235.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION : HEA 400

h=39.0 cm

b=30.0 cm

tw=1.1 cm

tf=1.9 cm

gM0=1.00

Ay=126.20 cm<sup>2</sup>

Iy=45069.40 cm<sup>4</sup>

Wply=2561.97 cm<sup>3</sup>

gM1=1.00

Az=57.33 cm<sup>2</sup>

Iz=8563.83 cm<sup>4</sup>

Wplz=872.88 cm<sup>3</sup>

Ax=158.98 cm<sup>2</sup>

Ix=191.00 cm<sup>4</sup>

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT :

PARAMETRES DE FLAMBEMENT :



en y :



en z :

FORMULES DE VERIFICATION :

Contrôle de la résistance de la section :

**Profil correct !!!**

## CALCUL POUTRE HEA400 ELS

NORME : *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE : 486 Poutre1\_486

POINT :

COORDONNEE :



PARAMETRES DE LA SECTION : HEA 400

ht=39.0 cm

bf=30.0 cm

ea=1.1 cm

es=1.9 cm

Ay=114.00 cm<sup>2</sup>

Iy=45069.40 cm<sup>4</sup>

Wely=2311.25 cm<sup>3</sup>

Az=42.90 cm<sup>2</sup>

Iz=8563.83 cm<sup>4</sup>

Welz=570.92 cm<sup>3</sup>

Ax=158.98 cm<sup>2</sup>

Ix=191.00 cm<sup>4</sup>

DEPLACEMENTS LIMITES



*Flèches*

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 4.3 cm Vérifié

*Cas de charge décisif* : 20 ELSBAS (1+15)\*1.00+(4+7+9+11+14)\*0.90

uz = 0.0 cm < uz max = L/200.00 = 4.3 cm Vérifié

*Cas de charge décisif* : 20 ELSBAS (1+15)\*1.00+(4+7+9+11+14)\*0.90

u inst,y = 0.0 cm < u inst,max,y = L/200.00 = 4.3 cm Vérifié

*Cas de charge décisif* : 0.9\*4 + 0.9\*7 + 0.9\*9 + 0.9\*11 + 0.9\*14

u inst,z = 0.4 cm < u inst,max,z = L/200.00 = 4.3 cm Vérifié

*Cas de charge décisif* : 0.9\*4 + 0.9\*7 + 0.9\*9 + 0.9\*11 + 0.9\*14



*Déplacements Non analysé*

**Profil correct !!!**

## CALCUL CAE 150x12 ELU

NORME : *NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE : Vérification des pièces

FAMILLE :

PIECE : 420 contreventement\_420

POINT : 7

COORDONNEE : x = 1.00 L = 5.13 m

CHARGEMENTS :

*Cas de charge décisif* : 21 ELUV1 (1+15)\*1.00+10\*1.50

MATERIAU :

S 235 ( S 235 ) fy = 235.00 MPa

**PARAMETRES DE LA SECTION : CAE 150x12**

h=15.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=15.0 cm	Ay=18.00 cm <sup>2</sup>	Az=18.00 cm <sup>2</sup>	Ax=34.83 cm <sup>2</sup>
tw=1.2 cm	Iy=736.90 cm <sup>4</sup>	Iz=736.90 cm <sup>4</sup>	Ix=16.59 cm <sup>4</sup>
tf=1.2 cm	Wply=76.14 cm <sup>3</sup>	Wplz=139.50 cm <sup>3</sup>	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :**

N <sub>Ed</sub> = -106.57 kN	My <sub>Ed</sub> = 0.70 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = -0.19 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = 0.04 kN
Nt <sub>Rd</sub> = 818.62 kN	My <sub>pl,Rd</sub> = 17.89 kN*m	Mz <sub>pl,Rd</sub> = 32.78 kN*m	Vy <sub>T,Rd</sub> = 244.22 kN
	My <sub>c,Rd</sub> = 17.89 kN*m	Mz <sub>c,Rd</sub> = 32.78 kN*m	Vz <sub>Ed</sub> = 0.60 kN
	MN <sub>y,Rd</sub> = 17.59 kN*m	MN <sub>z,Rd</sub> = 32.23 kN*m	Vz <sub>T,Rd</sub> = 244.22 kN
			Tt <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m
			Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :****PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**

en y :



en z :

**FORMULES DE VERIFICATION :****Contrôle de la résistance de la section :**

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.13 < 1.00$  (6.2.3.(1))  
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.05 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

**Profil correct !!!****CALCUL CAE 150x12 ELS****NORME :** [NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TYPE D'ANALYSE :** Vérification des pièces**FAMILLE :****PIECE :** 420 CONTRE\_420**POINT :****COORDONNEE :****PARAMETRES DE LA SECTION : CAE 150x12**

ht=15.0 cm			
bf=15.0 cm	Ay=18.00 cm <sup>2</sup>	Az=18.00 cm <sup>2</sup>	Ax=34.83 cm <sup>2</sup>
ea=1.2 cm	Iy=736.90 cm <sup>4</sup>	Iz=736.90 cm <sup>4</sup>	Ix=16.59 cm <sup>4</sup>
es=1.2 cm	Wely=67.73 cm <sup>3</sup>	Welz=67.73 cm <sup>3</sup>	

**DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches**

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 2.6 \text{ cm}$  Vérifié  
**Cas de charge décisif :** 24 ELSV1 (1+10+15)\*1.00  
 $u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 2.6 \text{ cm}$  Vérifié  
**Cas de charge décisif :** 24 ELSV1 (1+10+15)\*1.00  
 $u_{\text{inst},y} = 0.0 \text{ cm} < u_{\text{inst},\text{max},y} = L/200.00 = 2.6 \text{ cm}$  Vérifié  
**Cas de charge décisif :**  
 $u_{\text{inst},z} = 0.0 \text{ cm} < u_{\text{inst},\text{max},z} = L/200.00 = 2.6 \text{ cm}$  Vérifié  
**Cas de charge décisif :**



*Profil correct !!!*

## V-Les Ponts Roulants

### **V-1) Introduction**

Les charges variables qui agissent sur les structures ne sont pas toujours fixes (convois sur les ponts par exemple) ou ne sont pas toujours réparties uniformément sur l'entièreté de la structure (charge d'exploitation sur un plancher par exemple). A l'inverse des charges permanentes qui sont fixes en intensité et en position, les charges variables ont une intensité bien déterminée, parfois une position relative bien déterminée (comme par exemple une distance précise entre essieux), mais peuvent occuper des positions différentes sur la structure.

Il est clair que les effets statiques que ces charges produisent dans n'importe quelle section des éléments de la structure, vont dépendre de leur position.

Afin de dimensionner correctement la structure, il est indispensable de trouver les positions de ces charges mobiles qui vont produire le maximum et le minimum d'un effet déterminé dans une section donnée d'un élément de la structure. Il faudra ensuite chiffrer ces effets extrêmes. C'est le rôle des lignes d'influence, qui décrivent l'influence de la position d'une charge sur la grandeur statique étudiée (effort intérieur, réaction, déplacement) dans une section déterminée.

### **V-2) Les ponts roulants :**

Un pont roulant est un appareil de manutention permettant le levage et le transfert de charges lourdes.

Ils sont installés en hauteur et circulent sur des rails fixés sur des poutres de roulement en acier.

La structure comporte 3 ponts roulants :

1 pont roulant de 3 tonnes qui a une capacité de 5 tonnes

2 ponts roulants de 2 tonnes qui ont une capacité de 2 tonnes chacun.

L'influence de ces ponts est incluse dans le calcul et le dimensionnement de la structure.

Le chemin de roulement est composé de plusieurs pour de type HEA 300 et HEA360 qui assurent le déplacement des ponts tout au long de la structure.

Le dimensionnement de ces poutres est fait sous les charges de ces ponts roulants.

Le pont roulant de 3 tonnes est placé dans la plus grande travée et les deux autres dans les travées restantes.

Pour l'étude du chemin de roulement de la grande travée on applique une force verticale de 80 kN et pour les deux autres on applique une force verticale de 40 kN.

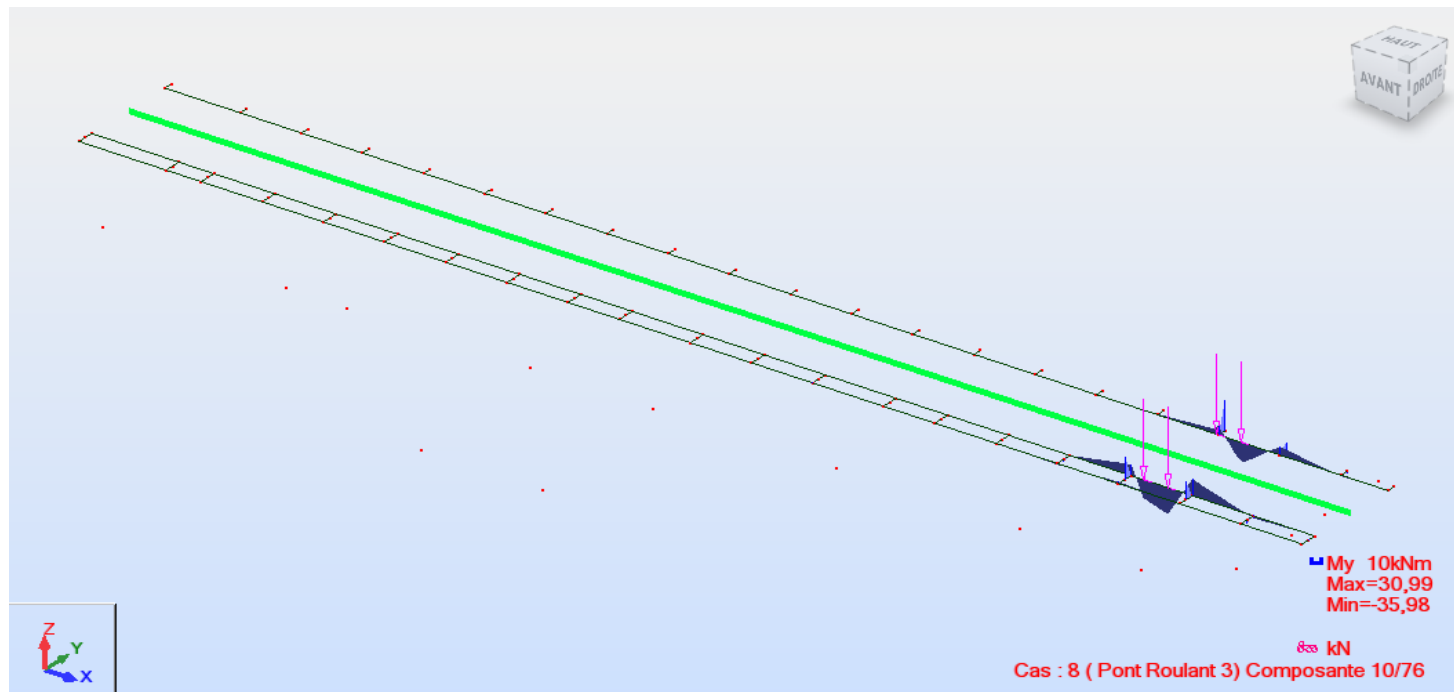
Des forces horizontales sont aussi appliquées d'une valeur égale à 10% de la charge verticale.

Les charges roulantes sont définies par la sélection du convoi et par la définition de la route de ce convoi sur la structure. Le convoi est un ensemble d'efforts à direction, valeur et position données. Dans chaque étape, le convoi

est déplacé d'une position à une autre. Le jeu de forces appliquées aux éléments de la structure est créé pour chaque position. Par conséquent, le cas de charges roulantes est considéré comme un ensemble de plusieurs cas de charges statiques (un cas de charge successif pour chaque position du convoi).

### **V-3) Résultats :**

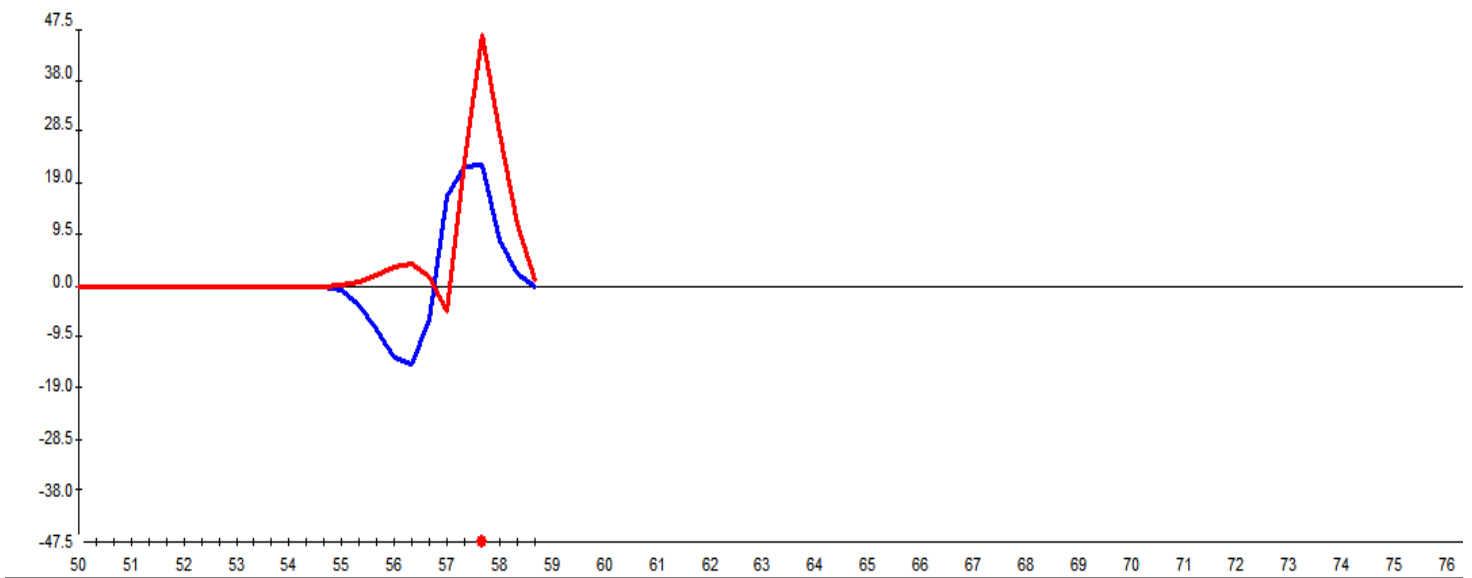
La figure suivante montre le déplacement du pont roulant tout au long du chemin du roulement et les moments dus à sa charge.



**Figure 10: charges roulantes**

Les résultats sont donnés sous forme de lignes d'influence, ce qui permet de trouver la valeur max de l'effort tranchant et le moment fléchissant.

La figure suivante montre les lignes d'influence de l'effort tranchant et du moment fléchissant en rouge et en bleu respectivement pour un élément du chemin de roulement



**Figure 11: lignes d'influence d'un élément de la poutre de roulement**

Ce sont les valeurs du moment fléchissant et de l'effort tranchant en fonction du déplacement de la charge roulante.

Un tableau est aussi donné montrant les résultats obtenu en détail.

Les informations suivantes seront présentées par ordre d'affichage.

La partie supérieure du tableau pour l'analyse des charges roulantes affiche la valeur de l'intégrale des diagrammes présentés sur la vue. Les valeurs des intégrales suivantes sont affichées :

- Somme totale
- Intégrale des parties positive et négative de chaque diagramme.

-un exemple de ce tableau est présenté ci-après

#### **V-4) Vérification à la résistance :**

##### **- Moment fléchissant :**

On doit vérifier que  $M_{y,sd} \leq M_{ply,Rd}$

$$M_{y,sd} = 79,42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ply,Rd} = \frac{w_{ply} * f_y}{\gamma_{m_0}} = 325.10 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \longrightarrow \quad M_{y,sd} < M_{ply,Rd}$$

—————> La poutre est vérifiée au moment fléchissant

##### **-Effort tranchant :**

On doit vérifier que  $V_{y,sd} \leq V_{ply,Rd}$

$$V_{y,sd} = 60,22 \text{ kN}$$

$$V_{ply,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = 505,09 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad V_{y,sd} < V_{ply,Rd}$$

$$V_{y,sd} \leq 0,5 V_{ply,Rd} = 252,54 \text{ Kn}$$

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

—————> La poutre est vérifiée à l'effort tranchant.

—————> La poutre HEA 300 est vérifiée à la résistance.

### **V-5) Vérification aux phénomènes d'instabilité :**

#### **-Vérification au déversement :**

La vérification au déversement se fera selon la combinaison de charge suivante : G+1,5V1

Il faut vérifier cette condition :

$$\frac{M_{y,sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,sd}}{M_{plz,Rd}} \leq 1,0$$

De la note de calcul on a :

$$M_{y,sd} = 79,42 \text{ kN*m}$$

$$M_{z,sd} = 2,42 \text{ kN*m}$$

$$M_{b,Rd} = 307,78 \text{ kN*m}$$

$$M_{plz,Rd} = 150,68 \text{ kN*m}$$

$$\longrightarrow \quad \frac{79,42}{307,78} + \frac{2,42}{150,68} = 0,27 < 1 \quad \text{.....OK}$$

—————> La poutre est vérifiée au déversement

#### **-Vérification de la flèche :**

$$f_{ad} = \frac{l}{700} = 0,5 \text{ cm}$$

On doit avoir  $f_z \leq f_{ad}$  avec  $f_z$  est la flèche verticale calculée de la barre.

$$f_z = \frac{5 * G * l^4}{384 * E * I_y}$$

G : le poids propre du profilé.

Le logiciel a donné la valeur suivante :  $f_z = 0,1$  cm

$f_z < f_{ad}$  .....OK

## CALCUL poutre de roulement HEA300 ELU

**NORME :** NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

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

**FAMILLE :**

**PIECE :** 126 pont roulant 3\_126 **POINT :** 1

**COORDONNEE :** x = 0.00 L = 0.00 m

**CHARGEMENTS :**

Cas de charge décisif : 45 PR3 /38/ 1\*1.35 + 8/38\*1.50

**MATERIAU :**

ACIER  $f_y = 235.00$  MPa



### PARAMETRES DE LA SECTION : HEA 300

h=29.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=30.0 cm	Ay=94.85 cm <sup>2</sup>	Az=37.28 cm <sup>2</sup>	Ax=112.53 cm <sup>2</sup>
tw=0.9 cm	Iy=18263.50 cm <sup>4</sup>	Iz=6309.56 cm <sup>4</sup>	Ix=75.30 cm <sup>4</sup>
tf=1.4 cm	Wply=1383.40 cm <sup>3</sup>	Wplz=641.18 cm <sup>3</sup>	

### EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES :

N,Ed = -8.49 kN	My,Ed = -9.04 kN*m	Mz,Ed = 3.21 kN*m	Vy,Ed = 1.55 kN
Nt,Rd = 2644.41 kN	My,pl,Rd = 325.10 kN*m	Mz,pl,Rd = 150.68 kN*m	Vy,T,Rd = 1283.98 kN
	My,c,Rd = 325.10 kN*m	Mz,c,Rd = 150.68 kN*m	Vz,Ed = 82.28 kN
	MN,y,Rd = 325.10 kN*m	MN,z,Rd = 150.68 kN*m	Vz,T,Rd = 505.09 kN
	Mb,Rd = 307.78 kN*m		Tt,Ed = -0.04 kN*m
			Classe de la section = 1



### PARAMETRES DE DEVERSEMENT :

z = 1.00	Mcr = 1162.20 kN*m	Courbe,LT -	XLT = 0.91
Lcr,low=3.76 m	Lam_LT = 0.53	fi,LT = 0.68	XLT,mod = 0.95

### PARAMETRES DE FLAMBEMENT :



en y :



en z :

**FORMULES DE VERIFICATION :****Contrôle de la résistance de la section :**

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

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

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

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.16 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(\sigma_{fy}/(\sqrt{3})\sigma_{M0}) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(\sigma_{fy}/(\sqrt{3})\sigma_{M0}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

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

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

**Profil correct !!!****CALCUL poutre de roulement HEA300 ELS****NORME :** [NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TYPE D'ANALYSE :** [Vérification des pièces](#)**FAMILLE :****PIECE :** 126 pont roulant 3\_126**POINT :****COORDONNEE :****PARAMETRES DE LA SECTION : HEA 300**

ht=29.0 cm

bf=30.0 cm

ea=0.9 cm

es=1.4 cm

Ay=84.00 cm<sup>2</sup>Iy=18263.50 cm<sup>4</sup>Wely=1259.55 cm<sup>3</sup>Az=24.65 cm<sup>2</sup>Iz=6309.56 cm<sup>4</sup>Welz=420.64 cm<sup>3</sup>Ax=112.53 cm<sup>2</sup>Ix=75.30 cm<sup>4</sup>**DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches**

$$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/700.00 = 0.5 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

**Cas de charge décisif :** 57 PR3 /45/ 1\*1.00 + 8/45\*1.00

$$u_z = 0.1 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/700.00 = 0.5 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

**Cas de charge décisif :** 57 PR3 /39/ 1\*1.00 + 8/39\*1.00

$$u_{\text{inst},y} = 0.0 \text{ cm} < u_{\text{inst},\text{max},y} = L/700.00 = 0.5 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

**Cas de charge décisif :**

$$u_{\text{inst},z} = 0.1 \text{ cm} < u_{\text{inst},\text{max},z} = L/700.00 = 0.5 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$$

**Cas de charge décisif :****Déplacements** Non analysé**Profil correct !!!**

Barre	Point	Cas	Comp./Dist.	MY [kNm]	FZ [kN]
	16711680		255	16777215	16777215
somme (intégrale) *					
[m]	25,64	120,85			
somme (+) * [m]					
	71,89	123,29			
somme (-) * [m]					
	-46,25	-2,43			
Pont Roulant					
135	x=0.25	3	1/76 0,0	0	0
Pont Roulant					
135	x=0.25	3	2/76 1,00	0	0
Pont Roulant					
135	x=0.25	3	3/76 2,00	0	0

			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	4/76 3,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	5/76 4,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	6/76 5,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	7/76 6,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	8/76 7,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	9/76 8,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	10/76 9,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	11/76 10,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	12/76 11,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	13/76 12,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	14/76 13,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	15/76 14,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	16/76 15,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	17/76 16,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	18/76 17,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	19/76 18,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	20/76 19,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	21/76 20,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	22/76 21,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	23/76 22,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	24/76 23,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	25/76 24,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	26/76 25,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	27/76 26,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	28/76 27,00	0	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	29/76 28,00	0,01	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	30/76 29,00	0,01	0	
			Pont Roulant			
135	x=0.25	3	31/76 30,00	0,01	0	

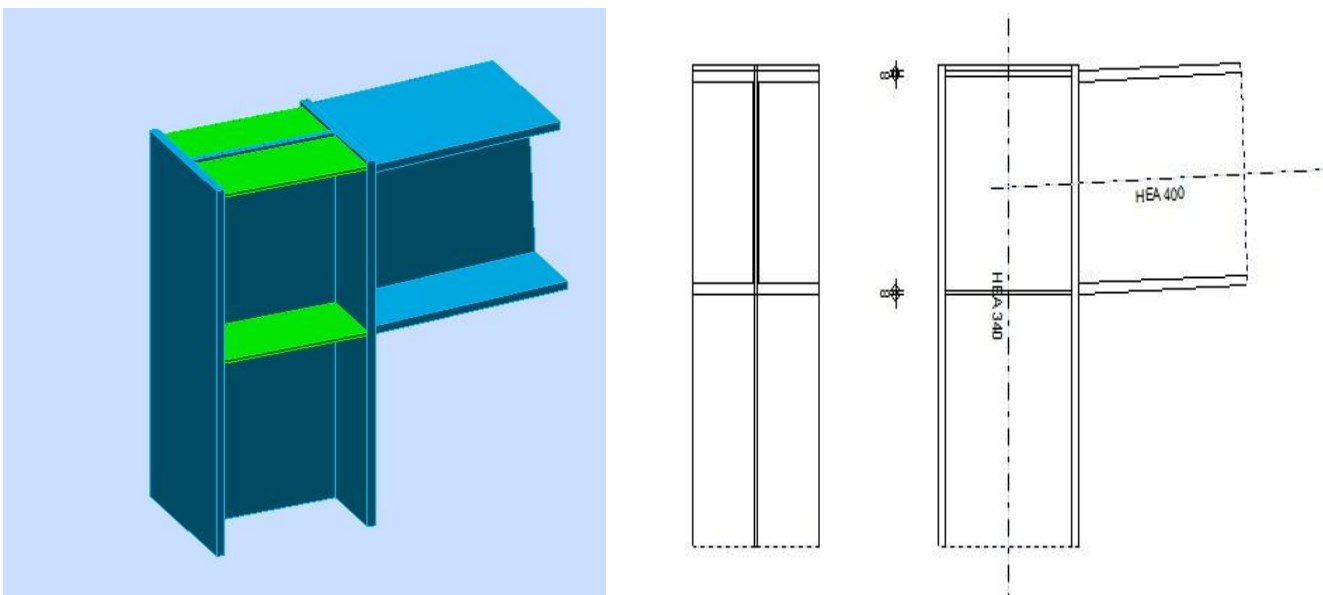
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	32/76	31,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	33/76	32,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	34/76	33,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	35/76	34,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	36/76	35,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	37/76	36,00	-0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	38/76	37,00	-0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	39/76	38,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	40/76	39,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	41/76	40,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	42/76	41,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	43/76	42,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	44/76	43,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	45/76	44,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	46/76	45,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	47/76	46,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	48/76	47,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	49/76	48,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	50/76	49,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	51/76	50,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	52/76	51,00	0	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	53/76	52,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	54/76	53,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	55/76	54,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	56/76	55,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	57/76	56,00	0,01	0	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	58/76	57,00	0,02	-0,01	
			Pont Roulant				
135	x=0.25	3	59/76	58,00	0,04	-0,01	

135	x=0.25	3	Pont Roulant	60/76	59,00	0,07	-0,02
135	x=0.25	3	Pont Roulant	61/76	60,00	0,12	-0,03
135	x=0.25	3	Pont Roulant	62/76	61,00	0,15	-0,04
135	x=0.25	3	Pont Roulant	63/76	62,00	0,14	-0,04
135	x=0.25	3	Pont Roulant	64/76	63,00	-0,15	0,04
135	x=0.25	3	Pont Roulant	65/76	64,00	-1,2	0,35
135	x=0.25	3	Pont Roulant	66/76	65,00	-3,8	1,1
135	x=0.25	3	Pont Roulant	67/76	66,00	-8,48	2,45
135	x=0.25	3	Pont Roulant	68/76	67,00	-13,51	3,9
135	x=0.25	3	Pont Roulant	69/76	68,00	-14,91	4,3
135	x=0.25	3	Pont Roulant	70/76	69,00	-6,54	1,88
135	x=0.25	3	Pont Roulant	71/76	70,00	17	-4,91
135	x=0.25	3	Pont Roulant	72/76	71,00	22,47	23,43
135	x=0.25	3	Pont Roulant	73/76	72,00	22,91	47,48
135	x=0.25	3	Pont Roulant	74/76	73,00	8,81	28,51
135	x=0.25	3	Pont Roulant	75/76	74,00	2,51	11,92
135	x=0.25	3	Pont Roulant	76/76	75,00	-0,46	1,28

## VI-Les Assemblages

**VI-1) Introduction :** Un assemblage est un dispositif qui permet de réunir et de solidariser plusieurs pièces entre elles, en assurant la transmission et la répartition de diverses sollicitations entre ces pièces, sans générer des sollicitations parasites notamment la torsion.

### **VI-2) Assemblage Poteau-Poutre principale :**



**Figure 12: Assemblage poteau-poutre principale**

Cet assemblage a été étudié sous la combinaison de charge suivante :  $(G+g) + 1,5V3$

Il est sollicité par :

- Un moment fléchissant :  $M_{sd} = -4,94 \text{ kN}\cdot\text{m}$

- Un effort tranchant :  $V_{sd} = -3,60 \text{ kN}$
- Un effort normal :  $N_{sd} = -51,44 \text{ kN}$

La poutre est soudée directement au poteau en ajoutant des raidisseurs au poteau comme indiqué sur la figure ci-dessus.

Pour les caractéristiques de la soudure et des raidisseurs, voir la note de calcul « Poteau-poutre » ci-après.

### VI-2-a)Vérification de l'assemblage :

- **Résistance de la poutre :**

#### **-Au moment fléchissant :**

La condition suivante doit être vérifiée :  $M_{sd} \leq M_{cb,Rd}$

$M_{cb,Rd}$  : le moment résistant de la section à la flexion

$$M_{cb,Rd} = 602,06 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = -4,94 \text{ kN}\cdot\text{m} < M_{cb,Rd} = 602,06 \text{ kN} \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

Chapitre VI: les assemblages

#### **-Au cisaillement:**

il faut que l'effort tranchant  $V_{sd}$  soit inférieur ou égal à l'effort de cisaillement  $V_{cb,Rd}$  ( $V_{sd} \leq V_{cb,Rd}$  ).

$$V_{cb,Rd} = 777,81 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = -3,60 \text{ kN} < V_{cb,Rd} = 777,81 \text{ kN} \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

- **Résistance de l'âme du Poteau :**

#### **-En compression :**

La condition à satisfaire est la suivante :

$$N_{low} \leq F_{c,wc,Rd,low}$$

$N_{low}$  : Effort axial dans la membrure inférieure de la poutre

$F_{c,wc,Rd,low}$  : Résistance finale de l'âme du poteau

De la note de calcul on a :

$$N_{low} = 12,41 \text{ kN} \quad \text{et} \quad F_{c,wc,Rd,low} = 927,31 \text{ kN}$$

$$N_{low} < F_{c,wc,Rd,low} \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

#### **-En traction:**

La condition à satisfaire est la suivante :

$$N_{upp} \leq F_{c,wc,Rd,upp}$$

$N_{upp}$  : Effort axial dans la membrure supérieure de la poutre

$F_{c,wc,Rd,upp}$  : Résistance finale de l'âme du poteau

De la note de calcul on a :

$$N_{upp} = 39,03 \text{ kN} \quad \text{et} \quad F_{c,wc,Rd,low} = 927,31 \text{ kN}$$

$$N_{upp} < F_{c,wc,Rd,upp} \dots\dots\dots \text{OK}$$

**-Au cisaillement:**

Il faut vérifier la condition suivante :  $V_{sd} \leq V_{wp,Rd}$

$V_{wp,Rd}$  : Panneau d'âme en cisaillement

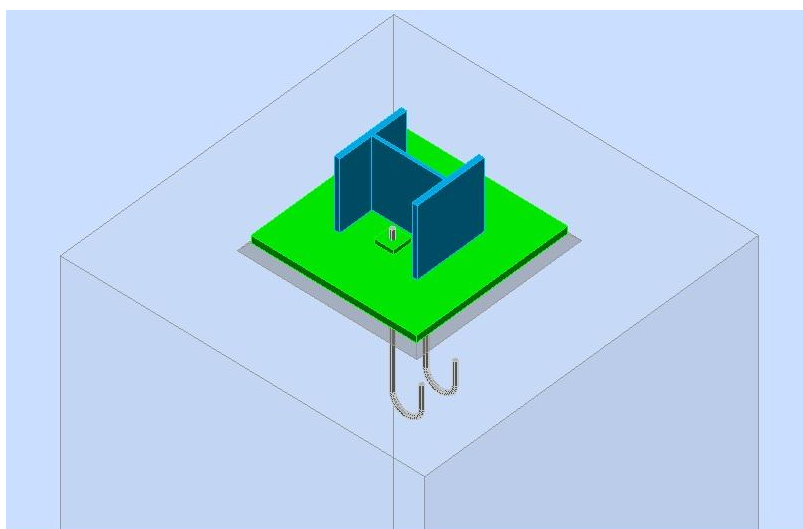
$V_{wp,Rd}$  : Résistance du panneau d'âme au cisaillement

$$V_{sd} = 3,60 \text{ kN} \quad \text{et} \quad V_{wp,Rd} = 579,89 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{wp,Rd} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Les assemblages « poteau-poutre » sont renforcés par des cornières en double L de type **CAI 100x75x8**

**VI-3) Assemblage Poteau-Fondation :**



**Figure 13: Assemblage base du poteau**

L'approche du calcul consiste à veiller à ce que les contraintes de pression exercées sous la plaque d'assise ne dépassent pas la résistance de calcul à l'encastrement du matériau de scellement et qu'elles n'entraînent pas non plus la flexion excessive de la plaque d'assise.

**VI-3-a) Les efforts sollicitants :** sous la combinaison de charge  $(G+g)+1,5V$  on a :

$$\text{L'effort normal : } N_{sd} = -30,72 \text{ kN}$$

L'effort tranchant :  $V_{y,sd} = 21,19$  kN

L'effort tranchant :  $V_{z,sd} = 56,56$  kN

### **VI-3-b) Résistance de la semelle dans la zone comprimée :**

La condition  $N_{sd} \leq N_{j,Rd}$  doit être vérifiée

$N_{j,Rd}$  : Résistance de la semelle à la compression axiale

Les résultats nous donnent :  $N_{j,Rd} = 3790,30$  kN

$$N_{sd} = -30,72 \text{ kN} < N_{j,Rd} = 3790,30 \text{ kN} \dots\dots\dots\text{OK}$$

### **VI-3-c) Les tiges:**

Les tiges utilisées sont de type HR 8.8 de diamètre de 20 mm.

Il y a deux tiges ancrées dans la fondation.

Chapitre VI: les assemblages

### **-Résistance au cisaillement:**

On doit vérifier la condition suivante :

#### **-Selon l'axe y-y :**

$$V_{y,sd} \leq V_{j,Rd,y}$$

$V_{j,Rd,y}$  : Résistance de l'assemblage au cisaillement

$$V_{j,Rd,y} = 246,15 \text{ kN} \quad \text{et} \quad V_{y,sd} = 21,19 \text{ kN}$$

$$V_{y,sd} < V_{j,Rd,y} \dots\dots\dots\text{OK}$$

#### **-Selon l'axe z-z:**

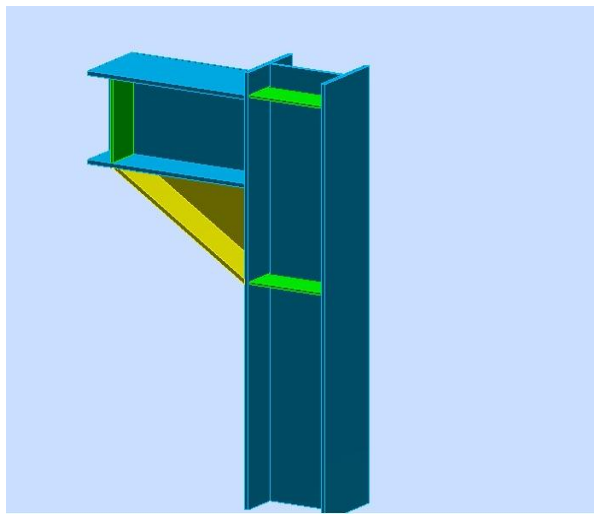
$$V_{j,Rd,z} = 162,15 \text{ kN} \quad \text{et} \quad V_{z,sd} = 56,56 \text{ kN}$$

$V_{j,Rd,z}$  : Résistance de l'assemblage au cisaillement

$$V_{z,sd} < V_{j,Rd,z} \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$(V_{y,sd} / V_{j,Rd,y}) + (V_{z,sd} / V_{j,Rd,z}) = 0,43 < 1 \dots\dots\dots\text{OK}$$

### **VI-4) Assemblage Corbeau-Poteau :**



**Figure 14: Assemblage Corbeau-Poteau**

Cet assemblage a été étudié sous la charge du pont roulant 1( F=80kN) :

Il est sollicité par :

- Un moment fléchissant :  $M_{sd} = 28,51 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- Un effort tranchant :  $V_{sd} = 135,99 \text{ kN}$
- Un effort normal :  $N_{sd} = 0,02 \text{ kN}$

La poutre est soudée directement au poteau en ajoutant des raidisseurs au niveau du poteau et de la poutre poteau et renforcée par un jarret comme indiqué sur la figure ci-dessus.

Chapitre VI: les assemblages

Pour les caractéristiques de la soudure, des raidisseurs et le jarret, voir la note de calcul « Poteau-poutre » ci-après.

**VI-4-a) Vérification de l'assemblage :**

• **Résistance de la poutre :**

**-Au moment fléchissant :**

La condition suivante doit être vérifiée :  $M_{sd} \leq M_{cb,Rd}$

$M_{cb,Rd}$  : le moment résistant de la section à la flexion

$M_{cb,Rd} = 780,85 \text{ kN}$

$M_{sd} = 28,51 \text{ kN}\cdot\text{m} < M_{cb,Rd} = 780,85 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$

**-Au cisaillement:**

il faut que l'effort tranchant  $V_{sd}$  soit inférieur ou égal à l'effort de cisaillement  $V_{cb,Rd}$  ( $V_{sd} \leq V_{cb,Rd}$  ).

$V_{cb,Rd} = 1116,33 \text{ kN}$

$V_{sd} = 135,99 \text{ kN} < V_{cb,Rd} = 1116,33 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$

**-A la traction :**

On doit vérifier que l'effort normal  $N_{sd} \leq N_{tb,Rd}$

$N_{tb,Rd}$  : l'effort normal de résistance à la traction.

$N_{sd} = 0,02 \text{ kN}$  et

$$N_{tb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0} = 2644,41 \text{ kN}$$

$$N_{sd} < N_{tb,Rd} \dots\dots\dots \text{OK}$$

**VI-4-b) Résistance de l'âme du Poteau :**

**-En compression :**

La condition à satisfaire est la suivante :

$$N_{low} \leq F_{c,wc,Rd,low}$$

$N_{low}$  : Effort axial dans la membrure inférieure de la poutre

$F_{c,wc,Rd,low}$  : Résistance finale de l'âme du poteau

De la note de calcul on a :

$$N_{low} = -49,63 \text{ kN} \quad \text{et} \quad F_{c,wc,Rd,low} = 542,53 \text{ kN}$$

$$N_{low} < F_{c,wc,Rd,low} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Chapitre VI: les assemblages

**-En traction:**

La condition à satisfaire est la suivante :

$$N_{upp} \leq F_{t,wc,Rd,upp}$$

$N_{upp}$  : Effort axial dans la membrure supérieure de la poutre

$F_{t,wc,Rd,upp}$  : Résistance finale de l'âme du poteau

De la note de calcul on a :

$$N_{upp} = 49,66 \text{ kN} \quad \text{et} \quad F_{t,wc,Rd,upp} = 590,49 \text{ kN}$$

$$N_{upp} < F_{t,wc,Rd,upp} \dots\dots\dots \text{OK}$$

**-Panneau d'âme en cisaillement:**

Il faut vérifier la condition suivante :  $V_{sd} \leq V_{wp,Rd}$

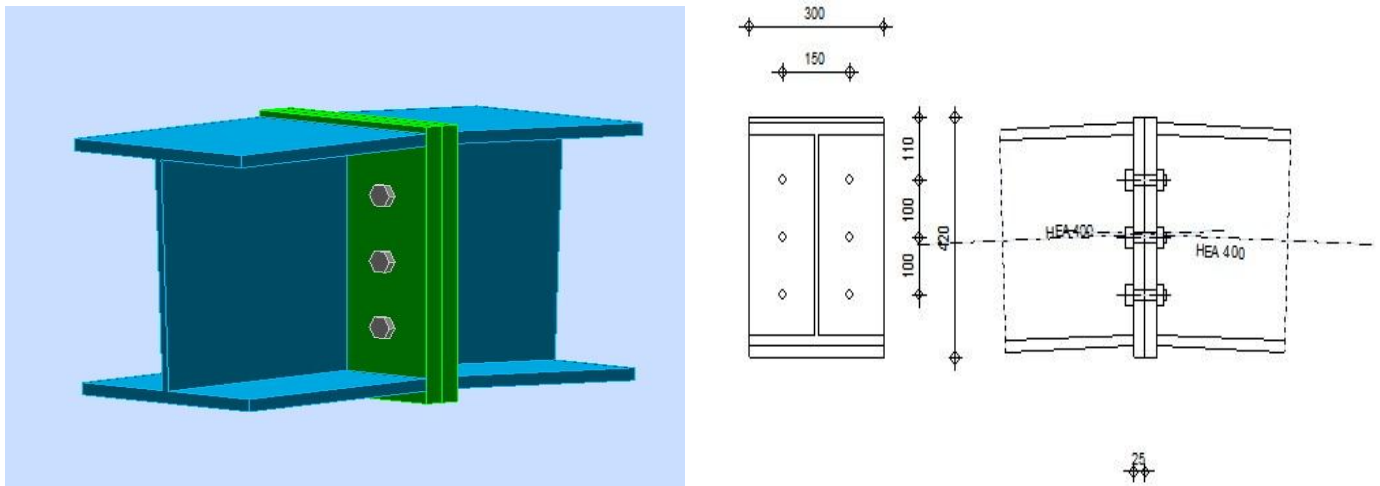
$V_{wp,Rd}$  : Panneau d'âme en cisaillement

$V_{wp,Rd}$  : Résistance du panneau d'âme au cisaillement

$$V_{sd} = 135,99 \text{ kN} \quad \text{et} \quad V_{wp,Rd} = 382,54 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{wp,Rd} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

**VI-5) Assemblage Poutre-poutre (Poutre de faîmage) : HEA400**



**Figure 15 :Assemblage Poutre-poutre (Poutre de faîtage)**

Cet assemblage a été étudié sous la combinaison de charge suivante : (G+g) + 1,5V1

Il est sollicité par :

- Un moment fléchissant :  $M_{sd} = 15,62 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- Un effort tranchant :  $V_{sd} = 17,42 \text{ kN}$
- Un effort normal :  $N_{sd} = 107,53 \text{ kN}$

Chapitre VI: les assemblages

**VI-5-a)Vérification de l'assemblage :**

**-Résistance de la poutre :**

**-Au moment fléchissant :**

La condition suivante doit être vérifiée :  $M_{sd} \leq M_{cb,Rd}$

$M_{cb,Rd}$  : le moment résistant de la section à la flexion

$$M_{cb,Rd} = 602,06 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = -4,94 \text{ kN}\cdot\text{m} < M_{cb,Rd} = 602,06 \text{ kN} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

**-A l'effort tranchant :**

$$V_{sd} = 17,42 \text{ kN} \quad \text{et} \quad V_{cb,Rd} = 777,81 \text{ kN}$$

$$V_{sd} < V_{cb,Rd} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

**VI-5-b) Paramètres géométriques de l'assemblage :**

**-Longueurs efficaces et paramètres – platine d'about :**

Nr	m	m <sub>x</sub>	e	e <sub>x</sub>	p	l <sub>eff,cp</sub>	l <sub>eff,nc</sub>	l <sub>eff,1</sub>	l <sub>eff,2</sub>	l <sub>eff,cp,g</sub>	l <sub>eff,nc,g</sub>	l <sub>eff,1,g</sub>	l <sub>eff,2,g</sub>
1	58	-	75	-	100	366	357	357	357	283	244	244	244
2	58	-	75	-	100	366	326	326	326	200	100	100	100
3	58	-	75	-	100	366	367	366	367	283	254	254	254

**m** : Distance du boulon de l'âme

**m<sub>x</sub>** : Distance du boulon de l'aile de la poutre

**e** : Pince entre le boulon et le bord extérieur

**e<sub>x</sub>** : Pince entre le boulon et le bord extérieur horizontal

**p**: Entraxe des boulons

**l<sub>eff,cp</sub>**: Longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes circulaires

**l<sub>eff,nc</sub>** :Longueur efficace pour un boulon dans les mécanismes non circulaires

**l<sub>eff,1</sub>** : Longueur efficace pour un boulon pour le mode 1

**l<sub>eff,2</sub>** :Longueur efficace pour un boulon pour le mode 2

**l<sub>eff,cp,g</sub>** :Longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes circulaires

**l<sub>eff,nc,g</sub>** :Longueur efficace pour un groupe de boulons dans les mécanismes non circulaires

**l<sub>eff,1,g</sub>** : Longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 1

**l<sub>eff,2,g</sub>** : Longueur efficace pour un groupe de boulons pour le mode 2

Chapitre VI: les assemblages

-les boulons utilisés sont de classe HR 8.8 leur caractéristique sont comme suit :

$d = 18$  Diamètre du boulon

Classe =HR 8.8

$F_{tRd} = 124,42$  kN Résistance du boulon à la traction

$n_h = 2$  Nombre de colonnes des boulons

$n_v = 3$  Nombre de rangés des boulons

$h_1 = 110$  mm Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about

Ecartement  $e_i = 150$  mm

Entraxe  $p_i = 100; 100$  mm

**-Vérification de l'ensemble :**

**-A la traction :**

La résistance à la traction est vérifiée si la condition suivante est satisfaite :

$$N_{sd} \leq N_{j,Rd}$$

$N_{j,Rd}$  : Résistance de l'assemblage à la traction

$N_{sd} = 107,53$  kN et  $N_{j,Rd} = 746,50$  kN

$$N_{sd} < N_{j,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

**-A la flexion:**

La résistance à la flexion est vérifié si :  $M_{sd} \leq M_{j,Rd}$

$M_{j,Rd}$  : Résistance de l'assemblage à la flexion

$$M_{j,Rd} = 104,58 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{sd} = 15,62 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{sd} \leq M_{j,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

**Au cisaillement :**

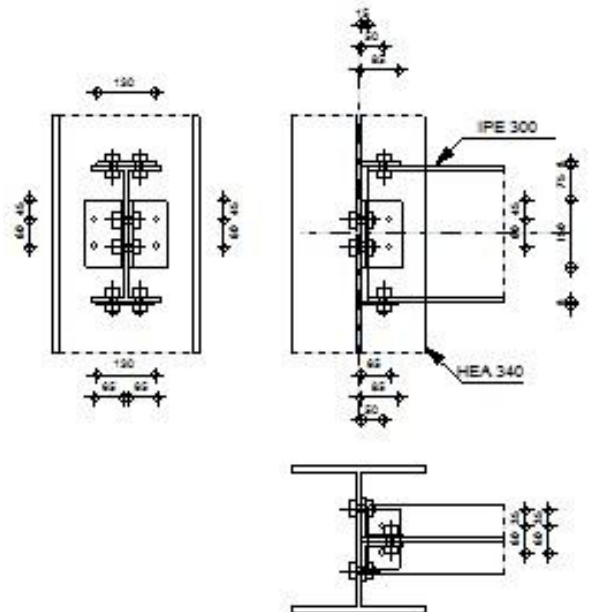
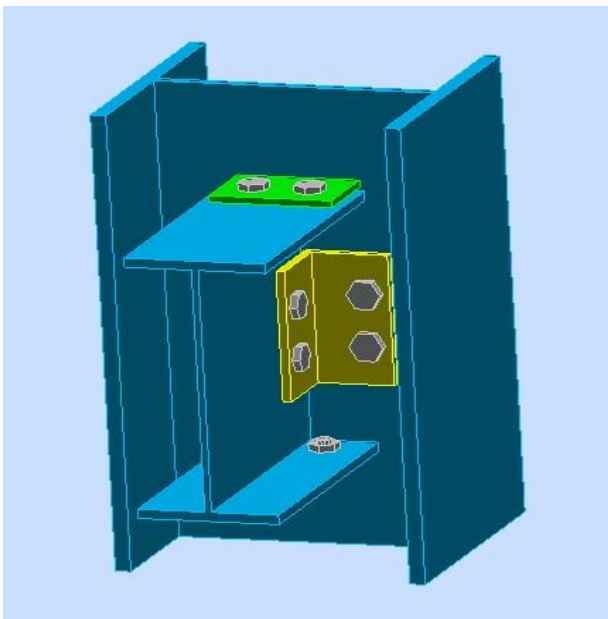
On doit vérifier que :  $V_{sd} \leq V_{j,Rd}$

$V_{j,Rd}$  : Résistance de l'assemblage au cisaillement

$$V_{j,Rd} = 144,30 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{j,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

**VI-6) Assemblage Panne –Poteau :**



**Figure 16 :Assemblage Panne –Poteau**

Cet assemblage est réalisé à l'aide d'une cornière **CAE 90x9**, il est sollicité par des efforts sous la combinaison de charge suivante : (G+g) +1,5V.

Les boulons utilisés sont de classe HR 8.8 et de diamètre  $d=16$  mm et  $d_0 = d+2 = 18$ mm

**Les efforts sollicitants :**

- Un moment fléchissant :  $M_{sd} = -5,16$  kN\*m
- Un effort tranchant :  $V_{sd} = 0,20$ kN
- Un effort normal :  $N_{sd} = 44,12$  kN

**VI-6-a) Vérification de l'assemblage :**

**-Boulons (Poteau-Cornière):**

**-Au cisaillement:**

La condition à vérifier est :

$$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx} \quad \text{et} \quad |F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz}$$

On a :

Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x :  $F_{x,Ed} = 0,11$  kN

Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z :  $F_{z,Ed} = 0,05$  kN

Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x :  $F_{Rdx} = 29,03$  kN

Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z :  $F_{Rdz} = 29,03$  kN

$$F_{x,Ed} = 0,11 \text{ kN} < F_{Rdx} = 29,03 \text{ kN} \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$F_{z,Ed} = 0,05 \text{ kN} < F_{Rdz} = 29,03 \text{ kN} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Chapitre VI: les assemblages

**-A la traction:**

Condition à vérifier :  $F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$

L'effort de traction dans les boulons est  $F_{t,Ed} = 4,57$  kN et l'effort de la résistance à la traction  $F_{t,Rd} = 124,42$ kN

$$\longrightarrow \quad F_{t,Ed} < F_{t,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

**-Boulons (Panne-Cornière):**

**Cisaillement :**

**On a:**

$$F_{x,Ed} = 9,13\text{kN} \quad \text{et} \quad F_{Rdx} = 76,79\text{kN}$$

$$F_{Rdz} = 29,03 \text{ kN} \quad \quad \quad F_{z,Ed} = 71,41\text{kN}$$

$$F_{x,Ed} < F_{Rdx} \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$F_{z,Ed} < F_{Rdz} \dots\dots\dots\text{OK}$$

## VI-6-b) Vérification de la section pour le cisaillement de bloc :

### **-La cornière :**

Il faut vérifier que  $\frac{1}{2} V_{sd} \leq V_{eff,Rd}$

$V_{eff,Rd}$  : Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous

$$V_{sd} = 0,20 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{2} V_{sd} = 0,10 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 116,27 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} V_{sd} < V_{eff,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

### **-La poutre :**

Il faut vérifier que  $V_{sd} \leq V_{eff,Rd}$

$$V_{eff,Rd} = 189,89 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 0,20 \text{ kN}$$

$$V_{sd} < V_{eff,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

-Deux raidisseurs sont place sur l'aile supérieure et inférieure de la panne à l'aide des boulons HR8.8 et soudés au poteau pour diminuer l'effet de cisaillement dans la cornière dans le sens z-z.

Pour la vérification de ces éléments, voir la note de calcul « assemblage panne-poteau »

## VI-7) Les palées de stabilité :

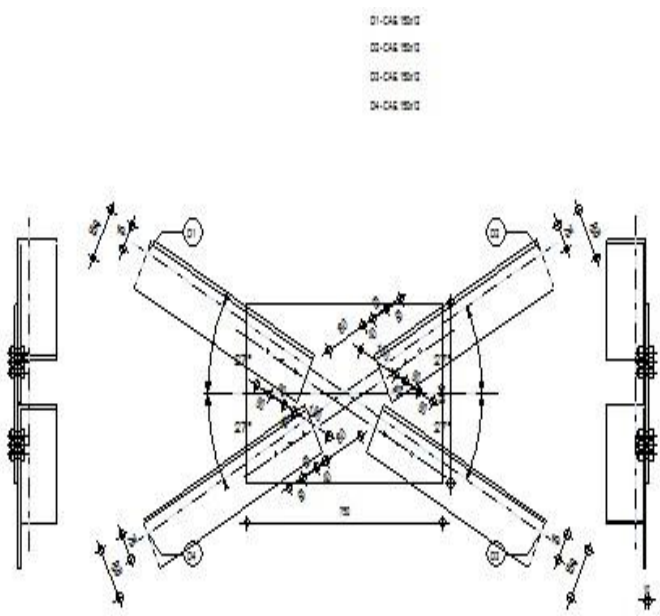
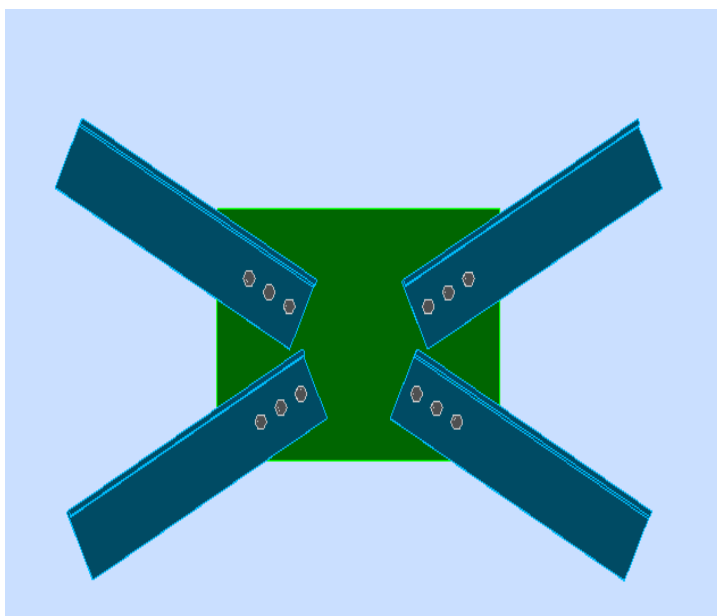


Figure 17 :Assemblage palées de stabilité

## VI-7-a) Vérification de cet assemblage :

### **-Barre 1 :**

#### **-Les Boulons :**

Les boulons sont de classe de 8,8 et les efforts appliqués sur eux sont :

Dans la direction x-x :

$$F_{x,sd} = 16,08 \text{ kN}$$

Dans la direction z-z :

$$F_{z,sd} = 13,57 \text{ kN}$$

Ces deux efforts doivent être inférieurs ou égale à  $F_{x,Rd}$  et  $F_{z,Rd}$ , Résistances résultantes de calcul du boulon sur la direction x-x et sur la direction z-z respectivement.

Le logiciel nous donne ces deux valeurs :

$$F_{x,Rd} = 77,21 \text{ kN}$$

$$F_{z,Rd} = 77,21 \text{ kN}$$

$$F_{x,sd} < F_{x,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$F_{z,sd} < F_{z,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

—————> ces boulons peuvent résister à la pression diamétrale

Chapitre VI: les assemblages

#### **-La section de la poutre affaiblie par les trous :**

La condition à vérifier est la suivante :

$$N_{sd} \leq N_{u,Rd} \quad \text{avec } N_{sd} = 48,23\text{kN et } N_{u,Rd} = 533,25 \text{ kN}$$

$$N_{sd} \leq N_{pl,Rd} \quad N_{pl,Rd} = 736,75 \text{ kN}$$

$N_{sd}$  : l'effort sollicitant

$N_{u,Rd}$  : Résistance de calcul de la section nette

$N_{pl,Rd}$  : Résistance de calcul plastique de la section brute.

$$N_{sd} < N_{u,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$N_{sd} < N_{pl,Rd} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Pour la vérification des autres barres, voir la note de calcul de cet assemblage.



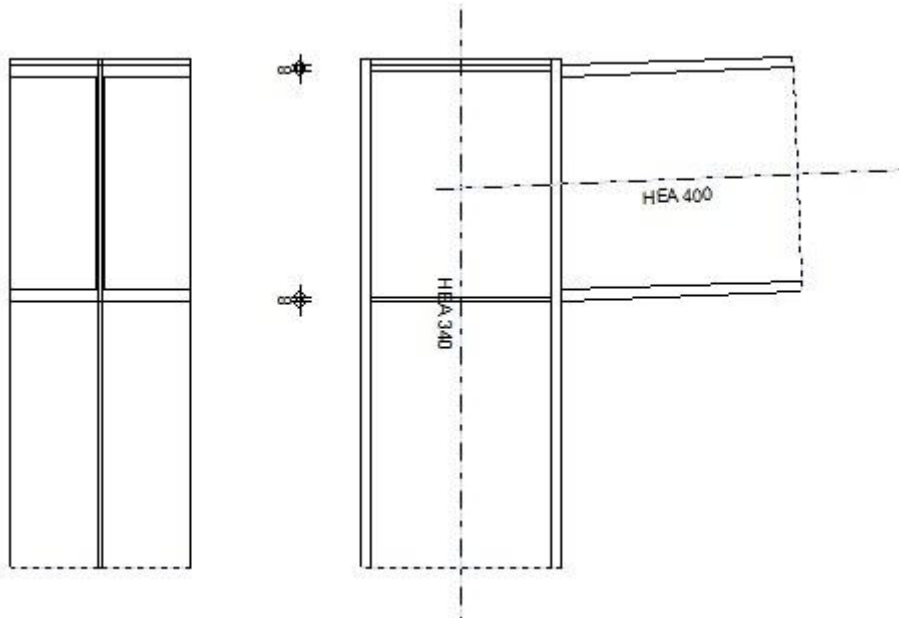
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013

## Calcul de l'Encastrement par soudure Traverse-Poteau

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

OK

Ratio  
0,04



## Général

Assemblage N° : 1

Nom de l'assemblage : Angle de portique

Noeud de la structure : 498

Barres de la structure : 427, 509

## Géométrie

### Poteau

Profilé : HEA 340

Barre N° : 427

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_c =$	330	[mm]	Hauteur de la section du poteau
$b_{fc} =$	300	[mm]	Largeur de la section du poteau
$t_{wc} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section du poteau
$t_{fc} =$	17	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	27	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	133,47	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du poteau
$I_{xc} =$	27693,10	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau : ACIER

$f_{yc} =$  235,00 [MPa] Résistance

### Poutre

Profilé : HEA 400

Profilé : HEA 400

Barre N° : 509

$\alpha =$	2,4	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_b =$	390	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_f =$	300	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wb} =$	11	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section de la poutre
$t_{fb} =$	19	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la poutre
$r_b =$	27	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$r_b =$	27	[mm]	Rayon de congé de la section de la poutre
$A_b =$	158,98	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section de la poutre
$I_{xb} =$	45069,40	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la poutre

Matériau : ACIER

$f_{yb} =$  235,00 [MPa] Résistance

## Raidisseur poteau

### Supérieur

$h_{su} =$	297	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{su} =$	145	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hu} =$	8	[mm]	Epaisseur du raidisseur

Matériau : S 235

$f_{ysu} =$  235,00 [MPa] Résistance

### Inférieur

$h_{sd} =$	297	[mm]	Hauteur du raidisseur
$b_{sd} =$	145	[mm]	Largeur du raidisseur
$t_{hd} =$	8	[mm]	Epaisseur du raidisseur

Matériau : S 235

$f_{ysu} =$  235,00 [MPa] Résistance

## Soudures d'angle

$a_w =$	8	[mm]	Soudure âme
$a_f =$	14	[mm]	Soudure semelle
$a_s =$	8	[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 : 23: ELUV3 (1+15)\*1.00+17\*1.50

$M_{b1,Ed} =$	-4,94	[kN*m]	Moment fléchissant dans la poutre droite
$V_{b1,Ed} =$	-3,60	[kN]	Effort tranchant dans la poutre droite
$N_{b1,Ed} =$	-51,44	[kN]	Effort axial dans la poutre droite
$M_{c1,Ed} =$	4,87	[kN*m]	Moment fléchissant dans la poteau inférieur
$V_{c1,Ed} =$	-33,82	[kN]	Effort tranchant dans le poteau inférieur
$N_{c1,Ed} =$	3,97	[kN]	Effort axial dans le poteau inférieur

## Résultats

### Résistances de la poutre

#### COMPRESSION

$A_b =$  158,98 [cm<sup>2</sup>] Aire de la section EN1993-1-1:[6.2.4]

$$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$N_{cb,Rd} =$  3735,98 [kN] Résistance de calcul de la section à la compression EN1993-1-1:[6.2.4]

$N_{b1,Ed} / N_{cb,Rd} \leq 1,0$  0,01 < 1,00 **vérifié** (0,01)

#### CISAILLEMENT

$A_{vb} =$  57,33 [cm<sup>2</sup>] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$$

$V_{cb,Rd} =$  777,81 [kN] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$  0,00 < 1,00 **vérifié** (0,00)

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

$W_{plb} =$  2561,97 [cm<sup>3</sup>] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$M_{b,pl,Rd} =$  602,06 [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

$W_{pl} =$  2561,97 [cm<sup>3</sup>] Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5]

$$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$$M_{cb,Rd} = 602,06 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Résistance de calcul de la section à la flexion} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5]}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{cb,Rd} \leq 1,0 \quad 0,01 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,01)$$

### AILE ET AME EN COMPRESSION

$$M_{cb,Rd} = 602,06 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Résistance de calcul de la section à la flexion} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5]}$$

$$h_f = 371 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distance entre les centres de gravité des ailes} \quad [6.2.6.7.(1)]$$

$$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1621,42 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de l'aile et de l'âme comprimées} \quad [6.2.6.7.(1)]$$

### EFFORTS AXIAUX DANS LES MEMBRURES DE LA POUTRE

$$h_f = 371 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distance entre les centres de gravité des ailes}$$

$$e_N = 0 \quad [\text{mm}] \quad \text{Excentricité de l'effort axial}$$

$$N_{upp} = N_{b1,Ed} / 2 + (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$$

$$N_{upp} = -39,03 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort axial dans la membrure supérieure de la poutre}$$

$$N_{low} = N_{b1,Ed} / 2 - (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$$

$$N_{low} = -12,41 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort axial dans la membrure inférieure de la poutre}$$

## Résistances du poteau

### PANNEAU D'AME EN CISAILLEMENT

$$M_{b1,Ed} = -4,94 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Moment fléchissant dans la poutre droite} \quad [5.3.(3)]$$

$$M_{b2,Ed} = 0,00 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Moment fléchissant dans la poutre gauche} \quad [5.3.(3)]$$

$$V_{c1,Ed} = -33,82 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort tranchant dans le poteau inférieur} \quad [5.3.(3)]$$

$$V_{c2,Ed} = 0,00 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort tranchant dans le poteau supérieur} \quad [5.3.(3)]$$

$$z = 371 \quad [\text{mm}] \quad \text{Bras de levier} \quad [6.2.5]$$

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

$$V_{wp,Ed} = 3,60 \quad [\text{kN}] \quad \text{Panneau d'âme en cisaillement} \quad [5.3.(3)]$$

$$A_{vs} = 44,95 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Aire de cisaillement de l'âme du poteau} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$A_{vc} = 44,95 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Aire de la section au cisaillement} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$d_s = 382 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distance entre les centres de gravités des raidisseurs} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 4,80 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Résistance plastique de l'aile du poteau en flexion} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{pl,stu,Rd} = 1,13 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Résistance plastique du raidisseur transversal supérieur en flexion} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{pl,sti,Rd} = 1,13 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Résistance plastique du raidisseur transversal inférieur en flexion} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$V_{wp,Rd} = 0.9 ( A_{vs} * f_{y,wc} ) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s , (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$$

$V_{wp,Rd} = 579,89$  [kN] Résistance du panneau d'âme au cisaillement [6.2.6.1]

$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$   $0,01 < 1,00$  vérifié (0,01)

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

Pression diamétrale :

$t_{wc} = 10$  [mm] Epaisseur efficace de l'âme du poteau [6.2.6.2.(6)]

$b_{eff,c,wc} = 276$  [mm] Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]

$A_{vc} = 44,95$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\omega = 0,83$  Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]

$\sigma_{com,Ed} = 1,84$  [MPa] Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]

$k_{wc} = 1,00$  Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]

$A_s = 19,81$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$$

$F_{c,wc,Rd1} = 978,84$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Flambement :

$d_{wc} = 243$  [mm] Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]

$\lambda_p = 0,85$  Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]

$\rho = 0,90$  Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]

$\lambda_s = 2,76$  Elancement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$\chi_s = 1,00$  Coefficient de flambement du raidisseur EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$$

$F_{c,wc,Rd2} = 927,31$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

Résistance finale :

$$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$F_{c,wc,Rd} = 927,31$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

$N_{low} / F_{c,wc,Rd,low} \leq 1,0$   $0,01 < 1,00$  vérifié (0,01)

### AME EN TRACTION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFERIEURE DE LA POUTRE

Pression diamétrale :

$t_{wc} = 10$  [mm] Epaisseur efficace de l'âme du poteau [6.2.6.2.(6)]

$b_{eff,c,wc} = 276$  [mm] Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]

$A_{vc} = 44,95$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\omega = 0,83$  Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]

$t_{wc} =$	10	[mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(6)]
$\sigma_{com,Ed} =$	1,84	[MPa]	Contrainte de compression maximale dans l'âme	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1,00		Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression	[6.2.6.2.(2)]
$A_s =$	19,81	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme	EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$$

$F_{c,wc,Rd1} =$	978,84	[kN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
------------------	--------	------	-------------------------------	---------------

Flambement :

$d_{wc} =$	243	[mm]	Hauteur de l'âme comprimée	[6.2.6.2.(1)]
------------	-----	------	----------------------------	---------------

$\lambda_p =$	0,85		Elancement de plaque	[6.2.6.2.(1)]
---------------	------	--	----------------------	---------------

$\rho =$	0,90		Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément	[6.2.6.2.(1)]
----------	------	--	---	---------------

$\lambda_s =$	2,76		Elancement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
---------------	------	--	--------------------------	----------------------

$\chi_s =$	1,00		Coefficient de flambement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
------------	------	--	---	----------------------

$$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$$

$F_{c,wc,Rd2} =$	927,31	[kN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
------------------	--------	------	-------------------------------	---------------

Résistance finale :

$$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$$

$F_{c,wc,Rd,upp} =$	927,31	[kN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
---------------------	--------	------	-------------------------------	---------------

$N_{upp} / F_{c,wc,Rd,upp} \leq 1,0$	0,04 < 1,00	<b>vérifié</b>	(0,04)
--------------------------------------	-------------	----------------	--------

## Résistance des soudures

$A_w =$	205,08	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de toutes les soudures	[4.5.3.2(2)]
---------	--------	--------------------	-----------------------------	--------------

$A_{wy} =$	157,36	[cm <sup>2</sup> ]	Aire des soudures horizontales	[4.5.3.2(2)]
------------	--------	--------------------	--------------------------------	--------------

$A_{wz} =$	47,72	[cm <sup>2</sup> ]	Aire des soudures verticales	[4.5.3.2(2)]
------------	-------	--------------------	------------------------------	--------------

$I_{wy} =$	58884,97	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz.	[4.5.3.2(5)]
------------	----------	--------------------	--	--------------

$\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max} =$	-3,71	[MPa]	Contrainte normale dans la soudure	[4.5.3.2(5)]
---	-------	-------	------------------------------------	--------------

$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	-3,39	[MPa]	Contraintes dans la soudure verticale	[4.5.3.2(5)]
-----------------------------------	-------	-------	---------------------------------------	--------------

$\tau_{\parallel} =$	-0,76	[MPa]	Contrainte tangentielle	[4.5.3.2(5)]
----------------------	-------	-------	-------------------------	--------------

$\beta_w =$	0,80		Coefficient de corrélation	[4.5.3.2(7)]
-------------	------	--	----------------------------	--------------

$\sqrt{[\sigma_{\perp max}^2 + 3*(\tau_{\perp max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	7,42 < 365,00	<b>vérifié</b>	(0,02)
---	---------------	----------------	--------

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	6,91 < 365,00	<b>vérifié</b>	(0,02)
--	---------------	----------------	--------

$\sigma_{\perp} \leq 0.9*f_u / \gamma_{M2}$	3,71 < 262,80	<b>vérifié</b>	(0,01)
---	---------------	----------------	--------

## Rigidité de l'assemblage

$k_2 =$	$\infty$	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)]
$S_{j,ini} =$	$E z^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_3)$		[6.3.1.(4)]
$S_{j,ini} =$	$\infty$	Rigidité en rotation initiale	[6.3.1.(4)]
$\eta =$	2,00	Coefficient de rigidité de l'assemblage	[5.1.2.(4)]
$S_j =$	$S_{j,ini} / \eta$		[6.3.1.(4)]
$S_j =$	$\infty$	Rigidité en rotation finale	[6.3.1.(4)]

**Classification de l'assemblage par rigidité.**

$S_{j,rig} =$	104347,38	[kN*m]	Rigidité de l'assemblage rigide	[5.2.2.5]
$S_{j,pin} =$	6521,71	[kN*m]	Rigidité de l'assemblage articulé	[5.2.2.5]

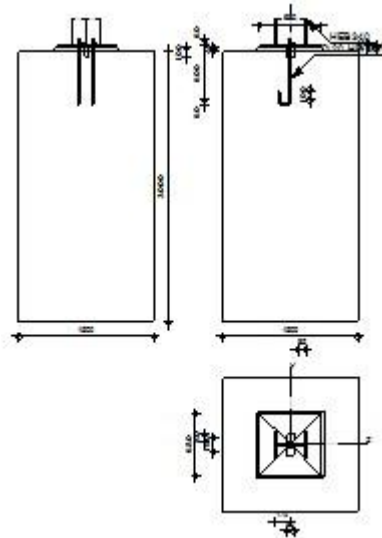
$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$  RIGIDE

**Composant le plus faible :**

AME DU POTEAU EN COMPRESSION AU NIVEAU DE L'AILE SUPERIEURE DE LA POUTRE

<b>Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme</b>	<b>Ratio</b>	0,04
--	--------------	------

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013 <b>Calcul du Pied de Poteau articulé</b>	
	Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of	Ratio



## Général

Assemblage N° : 10

Nom de l'assemblage : Pied de poteau articulé

Noeud de la structure : 571

Barres de la structure : 464

## Géométrie

### Poteau

Profilé : HEB 340

Barre N° : 464

$L_c =$	9,33	[m]	Longueur du poteau
$\alpha =$	0,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_c =$	340	[mm]	Hauteur de la section du poteau
$b_{fc} =$	300	[mm]	Largeur de la section du poteau
$t_{wc} =$	12	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section du poteau
$t_{fc} =$	22	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	27	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	170,90	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du poteau
$I_{yc} =$	36656,40	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la section du poteau
Matériau : ACIER			
$f_{yc} =$	235,00	[MPa]	Résistance
$f_{uc} =$	365,00	[MPa]	Résistance ultime du matériau

## Platine de prescellement

$l_{pd} = 680$  [mm] Longueur

$b_{pd} = 680$  [mm] Largeur

$t_{pd} = 30$  [mm] Epaisseur

Matériau : S 235

$f_{ypd} = 235,00$  [MPa] Résistance

$f_{upd} = 360,00$  [MPa] Résistance ultime du matériau

## Ancrage

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

Classe = HR 8.8 Classe de tiges d'ancrage

$f_{yb} = 640,00$  [MPa] Limite de plasticité du matériau du boulon

$f_{ub} = 900,00$  [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction

$d = 20$  [mm] Diamètre du boulon

$A_s = 2,45$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section efficace du boulon

$A_v = 3,14$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon

$n = 2$  Nombre de rangées des boulons

$e_v = 150$  [mm] Entraxe

### Dimensions des tiges d'ancrage

$L_1 = 60$  [mm]

$L_2 = 600$  [mm]

$L_3 = 120$  [mm]

$L_4 = 100$  [mm]

### Plaquette

$l_{wd} = 80$  [mm] Longueur

$b_{wd} = 80$  [mm] Largeur

$t_{wd} = 20$  [mm] Epaisseur

## Bêche

Profilé : IPE 100

$l_w = 100$  [mm] Longueur

Matériau : S 235

$f_{yw} = 235,00$  [MPa] Résistance

## 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 =	1500	[mm]	Longueur de la semelle
B =	1500	[mm]	Largeur de la semelle
H =	3000	[mm]	Hauteur de la semelle

## Béton

Classe C20/25

$f_{ck} =$	20,00	[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
$C_{f,d} =$	0,30		Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton

## Soudures

$a_p =$	8	[mm]	Plaque principale du pied de poteau
$a_w =$	4	[mm]	Bêche

## Efforts

Cas : 21: ELUV1 (1+15) \*1.00+10\*1.50

$N_{j,Ed} =$	-30,72	[kN]	Effort axial
$V_{j,Ed,y} =$	21,19	[kN]	Effort tranchant
$V_{j,Ed,z} =$	56,56	[kN]	Effort tranchant

## Résultats

### Zone comprimée

#### COMPRESSION DU BETON

$f_{cd} =$	13,33	[MPa]	Résistance de calcul à la compression	EN 1992-1:[3.1.6.(1)]
$f_j =$	19,61	[MPa]	Résistance de calcul du matériau du joint sous la plaque d'assise	[6.2.5.(7)]
$c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{M0}))}$				
c =	60	[mm]	Largeur de l'appui additionnelle	[6.2.5.(4)]

$$c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}))}$$

$c =$  60 [mm] Largeur de l'appui additionnelle [6.2.5.(4)]

$b_{eff} =$  141 [mm] Largeur efficace de la semelle de tronçon T [6.2.5.(3)]

$l_{eff} =$  420 [mm] Longueur efficace de la semelle de tronçon en T [6.2.5.(3)]

$A_{c0} =$  593,88 [cm<sup>2</sup>] Zone de contact de la plaque d'assise avec la fondation EN 1992-1:[6.7.(3)]

$A_{c1} =$  5344,91 [cm<sup>2</sup>] Aire de calcul maximale de la répartition de la charge EN 1992-1:[6.7.(3)]

$$F_{rd,u} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd}$$

$A_{c1} =$  5344,91 [cm<sup>2</sup>] Aire de calcul maximale de la répartition de la charge EN 1992-1:[6.7.(3)]

$\beta_j =$  0,67 Coefficient réducteur pour la compression [6.2.5.(7)]

$$f_{jd} = \beta_j \cdot F_{rd,u} / (b_{eff} \cdot l_{eff})$$

$f_{jd} =$  26,67 [MPa] Résistance de calcul du matériau du joint [6.2.5.(7)]

$A_{c,n} =$  1421,36 [cm<sup>2</sup>] Aire de compression efficace [6.2.8.2.(1)]

$$F_{c,Rd,i} = A_{c,i} \cdot f_{jd}$$

$F_{c,Rd,n} =$  3790,30 [kN] Résistance du béton à la compression [6.2.8.2.(1)]

## RESISTANCE DE LA SEMELLE DANS LA ZONE COMPRIMEE

$$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$$

$N_{j,Rd} =$  3790,30 [kN] Résistance de la semelle à la compression axiale [6.2.8.2.(1)]

## Contrôle de la résistance de l'assemblage

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$  (6.24) 0,01 < 1,00 **vérifié** (0,01)

## Cisaillement

### PRESSION DU BOULON D'ANCRAGE SUR LA PLAQUE D'ASSISE

#### Cisaillement

#### par l'effort

$$V_{j,Ed,y}$$

$\alpha_{d,y} =$  4,02 Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$\alpha_{b,y} =$  1,00 Coef. pour les calculs de la résistance  $F_{1,vb,Rd}$  [Tableau 3.4]

$k_{1,y} =$  2,50 Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} =$  432,00 [kN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

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

$\alpha_{d,z} =$  2,58 Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$\alpha_{b,z} =$  1,00 Coef. pour les calculs de la résistance  $F_{1,vb,Rd}$  [Tableau 3.4]

$\alpha_{d,z} = 2,58$  Coef. d'emplacement des boulons en direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$k_{1,z} = 2,50$  Coef. d'emplacement des boulons perpendiculairement à la direction du cisaillement [Tableau 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,z} = 432,00$  [kN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

### CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE

$\alpha_b = 0,25$  Coef. pour les calculs de la résistance  $F_{2,vb,Rd}$  [6.2.2.(7)]

$A_{vb} = 3,14$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon [6.2.2.(7)]

$f_{ub} = 900,00$  [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction [6.2.2.(7)]

$\gamma_{M2} = 1,25$  Coefficient de sécurité partiel [6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$$

$F_{2,vb,Rd} = 56,10$  [kN] Résistance du boulon au cisaillement - sans effet de levier [6.2.2.(7)]

$\alpha_M = 2,00$  Coef. dépendant de l'ancrage du boulon dans la fondation CEB [9.3.2.2]

$M_{Rk,s} = 0,75$  [kN\*m] Résistance caractéristique de l'ancrage à la flexion CEB [9.3.2.2]

$l_{sm} = 50$  [mm] Longueur du bras de levier CEB [9.3.2.2]

$\gamma_{Ms} = 1,20$  Coefficient de sécurité partiel CEB [3.2.3.2]

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

$F_{v,Rd,sm} = 25,13$  [kN] Résistance du boulon au cisaillement - avec l'effet de levier CEB [9.3.1]

### RUPTURE DU BETON PAR EFFET DE LEVIER

$N_{Rk,c} = 272,19$  [kN] Résistance de calc. pour le soulèvement CEB [9.2.4]

$k_3 = 2,00$  Coef. dépendant de la longueur de l'ancrage CEB [9.3.3]

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

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

$F_{v,Rd,cp} = 252,02$  [kN] Résistance du béton à l'effet de levier CEB [9.3.1]

### ECRASEMENT DU BORD DU BETON

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

$V_{Rk,cy}^0 = 1315,13$  [kN] Résistance caractéristique du boulon d'ancrage CEB [9.3.4.(a)]

$\psi_{A,V,y} = 0,57$  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)]

$\psi_{s,V,y} = 0,87$  Coef. d'influence des bords parallèles à l'effort de cisaillement CEB [9.3.4.(d)]

$V_{Rk,c,y}^0 =$	1315, [k 13 N]	Résistance caractéristique du boulon d'ancrage	CEB [9.3.4.(a)]
$\Psi_{ec,V,y} =$	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]

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

$F_{V,Rd,c,y} = 304,08$  [kN] Résistance du béton pour l'écrasement du bord CEB [9.3.1]

### Cisaillement par l'effort

$V_{J,Ed,z}$

$V_{Rk,c,z}^0 =$	1047,50 [kN]	Résistance caractéristique du boulon d'ancrage	CEB [9.3.4.(a)]
$\Psi_{A,V,z} =$	0,78	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)]
$\Psi_{s,V,z} =$	0,93	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]

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

$F_{V,Rd,c,z} = 350,96$  [kN] Résistance du béton pour l'écrasement du bord CEB [9.3.1]

### GLISSEMENT DE LA SEMELLE

$C_{f,d} =$	0,30	Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton	[6.2.2.(6)]
$N_{c,Ed} =$	30,72 [kN]	Effort de compression	[6.2.2.(6)]
$F_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,Ed}$			
$F_{f,Rd} =$	9,22 [kN]	Résistance au glissement	[6.2.2.(6)]

### CONTACT DE LA CALE D'ARRÊT AVEC BETON

$$F_{V,Rd,wg,y} = 1.4 * I_w * b_{wy} * f_{ck} / \gamma_c$$

$F_{V,Rd,wg,y} = 186,67$  [kN] Résistance au contact de la cale d'arrêt avec béton

$$F_{V,Rd,wg,z} = 1.4 * I_w * b_{wz} * f_{ck} / \gamma_c$$

$F_{V,Rd,wg,z} = 102,67$  [kN] Résistance au contact de la cale d'arrêt avec béton

## CONTROLE DU CISAILLEMENT

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

$$V_{j,Rd,y} = 246,15 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de l'assemblage au cisaillement} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0 \quad 0,09 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,09)$$

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

$$V_{j,Rd,z} = 162,15 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de l'assemblage au cisaillement} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

$$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0,35 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,35)$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0,43 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,43)$$

## Soudures entre le poteau et la plaque d'assise

$$\sigma_{\perp} = 1,15 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Contrainte normale dans la soudure} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\tau_{\perp} = 1,15 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Contrainte tangentielle perpendiculaire} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\tau_{yII} = 2,25 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Contrainte tangentielle parallèle à } V_{j,Ed,y} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\tau_{zII} = 11,90 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Contrainte tangentielle parallèle à } V_{j,Ed,z} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\beta_W = 0,80 \quad \text{Coefficient dépendant de la résistance} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\sigma_{\perp} / (0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1,0 \quad (4.1) \quad 0,00 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3,0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1,0 \quad (4.1) \quad 0,01 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,01)$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3,0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1,0 \quad (4.1) \quad 0,06 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,06)$$

## Composant le plus faible :

BOULON D'ANCRAGE AU CISAILLEMENT - AVEC EFFET DE LEVIER

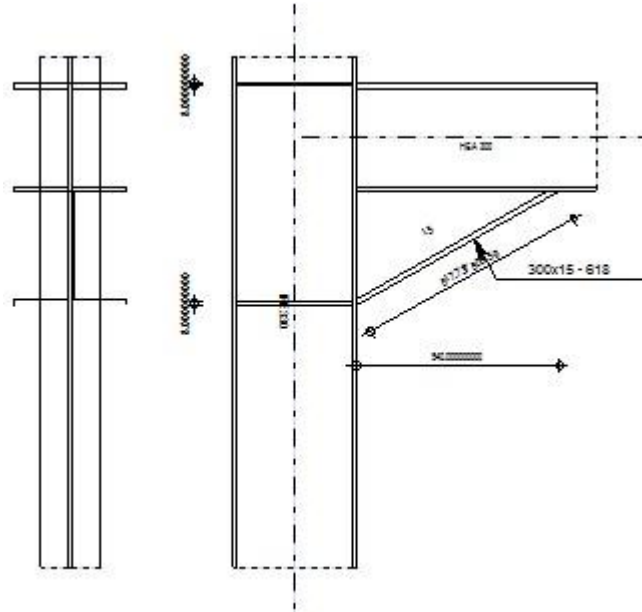
<b>Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme</b>	Ratio	0,43
--	-------	------



# Calcul de l'Encastrement par soudure Traverse-Poteau

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

Ratio  
0,12



## Général

Assemblage N° : 2

Nom de l'assemblage : Poutre - poteau

Noeud de la structure : 98

Barres de la structure : 1845, 873

## Géométrie

### Poteau

Profilé : IPE 330

Barre N° : 1845

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_c =$	330,00000000	[mm]	Hauteur de la section du poteau
$b_{fc} =$	160,00000000	[mm]	Largeur de la section du poteau
$t_{wc} =$	7,50000000	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section du poteau
$t_{fc} =$	11,50000000	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	18,00000000	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	62,61	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du poteau
$I_{xc} =$	11766,90	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau : ACIER

$f_{yc} = 235,00$  [MPa] Résistance

## Poutre

Profilé : HEA 300

Barre N° : 873

$\alpha = -0,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_b = 290,000000000$  [mm] Hauteur de la section de la poutre  
 $b_f = 300,000000000$  [mm] Largeur de la section de la poutre  
 $t_{wb} = 8,500000000$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre  
 $t_{fb} = 14,000000000$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre  
 $r_b = 27,000000000$  [mm] Rayon de congé de la section de la poutre  
 $r_b = 27,000000000$  [mm] Rayon de congé de la section de la poutre  
 $A_b = 112,53$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section de la poutre  
 $I_{xb} = 18263,50$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la poutre

Matériau : ACIER

$f_{yb} = 235,00$  [MPa] Résistance

## Jarret inférieur

$w_d = 300,000000000$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_{fd} = 15,000000000$  [mm] Epaisseur de l'aile  
 $h_d = 300,000000000$  [mm] Hauteur de la platine  
 $t_{wd} = 15,000000000$  [mm] Epaisseur de l'âme  
 $l_d = 540,000000000$  [mm] Longueur de la platine  
 $\alpha = 29,1$  [Deg] Angle d'inclinaison

Matériau : S 235

$f_{ybu} = 235,00$  [MPa] Résistance

## Raidisseur poteau

### Supérieur

$h_{su} = 307,000000000$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{su} = 76,250000000$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hu} = 8,000000000$  [mm] Epaisseur du raidisseur

Matériau : S 235

$f_{ysu} = 235,00$  [MPa] Résistance

## Inférieur

$h_{sd} = 307,000000000$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{sd} = 76,250000000$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hd} = 8,000000000$  [mm] Epaisseur du raidisseur

Matériau : S 235

$f_{ysu} = 235,00$  [MPa] Résistance

## Soudures d'angle

$a_w = 6,000000000$  [mm] Soudure âme  
 $a_f = 10,000000000$  [mm] Soudure semelle  
 $a_s = 6,000000000$  [mm] Soudure du raidisseur  
 $a_{fd} = 5,000000000$  [mm] Soudure horizontale

## 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 : 4: Pont Roulant 1 /39/ 4/39\*1.00

$M_{b1,Ed} = 28,51$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poutre droite  
 $V_{b1,Ed} = 135,99$  [kN] Effort tranchant dans la poutre droite  
 $N_{b1,Ed} = 0,02$  [kN] Effort axial dans la poutre droite  
 $M_{b2,Ed} = 2,90$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poutre gauche  
 $V_{b2,Ed} = 3,28$  [kN] Effort tranchant dans la poutre gauche  
 $N_{b2,Ed} = -0,08$  [kN] Effort axial dans la poutre gauche  
 $M_{c1,Ed} = -11,92$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poteau inférieur  
 $V_{c1,Ed} = -3,01$  [kN] Effort tranchant dans le poteau inférieur  
 $N_{c1,Ed} = -118,57$  [kN] Effort axial dans le poteau inférieur  
 $M_{c2,Ed} = -0,08$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poteau supérieur  
 $V_{c2,Ed} = -0,04$  [kN] Effort tranchant dans le poteau supérieur  
 $N_{c2,Ed} = 20,69$  [kN] Effort axial dans le poteau supérieur

# Résultats

## Résistances de la poutre

### TRACTION

$A_b = 112,53 \text{ [cm}^2\text{]}$  Aire de la section EN1993-1-1:[6.2.3]

$$N_{tb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$N_{tb,Rd} = 2644,41 \text{ [kN]}$  Résistance de calcul de la section à la traction EN1993-1-1:[6.2.3]

$N_{b1,Ed} / N_{tb,Rd} \leq 1,0$   $0,00 < 1,00$  **vérifié** (0,00)

### CISAILLEMENT

$A_{vb} = 82,28 \text{ [cm}^2\text{]}$  Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$$

$V_{cb,Rd} = 1116,33 \text{ [kN]}$  Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$   $0,12 < 1,00$  **vérifié** (0,12)

### FLEXION - MOMENT PLASTIQUE (SANS RENFORTS)

$W_{plb} = 1383,40 \text{ [cm}^3\text{]}$  Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$M_{b,pl,Rd} = 325,10 \text{ [kN*m]}$  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

$W_{pl} = 3322,76 \text{ [cm}^3\text{]}$  Facteur plastique de la section EN1993-1-1:[6.2.5]

$$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$M_{cb,Rd} = 780,85 \text{ [kN*m]}$  Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]

$M_{b1,Ed} / M_{cb,Rd} \leq 1,0$   $0,04 < 1,00$  **vérifié** (0,04)

### AILE ET AME EN COMPRESSION

$M_{cb,Rd} = 780,85 \text{ [kN*m]}$  Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]

$h_f = 574,420308216 \text{ [mm]}$  Distance entre les centres de gravité des ailes [6.2.6.7.(1)]

$$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$$

$F_{c,fb,Rd} = 1359,37 \text{ [kN]}$  Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

### AME OU AILE DU RENFORT EN COMPRESSION - NIVEAU DE L'AILE INFÉRIEURE DE LA POUTRE

Pression  
diamétrale  
:

$\beta = 0,0$  [Deg] Angle entre la platine d'about et la poutre

$\gamma = 29,1$  [Deg] Angle d'inclinaison du renfort

$b_{\text{eff,c,wb}} = 264,171161663$  [mm] Largeur efficace de l'âme à la compression [6.2.6.2.(1)]

$A_{\text{vb}} = 37,28$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\omega = 0,86$  Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement [6.2.6.2.(1)]

$\sigma_{\text{com,Ed}} = 16,24$  [MPa] Contrainte de compression maximale dans l'âme [6.2.6.2.(2)]

$k_{\text{wc}} = 1,00$  Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression [6.2.6.2.(2)]

$$F_{\text{c,wb,Rd1}} = [\omega k_{\text{wc}} b_{\text{eff,c,wb}} t_{\text{wb}} f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M0}}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$$

$F_{\text{c,wb,Rd1}} = 816,91$  [kN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

Flambement :

$d_{\text{wb}} = 208,00000000$  [mm] Hauteur de l'âme comprimée [6.2.6.2.(1)]

$\lambda_{\text{p}} = 0,86$  Elancement de plaque [6.2.6.2.(1)]

$\rho = 0,89$  Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément [6.2.6.2.(1)]

$$F_{\text{c,wb,Rd2}} = [\omega k_{\text{wc}} \rho b_{\text{eff,c,wb}} t_{\text{wb}} f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M1}}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$$

$F_{\text{c,wb,Rd2}} = 729,11$  [kN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

Résistance de l'aile du renfort

$$F_{\text{c,wb,Rd3}} = b_{\text{b}} t_{\text{b}} f_{\text{yb}} / (0,8 \gamma_{\text{M0}})$$

$F_{\text{c,wb,Rd3}} = 1321,88$  [kN] Résistance de l'aile du renfort [6.2.6.7.(1)]

Résistance finale :

$$F_{\text{c,wb,Rd,low}} = \text{Min} (F_{\text{c,wb,Rd1}}, F_{\text{c,wb,Rd2}}, F_{\text{c,wb,Rd3}})$$

$F_{\text{c,wb,Rd,low}} = 729,11$  [kN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

$N_{\text{low}} / F_{\text{c,wb,Rd,low}} \leq 1,0$   $0,07 < 1,00$  **vérifié** (0,07)

## EFFORTS AXIAUX DANS LES MEMBRURES DE LA POUTRE

$h_{\text{f}} = 574,420308216$  [mm] Distance entre les centres de gravité des ailes

$e_{\text{N}} = -168,253350702$  [mm] Excentricité de l'effort axial

$$N_{\text{upp}} = N_{b1,Ed} / 2 + (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$$

$$N_{\text{upp}} = 49,66 \text{ [kN]} \text{ Effort axial dans la membrure supérieure de la poutre}$$

$$N_{\text{low}} = N_{b1,Ed} / 2 - (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$$

$$N_{\text{low}} = -49,63 \text{ [kN]} \text{ Effort axial dans la membrure inférieure de la poutre}$$

## Résistances du poteau

### PANNEAU D'ÂME EN CISAILEMENT

$$M_{b1,Ed} = 28,51 \text{ [kN*m]} \text{ Moment fléchissant dans la poutre droite} \quad [5.3.(3)]$$

$$M_{b2,Ed} = 2,90 \text{ [kN*m]} \text{ Moment fléchissant dans la poutre gauche} \quad [5.3.(3)]$$

$$V_{c1,Ed} = -3,01 \text{ [kN]} \text{ Effort tranchant dans le poteau inférieur} \quad [5.3.(3)]$$

$$V_{c2,Ed} = -0,04 \text{ [kN]} \text{ Effort tranchant dans le poteau supérieur} \quad [5.3.(3)]$$

$$z = 574,420308216 \text{ [mm]} \text{ Bras de levier} \quad [6.2.5]$$

$$V_{\text{wp},Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$$

$$V_{\text{wp},Ed} = 46,07 \text{ [kN]} \text{ Panneau d'âme en cisaillement} \quad [5.3.(3)]$$

$$A_{\text{vs}} = 30,81 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de cisaillement de l'âme du poteau} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$A_{\text{vc}} = 30,81 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la section au cisaillement} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$d_s = 582,0000 \text{ [mm]} \text{ Distance entre les centres de gravités des raidisseurs} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{\text{pl},fc,Rd} = 1,24 \text{ [kN*m]} \text{ Résistance plastique de l'aile du poteau en flexion} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{\text{pl},stu,Rd} = 0,60 \text{ [kN*m]} \text{ Résistance plastique du raidisseur transversal supérieur en flexion} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{\text{pl},stl,Rd} = 0,60 \text{ [kN*m]} \text{ Résistance plastique du raidisseur transversal inférieur en flexion} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$V_{\text{wp},Rd} = 0.9 ( A_{\text{vs}} * f_{y,wc} ) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{\text{pl},fc,Rd} / d_s, (2 M_{\text{pl},fc,Rd} + M_{\text{pl},stu,Rd} + M_{\text{pl},stl,Rd}) / d_s)$$

$$V_{\text{wp},Rd} = 382,54 \text{ [kN]} \text{ Résistance du panneau d'âme au cisaillement} \quad [6.2.6.1]$$

$$V_{\text{wp},Ed} / V_{\text{wp},Rd} \leq 1,0 \quad 0,12 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,12)$$

### ÂME EN COMPRESSION TRANSVERSALE - NIVEAU DE L'AILE INFÉRIEURE DE LA POUTRE

Pression  
diamétrale  
:

$$t_{\text{wc}} = 7,500000000 \text{ [mm]} \text{ Épaisseur efficace de l'âme du poteau} \quad [6.2.6.2.(6)]$$

$$b_{\text{eff},c,wc} = 192,943654808 \text{ [mm]} \text{ Largeur efficace de l'âme à la compression} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

$$A_{\text{vc}} = 30,81 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ Aire de la section au cisaillement} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

Pression  
diamétrale  
:

$t_{wc} =$	7,500000000 [mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(6)]
$\omega =$	0,91	Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	32,66 [MPa]	Contrainte de compression maximale dans l'âme	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1,00	Coefficient réducteur dû aux contraintes de compression	[6.2.6.2.(2)]
$A_s =$	12,20 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme	EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$$

$F_{c,wc,Rd1} =$	594,68 [kN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
------------------	-------------	-------------------------------	---------------

Flambement :

$d_{wc} =$	271,00000000 [mm]	Hauteur de l'âme comprimée	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	0,95	Elancement de plaque	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0,83	Coefficient réducteur pour le flambement de l'élément	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s =$	5,73	Elancement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s =$	1,00	Coefficient de flambement du raidisseur	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$$

$F_{c,wc,Rd2} =$	542,53 [kN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
------------------	-------------	-------------------------------	---------------

Résistance finale :

$$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$F_{c,wc,Rd} =$	542,53 [kN]	Résistance de l'âme du poteau	[6.2.6.2.(1)]
-----------------	-------------	-------------------------------	---------------

$N_{low} / F_{c,wc,Rd,low} \leq 1,0$	0,09 < 1,00	<b>vérifié</b>	(0,09)
--------------------------------------	-------------	----------------	--------

**AME EN  
TRACTION  
TRANSVERSALE  
- NIVEAU DE  
L'AILE  
SUPERIEURE DE  
LA POUTRE**

$t_{wc} =$	7,500000000 [mm]	Epaisseur efficace de l'âme du poteau	[6.2.6.3.(8)]
$b_{eff,t,wc} =$	189,784271240 [mm]	Largeur efficace de l'âme à la compression	[6.2.6.3.(2)]
$A_{vc} =$	30,81 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section au cisaillement	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	0,91	Coefficient réducteur pour l'interaction avec le cisaillement	[6.2.6.3.(4)]

**AME EN  
TRACTION  
TRANSVERSALE  
- NIVEAU DE  
L'AILE  
SUPERIEURE DE  
LA POUTRE**

$t_{wc} = 7,500000000$  [mm] Epaisseur efficace de l'âme du poteau [6.2.6.3.(8)]

$A_s = 12,20$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du raidisseur renforçant l'âme EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{t,wc,Rd,upp} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{yc} / \gamma_{M0}$$

$F_{t,wc,Rd} = 590,49$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.3.(1)]

$N_{upp} / F_{t,wc,Rd,upp} \leq 1,0$   $0,08 < 1,00$  **vérifié** (0,08)

**Résistance  
des  
soudures**

$A_w = 146,30$  [cm<sup>2</sup>] Aire de toutes les soudures [4.5.3.2(2)]

$A_{wy} = 87,40$  [cm<sup>2</sup>] Aire des soudures horizontales [4.5.3.2(2)]

$A_{wz} = 58,90$  [cm<sup>2</sup>] Aire des soudures verticales [4.5.3.2(2)]

$I_{wy} = 65211,55$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie du système de soudures par rapport à l'axe horiz. [4.5.3.2(5)]

$\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max} = 9,60$  [MPa] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.2(5)]

$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = -8,27$  [MPa] Contraintes dans la soudure verticale [4.5.3.2(5)]

$\tau_{\parallel} = 23,09$  [MPa] Contrainte tangentielle [4.5.3.2(5)]

$\beta_w = 0,80$  Coefficient de corrélation [4.5.3.2(7)]

$\sqrt{[\sigma_{\perp max}^2 + 3*(\tau_{\perp max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$   $19,19 < 365,00$  **vérifié** (0,05)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$   $43,27 < 365,00$  **vérifié** (0,12)

$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$   $9,60 < 262,80$  **vérifié** (0,04)

**Rigidité de l'assemblage**

$A_{vc} = 30,81$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\beta = 0,90$  Paramètre de transformation [5.3.(7)]

$z = 574,420308216$  [mm] Bras de levier [6.2.5]

$k_1 = 2,268936558$  [mm] Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en cisaillement [6.3.2.(1)]

$k_2 = \infty$  Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en compression [6.3.2.(1)]

$k_3 = \infty$  Coefficient de rigidité du panneau d'âme du poteau en traction [6.3.2.(1)]

$S_{j,ini} = E z^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_3)$  [6.3.1.(4)]

$S_{j,ini} = 157217,62$  [kN\*m] Rigidité en rotation initiale [6.3.1.(4)]

$\eta = 2,00$  Coefficient de rigidité de l'assemblage [5.1.2.(4)]

$S_j = S_{j,ini} / \eta$  [6.3.1.(4)]

$S_j = 78608,81$  [kN\*m] Rigidité en rotation finale [6.3.1.(4)]

**Classification  
de  
l'assemblage  
par rigidité.**

$S_{j,rig} = 568197,78$  [kN\*m] Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]

$S_{j,pin} = 35512,36$  [kN\*m] Rigidité de l'assemblage articulé [5.2.2.5]

$S_{j,pin} \leq S_{j,ini} < S_{j,rig}$  SEMI-RIGIDE

**Composant le plus faible :**

POUTRE EN CISAILLEMENT

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**

Ratio 0,12



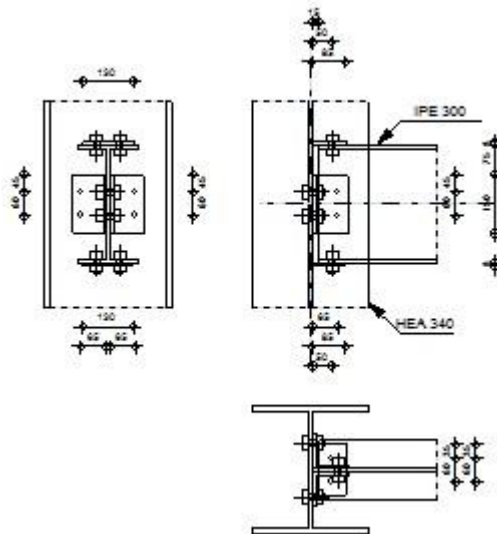
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013

## Calculs de l'assemblage panne-poteau (âme)

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Ratio  
0,64



## Général

Assemblage N° : 1

Nom de l'assemblage : Poutre-poteau (âme)

Noeud de la structure : 498

Barres de la structure : 427, 513

## Géométrie

### Poteau

Profilé : HEA 340

Barre N° : 427

$\alpha = -90,0$  [Deg] Angle d'inclinaison

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_c =$	330	[mm]	Hauteur de la section du poteau
$b_{fc} =$	300	[mm]	Largeur de la section du poteau
$t_{wc} =$	10	[mm]	Epaisseur de l'âme de la section du poteau
$t_{fc} =$	17	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section du poteau
$r_c =$	27	[mm]	Rayon de congé de la section du poteau
$A_c =$	133,47	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du poteau
$I_{yc} =$	27693,10	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la section du poteau
Matériau : ACIER			
$f_{yc} =$	235,00	[MPa]	Résistance de calcul
$f_{uc} =$	365,00	[MPa]	Résistance à la traction

## Poutre

Profilé : IPE 300

Barre N° : 513

$\alpha =$	0,0	[Deg]	Angle d'inclinaison
$h_b =$	300	[mm]	Hauteur de la section de la poutre
$b_b =$	150	[mm]	Largeur de la section de la poutre
$t_{wb} =$	7	[mm]	Epaisseur de l'âme 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
$A_b =$	53,81	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section de la poutre
$I_{yb} =$	8356,11	[cm <sup>4</sup> ]	Moment d'inertie de la poutre
Matériau : ACIER			
$f_{yb} =$	235,00	[MPa]	Résistance de calcul
$f_{ub} =$	365,00	[MPa]	Résistance à la traction

## Cornière

Profilé : CAE 90x9

$h_k =$	90	[mm]	Hauteur de la section de la cornière
$b_k =$	90	[mm]	Largeur de la section de la cornière
$t_{fk} =$	9	[mm]	Epaisseur de l'aile de la section de la cornière
$r_k =$	11	[mm]	Rayon de congé de l'âme de la section de la cornière

$h_k = 90$  [mm] Hauteur de la section de la cornière

$l_k = 150$  [mm] Longueur de la cornière

Matériau : ACIER

$f_{yk} = 235,00$  [MPa] Résistance de calcul

$f_{uk} = 365,00$  [MPa] Résistance à la traction

## Renfort supérieur de la poutre

$l_{bu} = 85$  [mm] Longueur du renfort

$h_{bu} = 130$  [mm] Hauteur du renfort

$t_{bu} = 8$  [mm] Epaisseur du renfort

Matériau : ACIER

$f_{ybu} = 235,00$  [MPa] Résistance de calcul

$f_{ubu} = 365,00$  [MPa] Résistance à la traction

## Renfort inférieur de la poutre

$l_{bd} = 85$  [mm] Longueur du renfort

$h_{bd} = 130$  [mm] Hauteur du renfort

$t_{bd} = 8$  [mm] Epaisseur du renfort

Matériau : ACIER

$f_{ybd} = 235,00$  [MPa] Résistance de calcul

$f_{ubd} = 365,00$  [MPa] Résistance à la traction

## Boulons

### BOULONS ASSEMBLANT LE POTEAU A LA CORNIERE

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

Classe = HR 8.8 Classe du boulon

$d = 18$  [mm] Diamètre du boulon

$d_0 = 20$  [mm] Diamètre du trou de boulon

$A_s = 1,92$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section efficace du boulon

$A_v = 2,54$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon

$f_{ub} = 900,00$  [MPa] Résistance à la traction

$k = 1$  Nombre de colonnes des boulons

$w = 2$  Nombre de rangées des boulons

$e_1 = 45$  [mm] Niveau du premier boulon

Classe = HR 8.8 Classe du boulon

$p_1 = 60$  [mm] Entraxe

### BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIERE A LA POUTRE

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

Classe = 4.8 Classe du boulon

$d = 16$  [mm] Diamètre du boulon

$d_0 = 18$  [mm] Diamètre du trou de boulon

$A_s = 1,57$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section efficace du boulon

$A_v = 2,01$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon

$f_{ub} = 400,00$  [MPa] Résistance à la traction

$k = 1$  Nombre de colonnes des boulons

$w = 2$  Nombre de rangées des boulons

$e_1 = 45$  [mm] Niveau du premier boulon

$p_1 = 60$  [mm] Entraxe

### BOULONS ASSEMBLANT LE RENFORT SUPERIEUR A LA POUTRE

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

Classe = 4.8 Classe du boulon

$d = 16$  [mm] Diamètre du boulon

$d_0 = 18$  [mm] Diamètre du trou de boulon

$A_s = 1,57$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section efficace du boulon

$A_v = 2,01$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon

$f_{ub} = 400,00$  [MPa] Résistance à la traction

$k = 1$  Nombre de colonnes des boulons

$w = 2$  Nombre de rangées des boulons

$e_1 = 35$  [mm] Niveau du premier boulon

$p_1 = 60$  [mm] Entraxe

### BOULONS ASSEMBLANT LE RENFORT INFÉRIEUR A LA POUTRE

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

Classe = HR 8.8 Classe du boulon

$d = 16$  [mm] Diamètre du boulon

$d_0 = 18$  [mm] Diamètre du trou de boulon

Classe =	HR 8.8		Classe du boulon
$A_s =$	1,57	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	2,01	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
$f_{ub} =$	900,00	[MPa]	Résistance à la traction
$k =$	1		Nombre de colonnes des boulons
$w =$	2		Nombre de rangées des boulons
$e_1 =$	35	[mm]	Niveau du premier boulon
$p_1 =$	60	[mm]	Entraxe

## Soudures

$a_{swu} =$	5	[mm]	Soudures d'angle entre le renfort supérieur et le poteau
$a_{swd} =$	5	[mm]	Soudures d'angle entre le renfort inférieur et le poteau

## 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 : 21: ELUV1 (1+15)\*1.00+10\*1.50

$N_{b,Ed} =$	44,12	[kN]	Effort axial
$V_{b,Ed} =$	0,20	[kN]	Effort tranchant
$M_{b,Ed} =$	-5,16	[kN*m]	Moment fléchissant

## Résultats

$N_{w,Ed} =$	17,80	[kN]	Effort axial dans l'âme	$N_{w,Ed} = (N_{b,Ed} * A_w) / A_b$
$N_{fu,Ed} =$	13,16	[kN]	Effort axial dans la semelle supérieure	$N_{fu,Ed} = (N_{b,Ed} * A_f) / A_b$
$N_{fi,Ed} =$	13,16	[kN]	Effort axial dans la semelle inférieure	$N_{fi,Ed} = (N_{b,Ed} * A_f) / A_b$

## Boulons assemblant le poteau à la cornière

### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} =$	29,03	[kN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$
$F_{t,Rd} =$	124,42	[kN]	Résistance d'un boulon à la traction	$F_{t,Rd} = 0.9 * f_u * A_s / \gamma_{M2}$

### Pression du boulon sur l'âme du poteau

Direction x

$k_{1x} =$	2,50		Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
------------	------	--	--	--

$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$		<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>
$F_{b,Rd1x} =$	124,83 [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$
<b>Direction z</b>			
$k_{1z} =$	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>
$\alpha_{bz} =$	0,75	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0,75 > 0,00$		<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd1z} =$	93,62 [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

<b>Direction x</b>			
$k_{1x} =$	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>
$\alpha_{bx} =$	0,42	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bx} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,42 > 0,00$		<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2x} =$	49,27 [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$
<b>Direction z</b>			
$k_{1z} =$	1,80	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$1,80 > 0,00$		<b>vérifié</b>
$\alpha_{bz} =$	0,75	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0,75 > 0,00$		<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2z} =$	63,86 [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 POTEAU - CORNIERE

#### cisaillement des boulons

$e =$	69 [mm]	Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre	
$M_0 =$	0,01 [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = 0.5 * V_{b,Ed} * e$
$F_{Vz} =$	0,05 [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant	$F_{Vz} = 0.5 * V_{b,Ed} / n$
$F_{Mx} =$	0,11 [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum z_i^2$
$F_{x,Ed} =$	0,11 [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$

$e = 69$  [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons de la cornière du centre de l'âme de la poutre

$F_{z,Ed} = 0,05$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z  $F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$

$F_{Rdx} = 29,03$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x  $F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$

$F_{Rdz} = 29,03$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z  $F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx}$   $|0,11| < 29,03$  vériifié (0,00)

$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz}$   $|0,05| < 29,03$  vériifié (0,00)

### Traction des boulons

$e = 70$  [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau

$M_{0t} = 0,01$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_{0t} = 0.5 * V_{b,Ed} * e$

$F_{t,Ed} = 4,57$  [kN] Effort de traction dans le boulon extrême  $F_{t,Ed} = M_{0t} * z_{max} / \sum z_i^2 + (N_{b2,Ed} / 3) / n$

$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$   $4,57 < 124,42$  vériifié (0,04)

### Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon

$F_{v,Ed} = 0,12$  [kN] Effort tranchant résultant dans le boulon  $F_{v,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 * F_{t,Rd}) \leq 1.0$   $0,03 < 1,00$  vériifié (0,03)

## Boulons assemblant la cornière à la poutre

### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 77,21$  [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  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 * (e_1 / d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1 / d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2,50 > 0,00$  vériifié

$\alpha_{bx} = 0,93$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bx} = \min[e_2 / (3 * d_0), f_{ub} / f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0,93 > 0,00$  vériifié

$F_{b,Rd1x} = 76,79$  [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  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 * (e_2 / d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2,50 > 0,00$  vériifié

$\alpha_{bz} = 0,86$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_1 / (3 * d_0), p_1 / (3 * d_0) - 0.25, f_{ub} / f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $0,86 > 0,00$  vériifié

$F_{b,Rd1z} = 71,41$  [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 cornière

Direction x

$k_{1x} = 2,50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2,50 > 0,00$  **vérifié**

$\alpha_{bx} = 0,46$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0,46 > 0,00$  **vérifié**

$F_{b,Rd2x} = 97,33$  [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

$k_{1z} = 2,19$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$   $2,19 > 0,00$  **vérifié**

$\alpha_{bz} = 0,83$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$   $0,83 > 0,00$  **vérifié**

$F_{b,Rd2z} = 153,40$  [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 CORNIERE - POUTRE

#### cisaillement des boulons

$e = 70$  [mm] Distance du centre de gravité du groupe de boulons du centre de l'âme du poteau

$M_0 = 0,01$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = V_{b,Ed} \cdot e$

$F_{Nx} = 8,90$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  $F_{Nx} = N_{w,Ed}/n$

$F_{Vz} = 0,10$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant  $F_{Vz} = V_{b,Ed}/n$

$F_{Mx} = 0,23$  [kN] Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction x  $F_{Mx} = M_0 \cdot z_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$

$F_{Mz} = 0,00$  [kN] Force résultante dans le boulon due au moment sur la direction z  $F_{Mz} = M_0 \cdot x_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$

$F_{x,Ed} = 9,13$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  $F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$

$F_{z,Ed} = 0,10$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z  $F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$

$F_{Rdx} = 76,79$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x  $F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$

$F_{Rdz} = 71,41$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z  $F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx}$   $|9,13| < 76,79$  **vérifié** (0,12)

$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz}$   $|0,10| < 71,41$  **vérifié** (0,00)

### Boulons assemblant le renfort supérieur à la poutre

#### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 38,60$  [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 l'aile de la poutre

$k_1 =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_1 = \min[2.8*(e_1/d_0)-1.7, 1.4*(p_1/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_1 > 0.0$	2,50	$> 0,00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_b =$	0,65	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_b = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_b > 0.0$	0,65	$> 0,00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd1} =$	81,00	[kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1} = k_1 * \alpha_b * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

### Pression du boulon sur le renfort

$k_1 =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_1 = \min[2.8*(e_1/d_0)-1.7, 1.4*(p_1/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_1 > 0.0$	2,50	$> 0,00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_b =$	0,65	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_b = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_b > 0.0$	0,65	$> 0,00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2} =$	60,56	[kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2} = k_1 * \alpha_b * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

### FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE RAIDISSEUR SUPERIEUR - POUTRE

#### cisaillement des boulons

$F_{Ed} =$	-2,01	[kN] Effort tranchant dans le boulon	$F_{Ed} = [N_{fl,Ed} - M_{b,Ed}/h_b]/n$
$F_{Rd} =$	38,60	[kN] Résistance résultante de calcul du boulon	$F_{Rd} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1}, F_{bRd2})$
$ F_{Ed}  \leq F_{Rd}$	-2,01	$< 38,60$	<b>vérifié</b> (0,05)

### Boulons assemblant le renfort inférieur à la poutre

#### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} =$	23,74	[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 l'aile de la poutre

$k_1 =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_1 = \min[2.8*(e_1/d_0)-1.7, 1.4*(p_1/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_1 > 0.0$	2,50	$> 0,00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_b =$	0,65	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_b = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_b > 0.0$	0,65	$> 0,00$	<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd1} =$	81,00	[kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1} = k_1 * \alpha_b * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

#### Pression du boulon sur le renfort

$k_1 =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_1 = \min[2.8*(e_1/d_0)-1.7, 1.4*(p_1/d_0)-1.7, 2.5]$
$k_1 > 0.0$	2,50	$> 0,00$	<b>vérifié</b>
$\alpha_b =$	0,65	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_b = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_b > 0.0$	0,65	$> 0,00$	<b>vérifié</b>

$F_{b,Rd2} = 60,56$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale

$$F_{b,Rd2} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

## FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE RAIDISSEUR INFÉRIEUR - POUTRE

### cisaillement des boulons

$F_{Ed} = 15,17$  [kN] Effort tranchant dans le boulon

$$F_{Ed} = [N_{fl,Ed} - M_{b,Ed}/h_b]/n$$

$F_{Rd} = 23,74$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon

$$F_{Rd} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1}, F_{bRd2})$$

$$|F_{Ed}| \leq F_{Rd} \quad |15,17| < 23,74 \quad \text{vérifié} \quad (0,64)$$

## Vérification de la section pour le cisaillement de bloc

### CORNIERE

$A_{nt} = 1,44$  [cm<sup>2</sup>] Aire nette de la zone de la section en traction

$A_{nv} = 7,02$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la zone de la section en traction

$V_{effRd} = 116,27$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous

$$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$$

$$|0.5 \cdot V_{b,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |0,10| < 116,27 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

### POUTRE

$A_{nt} = 2,91$  [cm<sup>2</sup>] Aire nette de la zone de la section en traction

$A_{nv} = 10,86$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la zone de la section en traction

$V_{effRd} = 189,89$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous

$$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$$

$$|V_{b,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |0,20| < 189,89 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

## Résistance des soudures

### SOUDURES D'ANGLE ENTRE LE RENFORT SUPÉRIEUR ET LE POTEAU

$A_s = 6,50$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section de la soudure

$\sigma = -3,10$  [MPa] Contrainte normale dans la soudure

$$\sigma = 0.5 \cdot [N_{fu,Ed} + M_{b,Ed}/h_b] / A_s$$

$\sigma_{\perp} = -2,19$  [MPa] Contrainte normale perpendiculaire dans la soudure

$$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$$

$$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \quad |-2,19| < 262,80 \quad \text{vérifié} \quad (0,01)$$

$\tau_{\perp} = -2,19$  [MPa] Contrainte tangentielle perpendiculaire

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$$

$\beta_w = 0,85$  Coefficient de corrélation

[Tableau 4.1]

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \quad 4,38 < 343,53 \quad \text{vérifié} \quad (0,01)$$

### SOUDURES D'ANGLE ENTRE LE RENFORT INFÉRIEUR ET LE POTEAU

$A_s = 6,50$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section de la soudure

$\sigma = 23,34$  [MPa] Contrainte normale dans la soudure

$$\sigma = 0.5 \cdot [N_{fl,Ed} - M_{b,Ed}/h_b] / A_s$$

$\sigma_{\perp} = 16,50$  [MPa] Contrainte normale perpendiculaire dans la soudure

$$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$$

$ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 16,50  < 262,80$	<b>vérifié</b>	(0,06)
$\tau_{\perp} =$	16,50 [MPa]	Contrainte tangentielle perpendiculaire	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$
$\beta_w =$	0,85	Coefficient de corrélation	[Tableau 4.1]
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$33,01 < 343,53$	<b>vérifié</b>	(0,10)

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**

Ratio 0,64



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013

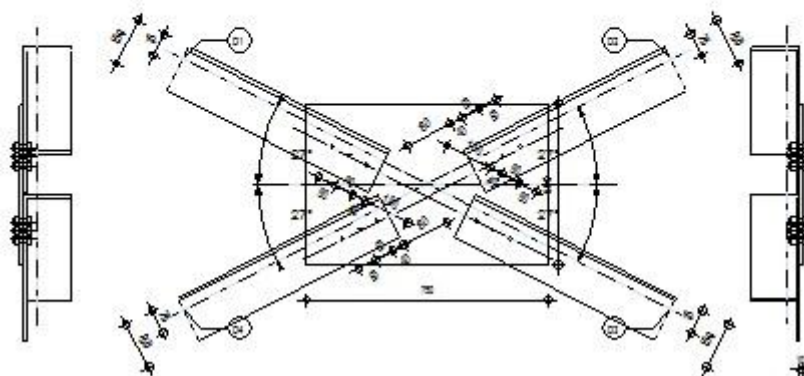
## Calcul de l'assemblage au gousset

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Ratio  
**0,29**

D1-CAS 150/2  
D2-CAS 150/2  
D3-CAS 150/2  
D4-CAS 150/2



## Général

Assemblage N° : 1

Nom de l'assemblage : Gousset - contreventement

Assemblage N° : 1

Noeud de la structure : 380

Barres de la structure : 422, 412, 418, 416,

## Géométrie

### Barres

		Barre 1	Barre 2	Barre 3	Barre 4		
<b>Barre N° :</b>		422	412	418	416		
<b>Profilé :</b>		CAE 150x12	CAE 150x12	CAE 150x12	CAE 150x12		
	h	150	150	150	150		mm
	b <sub>f</sub>	150	150	150	150		mm
	t <sub>w</sub>	12	12	12	12		mm
	t <sub>f</sub>	12	12	12	12		mm
	r	16	16	16	16		mm
	A	34,83	34,83	34,83	34,83		cm <sup>2</sup>
<b>Matériau :</b>		S 235	S 235	S 235	S 235		
	f <sub>y</sub>	235,00	235,00	235,00	235,00		MPa
	f <sub>u</sub>	360,00	360,00	360,00	360,00		MPa
<b>Angle</b>	α	27,2	27,2	27,3	27,3		Deg
<b>Longueur</b>	l	0,00	0,00	0,00	0,00		m

### Boulons

#### Barre 1

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <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> =	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]

- $e_1 = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
- $e_2 = 75$  [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
- $e_c = 150$  [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

### Barre 2

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

- Classe = 8.8 Classe du boulon
- $d = 16$  [mm] Diamètre du boulon
- $d_0 = 18$  [mm] Diamètre du trou de boulon
- $A_s = 1,57$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section efficace du boulon
- $A_v = 2,01$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon
- $f_{yb} = 550,00$  [MPa] Limite de plasticité
- $f_{ub} = 800,00$  [MPa] Résistance du boulon à la traction
- $n = 3$  Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60; 60 [mm]

- $e_1 = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
- $e_2 = 75$  [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
- $e_c = 150$  [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

### Barre 3

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

- Classe = 8.8 Classe du boulon
- $d = 16$  [mm] Diamètre du boulon
- $d_0 = 18$  [mm] Diamètre du trou de boulon
- $A_s = 1,57$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section efficace du boulon
- $A_v = 2,01$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du boulon
- $f_{yb} = 550,00$  [MPa] Limite de plasticité
- $f_{ub} = 800,00$  [MPa] Résistance du boulon à la traction
- $n = 3$  Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60; 60 [mm]

- $e_1 = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
- $e_2 = 75$  [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
- $e_c = 150$  [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

### Barre 4

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <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> =	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> = 75 [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

e<sub>c</sub> = 150 [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

## Gousset

l<sub>p</sub> = 750 [mm] Longueur de la platine

h<sub>p</sub> = 500 [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> = 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; 0)

e<sub>v</sub> = 250 [mm] Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

e<sub>H</sub> = 375 [mm] Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

Matériau : S 235

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 : 21: ELUV1 (1+15)\*1.00+10\*1.50

$N_{b1,Ed} = 48,23$  [kN] Effort axial

$N_{b2,Ed} = -45,48$  [kN] Effort axial

$N_{b3,Ed} = 67,59$  [kN] Effort axial

$N_{b4,Ed} = -33,52$  [kN] Effort axial

## Résultats

### Barre 1

#### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 77,21$  [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

$\alpha_{bx} = 0,74$  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

$F_{b,Rd1x} = 102,40$  [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

$F_{b,Rd1z} = 138,24$  [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

$\alpha_{bx} = 0,86$  Coefficient dépendant de l'espacement des boulons  $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$   $0,86 > 0,00$  **vérifié**

$F_{b,Rd2x} = 99,20$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd2x} = k_1 * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

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**

$F_{b,Rd2z} = 115,20$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale  $F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

## VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

### cisaillement des boulons

$e = 34$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons

$M_0 = 1,63$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = N_{b1,Ed} * e$

$F_{NSd} = 16,08$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  $F_{NSd} = N_{b1,Ed} / n$

$F_{MSd} = 13,57$  [kN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment  $F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$

$F_{x,Ed} = 16,08$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  $F_{x,Ed} = F_{NSd}$

$F_{z,Ed} = 13,57$  [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  $F_{Rdz} = \min(F_{VRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx}$   $|16,08| < 77,21$  **vérifié** (0,21)

$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz}$   $|13,57| < 77,21$  **vérifié** (0,18)

### VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_3 = 0,57$  Coefficient de réduction [Tableau 3.8]

$A_{net} = 32,67$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section nette  $A_{net} = A - d_0 * t_{f1}$

$N_{u,Rd} = 533,25$  [kN] Résistance de calcul de la section nette  $N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u1}) / \gamma_{M2}$

$N_{pl,Rd} = 736,75$  [kN] Résistance de calcul plastique de la section brute  $N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y1}) / \gamma_{M2}$

$|N_{b1,Ed}| \leq N_{u,Rd}$   $|48,23| < 533,25$  **vérifié** (0,09)

$|N_{b1,Ed}| \leq N_{pl,Rd}$   $|48,23| < 736,75$  **vérifié** (0,07)

### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} = 7,92$  [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

$A_{nt} =$	7,92	[cm <sup>2</sup> ]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} =$	301,28	[kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd}=0.5*f_u*A_{nt}/\gamma_{M2} + (1/\sqrt{3})*f_y*A_{nv}/\gamma_{M0}$
$ N_{b1,Ed}  \leq V_{effRd}$	48,23	<	301,28	<b>vérifié</b> (0,16)

## Barre 2

### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} =$	77,21	[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>
----------------	------	---	------	----------------

$\alpha_{bx} =$	0,74	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	<b>vérifié</b>
---------------------	------	---	------	----------------

$F_{b,Rd1x} = 102,40$	[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	<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>
---------------------	------	---	------	----------------

$F_{b,Rd1z} = 138,24$	[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	<b>vérifié</b>
----------------	------	---	------	----------------

$\alpha_{bx} =$	0,86	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx}=\min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0)-0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
-----------------	------	---	--

$\alpha_{bx} > 0.0$	0,86	>	0,00	<b>vérifié</b>
---------------------	------	---	------	----------------

$F_{b,Rd2x} = 99,20$	[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	<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>
---------------------	------	---	------	----------------

$F_{b,Rd2z} = 115,20$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale

$$F_{b,Rd2z} = K_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

## VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

### cisaillement des boulons

$e = 34$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons

$M_0 = -1,54$  [kN\*m] Moment fléchissant réel

$$M_0 = N_{b2,Ed} \cdot e$$

$F_{NSd} = -15,16$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial

$$F_{NSd} = N_{b2,Ed} / n$$

$F_{MSd} = -12,80$  [kN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment

$$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$$

$F_{x,Ed} = -15,16$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x

$$F_{x,Ed} = F_{NSd}$$

$F_{z,Ed} = -12,80$  [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

$$F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$$

$$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx} \quad |-15,16| < 77,21 \quad \text{vérifié} \quad (0,20)$$

$$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz} \quad |-12,80| < 77,21 \quad \text{vérifié} \quad (0,17)$$

### VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_3 = 0,57$  Coefficient de réduction

[Tableau 3.8]

$A_{net} = 32,67$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section nette

$$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f2}$$

$N_{u,Rd} = 533,25$  [kN] Résistance de calcul de la section nette

$$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u2}) / \gamma_{M2}$$

$N_{pl,Rd} = 736,75$  [kN] Résistance de calcul plastique de la section brute

$$N_{pl,Rd} = (0,9 \cdot A \cdot f_{y2}) / \gamma_{M2}$$

$$|N_{b2,Ed}| \leq N_{u,Rd} \quad |-45,48| < 533,25 \quad \text{vérifié} \quad (0,09)$$

$$|N_{b2,Ed}| \leq N_{pl,Rd} \quad |-45,48| < 736,75 \quad \text{vérifié} \quad (0,06)$$

### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} = 7,92$  [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

$V_{effRd} = 301,28$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous

$$V_{effRd} = 0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$$

$$|N_{b2,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |-45,48| < 301,28 \quad \text{vérifié} \quad (0,15)$$

## Barre 3

### RESISTANCE 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

$$k_{1x} = 2,50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1x} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1x} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bx} = 0,74 \quad \text{Coefficient dépendant de l'espacement des boulons} \quad \alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bx} > 0.0 \quad 0,74 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd1x} = 102,40 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou} \quad F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$$

Direction z

$$k_{1z} = 2,50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bz} = 1,00 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad \alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bz} > 0.0 \quad 1,00 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd1z} = 138,24 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance d'un boulon en pression diamétrale} \quad F_{b,Rd1z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$$

### Pression du boulon sur la platine

Direction x

$$k_{1x} = 2,50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1x} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1x} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bx} = 0,86 \quad \text{Coefficient dépendant de l'espacement des boulons} \quad \alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bx} > 0.0 \quad 0,86 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd2x} = 99,20 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou} \quad F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$$

Direction z

$$k_{1z} = 2,50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bz} = 1,00 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad \alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bz} > 0.0 \quad 1,00 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd2z} = 115,20 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance d'un boulon en pression diamétrale} \quad F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t / \gamma_{M2}$$

### VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

#### cisaillement des boulons

$$e = 34 \quad [\text{mm}] \quad \text{Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons}$$

$$M_0 = 2,28 \quad [\text{kN*m}] \quad \text{Moment fléchissant réel} \quad M_0 = N_{b3,Ed} * e$$

$$F_{NSd} = 22,53 \quad [\text{kN}] \quad \text{Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial} \quad F_{NSd} = N_{b3,Ed} / n$$

$$F_{MSd} = 19,02 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment} \quad F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$$

$$F_{x,Ed} = 22,53 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x} \quad F_{x,Ed} = F_{NSd}$$

$e =$	34	[mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$F_{z,Ed} =$	19,02	[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}$	$ 22,53  < 77,21$	<b>vérifié</b>	(0,29)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ 19,02  < 77,21$	<b>vérifié</b>	(0,25)

### VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_3 =$	0,57		Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} =$	32,67	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_3$
$N_{u,Rd} =$	533,25	[kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u3}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} =$	736,75	[kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y3}) / \gamma_{M2}$

$ N_{b3,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ 67,59  < 533,25$	<b>vérifié</b>	(0,13)
$ N_{b3,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ 67,59  < 736,75$	<b>vérifié</b>	(0,09)

### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	7,92	[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	
$V_{effRd} =$	301,28	[kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nv} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nt} / \gamma_{M0}$

$ N_{b3,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ 67,59  < 301,28$	<b>vérifié</b>	(0,22)
------------------------------	--------------------	----------------	--------

## Barre 4

### RESISTANCE 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 $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
------------	------	--	--	---

$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	<b>vérifié</b>	
----------------	---------------	----------------	--

$\alpha_{bx} =$	0,74		Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
-----------------	------	--	---	--

$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,74 > 0,00$	<b>vérifié</b>	
---------------------	---------------	----------------	--

$F_{b,Rd1x} =$	102,40	[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 $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
------------	------	--	--	--

$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$		<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>
$F_{b,Rd1z} =$	138,24 [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 $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$		<b>vérifié</b>
$\alpha_{bx} =$	0,86	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,86 > 0,00$		<b>vérifié</b>
$F_{b,Rd2x} =$	99,20 [kN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$		<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>
$F_{b,Rd2z} =$	115,20 [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

### VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

#### cisaillement des boulons

$e =$	34 [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 =$	-1,13 [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b4,Ed} * e$
$F_{NSd} =$	-11,17 [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$
$F_{MSd} =$	-9,43 [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} =$	-11,17 [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} =$	-9,43 [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}$	$ -11,17  < 77,21$		<b>vérifié</b> (0,14)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -9,43  < 77,21$		<b>vérifié</b> (0,12)

### VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_3 =$	0,57	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
-------------	------	--------------------------	---------------

$\beta_3 =$	0,57		Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} =$	32,67	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{i4}$
$N_{u,Rd} =$	533,25	[kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u4}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} =$	736,75	[kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y4}) / \gamma_{M2}$

$ N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -33,52  < 533,25$	<b>vérifié</b>	(0,06)
-----------------------------	---------------------	----------------	--------

$ N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -33,52  < 736,75$	<b>vérifié</b>	(0,05)
------------------------------	---------------------	----------------	--------

#### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	7,92	[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
------------	-------	--------------------	---

$V_{effRd} =$	301,28	[kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$
---------------	--------	------	--	--

$ N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -33,52  < 301,28$	<b>vérifié</b>	(0,11)
------------------------------	---------------------	----------------	--------

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**

Ratio 0,29



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013

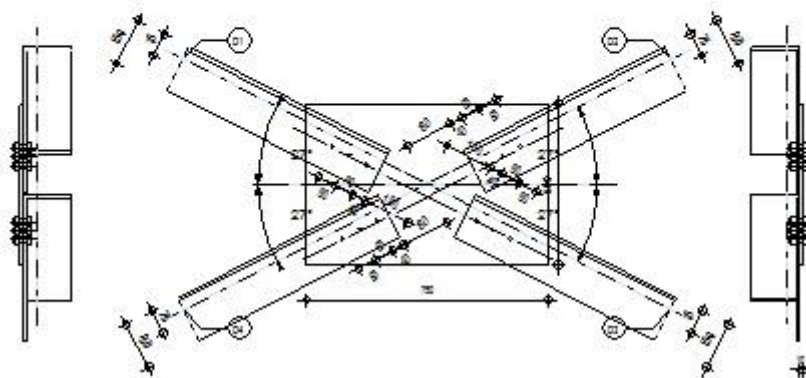
### Calcul de l'assemblage au gousset

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Ratio  
**0,20**

D1-CAE 150x12  
 D2-CAE 150x12  
 D3-CAE 150x12  
 D4-CAE 150x12



## Général

Assemblage N° : 1

Nom de l'assemblage : Gousset - contreventement

Noeud de la structure : 380

Barres de la structure : 422, 412, 418, 416,

## Géométrie

### Barres

		Barre 1	Barre 2	Barre 3	Barre 4		
<b>Barre N° :</b>		422	412	418	416		
<b>Profilé :</b>		CAE 150x12	CAE 150x12	CAE 150x12	CAE 150x12		
	h	150	150	150	150		mm
	b <sub>f</sub>	150	150	150	150		mm
	t <sub>w</sub>	12	12	12	12		mm
	t <sub>f</sub>	12	12	12	12		mm
	r	16	16	16	16		mm
	A	34,83	34,83	34,83	34,83		cm <sup>2</sup>
<b>Matériau :</b>		S 235	S 235	S 235	S 235		
	f <sub>y</sub>	235,00	235,00	235,00	235,00		MPa
	f <sub>u</sub>	360,00	360,00	360,00	360,00		MPa
<b>Angle</b>	α	27,2	27,2	27,3	27,3		Deg
<b>Longueur</b>	l	0,00	0,00	0,00	0,00		m

### Boulons

### Barre 1

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <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> =	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> = 75 [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

e<sub>c</sub> = 150 [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

### Barre 2

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon
d <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> =	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> = 75 [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

e<sub>c</sub> = 150 [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

### Barre 3

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	16	[mm]	Diamètre du boulon

Classe =	8.8		Classe du boulon
$d_0 =$	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
$A_s =$	1,57	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	2,01	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
$f_{yb} =$	550,00	[MPa]	Limite de plasticité
$f_{ub} =$	800,00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
$n =$	3		Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60; 60 [mm]

$e_1 = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre

$e_2 = 75$  [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

$e_c = 150$  [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

#### Barre 4

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
$d =$	16	[mm]	Diamètre du boulon
$d_0 =$	18	[mm]	Diamètre du trou de boulon
$A_s =$	1,57	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section efficace du boulon
$A_v =$	2,01	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section du boulon
$f_{yb} =$	550,00	[MPa]	Limite de plasticité
$f_{ub} =$	800,00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
$n =$	3		Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60; 60 [mm]

$e_1 = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre

$e_2 = 75$  [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

$e_c = 150$  [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

#### Gousset

$l_p =$	750	[mm]	Longueur de la platine
$h_p =$	500	[mm]	Hauteur de la platine
$t_p =$	10	[mm]	Epaisseur de la platine

#### Paramètres

$h_1 =$	0	[mm]	Grugeage
$v_1 =$	0	[mm]	Grugeage

$h_1 =$	0	[mm]	Grugeage
$h_2 =$	0	[mm]	Grugeage
$v_2 =$	0	[mm]	Grugeage
$h_3 =$	0	[mm]	Grugeage
$v_3 =$	0	[mm]	Grugeage
$h_4 =$	0	[mm]	Grugeage
$v_4 =$	0	[mm]	Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (0;0)

$e_v = 250$  [mm] Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

$e_H = 375$  [mm] Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

Matériau : S 235

$f_y = 235,00$  [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 : 24: ELSV1 (1+10+15)\*1.00

$N_{b1,Ed} = 29,86$  [kN] Effort axial

$N_{b2,Ed} = -31,12$  [kN] Effort axial

$N_{b3,Ed} = 45,50$  [kN] Effort axial

$N_{b4,Ed} = -20,98$  [kN] Effort axial

## Résultats

### Barre 1

#### RESISTANCE 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

$F_{b,Rd1x} = 102,40$  [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**

$F_{b,Rd1z} = 138,24$  [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

$k_{1x} = 2,50$  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**

$F_{b,Rd2x} = 99,20$  [kN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou  $F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

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**

$F_{b,Rd2z} = 115,20$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale  $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

### VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

#### cisaillement des boulons

$e = 34$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons

$M_0 = 1,01$  [kN\*m] Moment fléchissant réel  $M_0 = N_{b1,Ed} \cdot e$

$F_{NSd} = 9,95$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  $F_{NSd} = N_{b1,Ed} / n$

$F_{MSd} = 8,40$  [kN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment  $F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$

$F_{x,Ed} = 9,95$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  $F_{x,Ed} = F_{NSd}$

$F_{z,Ed} = 8,40$  [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  $F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx}$   $|9,95| < 77,21$  **vérifié** (0,13)

$ F_{x,Ed}  \leq F_{Rdx}$	9,95   < 77,21	vérifié	(0,13)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	8,40   < 77,21	vérifié	(0,11)

### VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_3 =$	0,57	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} =$	32,67 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 * t_1$
$N_{u,Rd} =$	533,25 [kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u1}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} =$	736,75 [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y1}) / \gamma_{M2}$
$ N_{b1,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	29,86   < 533,25	vérifié	(0,06)
$ N_{b1,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	29,86   < 736,75	vérifié	(0,04)

### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	7,92 [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	
$V_{effRd} =$	301,28 [kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b1,Ed}  \leq V_{effRd}$	29,86   < 301,28	vérifié	(0,10)

## Barre 2

### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} =$	77,21 [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
----------------	-------------	---------

$\alpha_{bx} =$	0,74	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
---------------------	-------------	---------

$F_{b,Rd1x} = 102,40$ [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
---------------------	-------------	---------

$F_{b,Rd1z} = 138,24$ [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

$$k_{1x} = 2,50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1x} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bx} = 0,86 \quad \text{Coefficient dépendant de l'espacement des boulons} \quad \alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bx} > 0.0 \quad 0,86 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd2x} = 99,20 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou} \quad F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

### Direction z

$$k_{1z} = 2,50 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$\alpha_{bz} = 1,00 \quad \text{Coefficient pour le calcul de } F_{b,Rd} \quad \alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$\alpha_{bz} > 0.0 \quad 1,00 > 0,00 \quad \text{vérifié}$$

$$F_{b,Rd2z} = 115,20 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance d'un boulon en pression diamétrale} \quad F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$$

## VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

### cisaillement des boulons

$$e = 34 \quad [\text{mm}] \quad \text{Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons}$$

$$M_0 = -1,05 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Moment fléchissant réel} \quad M_0 = N_{b2,Ed} \cdot e$$

$$F_{NSd} = -10,37 \quad [\text{kN}] \quad \text{Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial} \quad F_{NSd} = N_{b2,Ed} / n$$

$$F_{MSd} = -8,76 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment} \quad F_{MSd} = M_0 \cdot x_{\max} / \sum x_i^2$$

$$F_{x,Ed} = -10,37 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x} \quad F_{x,Ed} = F_{NSd}$$

$$F_{z,Ed} = -8,76 \quad [\text{kN}] \quad \text{Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z} \quad F_{z,Ed} = F_{MSd}$$

$$F_{Rdx} = 77,21 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x} \quad F_{Rdx} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$$

$$F_{Rdz} = 77,21 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z} \quad F_{Rdz} = \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$$

$$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx} \quad |-10,37| < 77,21 \quad \text{vérifié} \quad (0,13)$$

$$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz} \quad |-8,76| < 77,21 \quad \text{vérifié} \quad (0,11)$$

## VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$$\beta_3 = 0,57 \quad \text{Coefficient de réduction} \quad [\text{Tableau 3.8}]$$

$$A_{\text{net}} = 32,67 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Aire de la section nette} \quad A_{\text{net}} = A - d_0 \cdot t_{f2}$$

$$N_{u,Rd} = 533,25 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de calcul de la section nette} \quad N_{u,Rd} = (\beta_3 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_{u2}) / \gamma_{M2}$$

$$N_{pl,Rd} = 736,75 \quad [\text{kN}] \quad \text{Résistance de calcul plastique de la section brute} \quad N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y2}) / \gamma_{M2}$$

$$|N_{b2,Ed}| \leq N_{u,Rd} \quad |-31,12| < 533,25 \quad \text{vérifié} \quad (0,06)$$

$ N_{b2,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -31,12  < 533,25$	<b>vérifié</b>	(0,06)
$ N_{b2,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -31,12  < 736,75$	<b>vérifié</b>	(0,04)

### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	7,92	[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	
$V_{effRd} =$	301,28	[kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd}=0.5*f_u*A_{nt}/\gamma_{M2} + (1/\sqrt{3})*f_y*A_{nv}/\gamma_{M0}$

$ N_{b2,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -31,12  < 301,28$	<b>vérifié</b>	(0,10)
------------------------------	---------------------	----------------	--------

## Barre 3

### RESISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} =$	77,21	[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>	
----------------	---------------	----------------	--

$\alpha_{bx} =$	0,74		Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx}=\min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0)-0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
-----------------	------	--	---	--

$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,74 > 0,00$	<b>vérifié</b>	
---------------------	---------------	----------------	--

$F_{b,Rd1x} = 102,40$	[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 $F_{b,Rd}$	$k_{1z}=\min[2.8*(e_1/d_0)-1.7, 1.4*(p_1/d_0)-1.7, 2.5]$
------------	------	--	--	--

$k_{1z} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	<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>	
---------------------	---------------	----------------	--

$F_{b,Rd1z} = 138,24$	[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 $F_{b,Rd}$	$k_{1x}=\min[2.8*(e_2/d_0)-1.7, 2.5]$
------------	------	--	--	---------------------------------------

$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	<b>vérifié</b>	
----------------	---------------	----------------	--

$\alpha_{bx} =$	0,86		Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx}=\min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0)-0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
-----------------	------	--	---	--

$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,86 > 0,00$	<b>vérifié</b>	
---------------------	---------------	----------------	--

$F_{b,Rd2x} = 99,20$	[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	<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>
$F_{b,Rd2z} =$	115,20 [kN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

## VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

### cisaillement des boulons

$e =$	34 [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 =$	1,54 [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b3,Ed} * e$
$F_{NSd} =$	15,17 [kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b3,Ed} / n$
$F_{MSd} =$	12,81 [kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} =$	15,17 [kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} =$	12,81 [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}$		15,17  < 77,21	<b>vérifié</b> (0,20)
$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$		12,81  < 77,21	<b>vérifié</b> (0,17)

### VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_3 =$	0,57	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} =$	32,67 [cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 * t_{f3}$
$N_{u,Rd} =$	533,25 [kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u3}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} =$	736,75 [kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y3}) / \gamma_{M2}$
$ N_{b3,Ed}  \leq N_{u,Rd}$		45,50  < 533,25	<b>vérifié</b> (0,09)
$ N_{b3,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$		45,50  < 736,75	<b>vérifié</b> (0,06)

### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	7,92 [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	
$V_{effRd} =$	301,28 [kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b3,Ed}  \leq V_{effRd}$		45,50  < 301,28	<b>vérifié</b> (0,15)

## Barre 4

## RESISTANCE 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**

$F_{b,Rd1x} = 102,40$  [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**

$F_{b,Rd1z} = 138,24$  [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

$k_{1x} = 2,50$  Coefficient pour le calcul de  $F_{b,Rd}$   $k_1 = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$   $2,50 > 0,00$  **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**

$F_{b,Rd2x} = 99,20$  [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**

$F_{b,Rd2z} = 115,20$  [kN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale  $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

## VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

### cisaillement des boulons

$e = 34$  [mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons

$e =$	34	[mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 =$	-0,71	[kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b4,Ed} * e$
$F_{NSd} =$	-6,99	[kN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$
$F_{MSd} =$	-5,90	[kN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 * x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} =$	-6,99	[kN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} =$	-5,90	[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}$	$ -6,99  < 77,21$	<b>vérifié</b>	(0,09)
---------------------------	-------------------	----------------	--------

$ F_{z,Ed}  \leq F_{Rdz}$	$ -5,90  < 77,21$	<b>vérifié</b>	(0,08)
---------------------------	-------------------	----------------	--------

### VERIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_3 =$	0,57		Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} =$	32,67	[cm <sup>2</sup> ]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 * t_f$
$N_{u,Rd} =$	533,25	[kN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_3 * A_{net} * f_{u4}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} =$	736,75	[kN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0,9 * A * f_{y4}) / \gamma_{M2}$

$ N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$	$ -20,98  < 533,25$	<b>vérifié</b>	(0,04)
-----------------------------	---------------------	----------------	--------

$ N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$	$ -20,98  < 736,75$	<b>vérifié</b>	(0,03)
------------------------------	---------------------	----------------	--------

### VERIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	7,92	[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	
$V_{effRd} =$	301,28	[kN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0,5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$

$ N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$	$ -20,98  < 301,28$	<b>vérifié</b>	(0,07)
------------------------------	---------------------	----------------	--------

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**

Ratio 0,20

## *Conclusion*

- Les calculs effectués pour dimensionner cette structure montrent qu'elle peut résister aux phénomènes naturels.
- Ce projet m'a permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de la construction métallique qui est un domaine très vaste et très intéressant et m'a aussi permis d'apprendre à utiliser le logiciel robot qui est devenu un logiciel très utilisé dans le calcul des structures en génie civil.

## ***Bibliographie***

1-Titre : calcul des éléments de constructions métalliques.

-Auteur : Lahlou Dahmani

2-Titre : Eurocode 3

3-Titre : Règlement neige et vent RNV99

4- Titre : Traité de génie civil « Charpentes Métallique » volume 11

-Auteur : Manfred A.Hirt et Michel Crisinel

5- Mémoire de fin d'étude « Ingénieur Promotion 2008-2009 »

« Master 2 Promotion 2011-2012 »

6- [www.wikipédia.com](http://www.wikipédia.com)