

AMTECH STRUCTURES

Adresse : 20 rue de Rambervillers 75 012 Paris
Site web : www.amtech-structures.fr

Tél. : +33 (0)1.81.76.00.42
Port. : +33 (0)6.80.36.21.82

SIRET : 892 364 613 00018
Courriel : contact@amtech-structures.fr

DIAGNOSTIC STRUCTUREL « PASSERELLE NORD » PATHOLOGIES ET CALCUL RÉGLEMENTAIRE

<u>Maitre d'ouvrage :</u>	Université de Paris 8
<u>N° d'affaire :</u>	BE-AMTECH-22-0127
<u>Adresse chantier :</u>	Université de Paris 8 – Saint-Denis
<u>Date d'émission :</u>	05 mai 2023



TABLE DES MATIÈRES

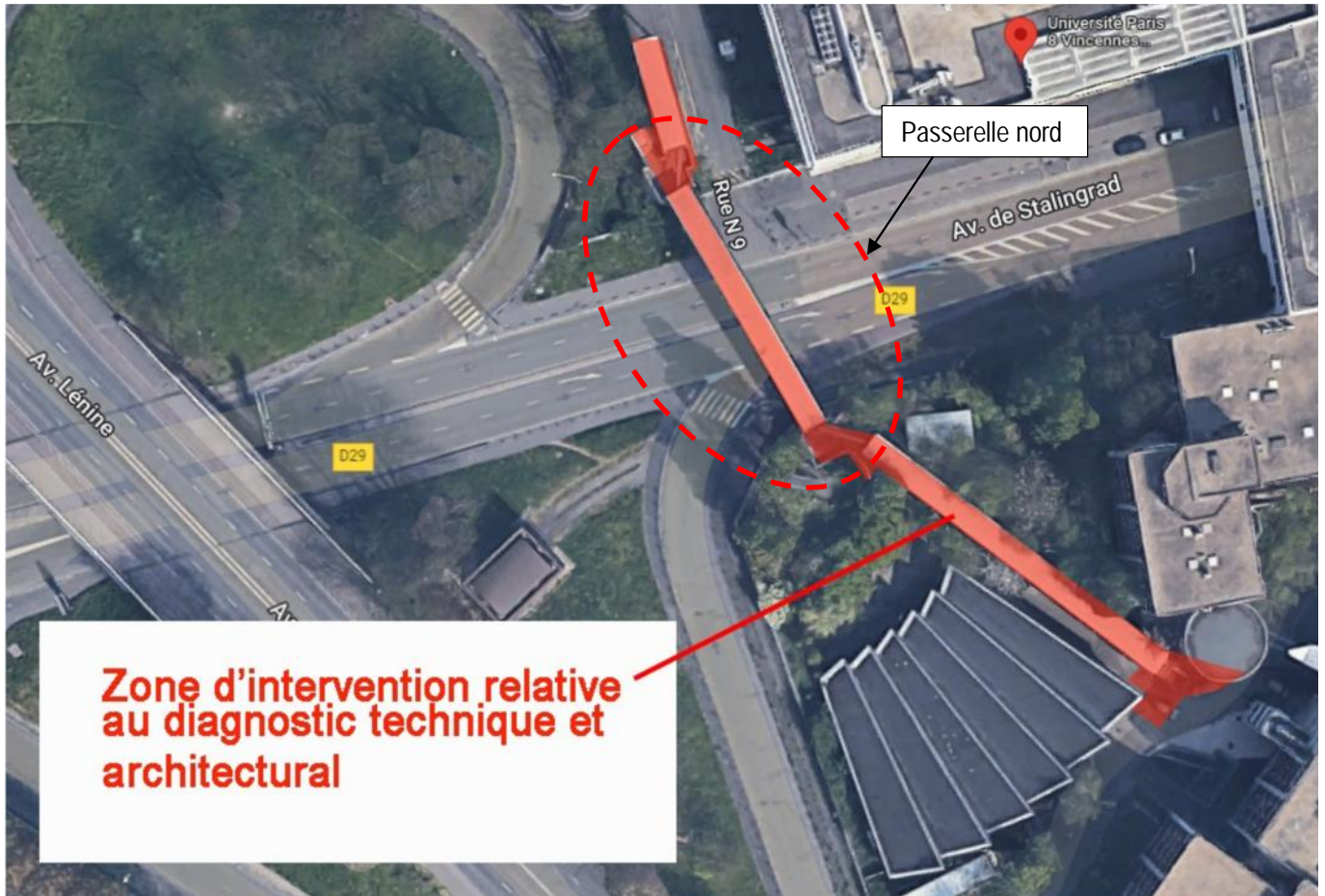
1	INTRODUCTION.....	4
2	PATHOLOGIES.....	5
2.1	ÉTAT DES PROFILÉS MÉTALLIQUES.....	5
2.2	ÉTAT DES TÔLES DU TABLIER.....	9
2.3	ÉTAT DES DALES ET MURS DES BELVÉDÈRES.....	10
3	MATÉRIAUX – RÈGLEMENTS.....	12
3.1	MATÉRIAUX.....	12
3.2	RÈGLEMENTS ET DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE.....	12
4	HYPOTHÈSES DE CALCULS.....	13
4.1	CHARGES PERMANENTES « G ».....	13
3.1.2.	POIDS PROPRE – G_1 – CAS 1.....	13
3.1.3.	TABLIER DE LA PASSERELLE – G_2 – CAS 2.....	13
3.1.2.	COUVERTURE DE LA PASSERELLE – G_3 – CAS 3.....	14
3.1.2.	GARDE-CORPS DE LA PASSERELLE – G_4 – CAS 4.....	15
4.2	CHARGES D'EXPLOITATION « Q ».....	16
3.1.2.	CHARGES D'EXPLOITATION – PASSERELLE – Q_1 – CAS 5.....	16
3.1.2.	CHARGES D'EXPLOITATION – GARDE-CORPS PASSERELLE – Q_2 – CAS 6.....	17
4.3	CHARGES DE NEIGE « S_N » - CAS 7.....	18
4.3.1	ACCUMULATION DE NEIGE.....	18
4.4	CHARGES DE VENT « W » – W_1, W_2, W_3, W_4 – CAS 8, 9, 10, 11.....	20
3.1.2.	DONNÉES DE BASE.....	20
3.1.3.	VITESSE MOYENNE DU VENT.....	21
3.1.2.	PRESSION DYNAMIQUE DE POINTE.....	21
3.1.2.	FORCE DE FROTTEMENT « TRAINÉE ».....	21
3.1.3.	COEFFICIENTS DE PRESSIONS.....	22
4.5	ACTION THERMIQUE – T_{-30}, T_{+30} – CAS 12, 13.....	25
5	FLÈCHES ET DÉPLACEMENTS ADMISSIBLES.....	27
5.1	FLÈCHES VERTICALES.....	27
5.2	DÉPLACEMENTS HORIZONTAUX.....	28
6	COMBINAISONS.....	29
6.1	RECAPITULATION DES CAS DE CHARGES.....	29
6.2	COMBINAISONS AUX ETATS LIMITES DE SERVICE.....	29
6.3	COMBINAISONS AUX ETATS LIMITES ULTIMES.....	29
7	DESCENTE DE CHARGES.....	30
7.1	REPÉRAGE DES APPUIS.....	30
7.2	TABLEAUX DES RÉACTIONS D'APPUIS DES CAS DE CHARGES ÉLÉMENTAIRES.....	31
8	VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS EN ACIER SELON L'EUROCODE 3.....	36
8.1	VÉRIFICATION DES POTEAUX DU PORTIQUE D'ENTRÉE.....	36
8.2	VÉRIFICATION DES TRAVERSES DU PORTIQUE D'ENTRÉE.....	38
8.3	VÉRIFICATION DES POTEAUX DE LA PALÉE DE STABILITÉ.....	40
8.4	VÉRIFICATION DES TRAVERSES DE LA PALÉE DE STABILITÉ.....	42
8.5	VÉRIFICATION DES DIAGONALES DE LA PALÉE DE STABILITÉ.....	44
8.6	VÉRIFICATION DES POUTRES DU TABLIER.....	46
8.7	VÉRIFICATION DES CONTREVENTEMENTS DU TABLIER.....	48
8.8	VÉRIFICATION DES ENTRETOISES DU TABLIER.....	50
8.9	VÉRIFICATION DES PANNES.....	52

8.10	VÉRIFICATION DE LA POUTRE AU VENT EN TOITURE.....	54
8.11	VÉRIFICATION DES MEMBRURES	56
8.12	VÉRIFICATION DES DIAGONALES	58
8.13	VÉRIFICATION DES MONTANTS.....	60
9	VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS EN BA ET MAÇONNERIE SELON L'EUROCODE 2 ET 6	62
10	VÉRIFICATION DES DALLES DES BELVÉDÈRE SELON L'EUROCODE 2.....	62
11	VÉRIFICATION DES MURS DES BELVÉDÈRE SELON L'EUROCODE 6.....	65
11.1	ÉLANCEMENT GÉOMÉTRIQUE DU MUR.....	65
11.2	RÉSISTANCE DU MUR A LA COMPRESSION CENTRÉE	65
11.3	TAUX DE TRAVAIL.....	65
12	CONCLUSION ET PROPOSITIONS DE STRATÉGIES DE RENFORCEMENT	66

1 INTRODUCTION

L'objectif de ce document est de fournir au maître d'ouvrage le diagnostic structurel selon les normes en vigueur de la passerelle nord. Les hypothèses de calculs, les pathologies ainsi que le calcul réglementaire seront présentées dans ce document.

La partie concernée par cette note est la passerelle NORD et les deux belvédères :

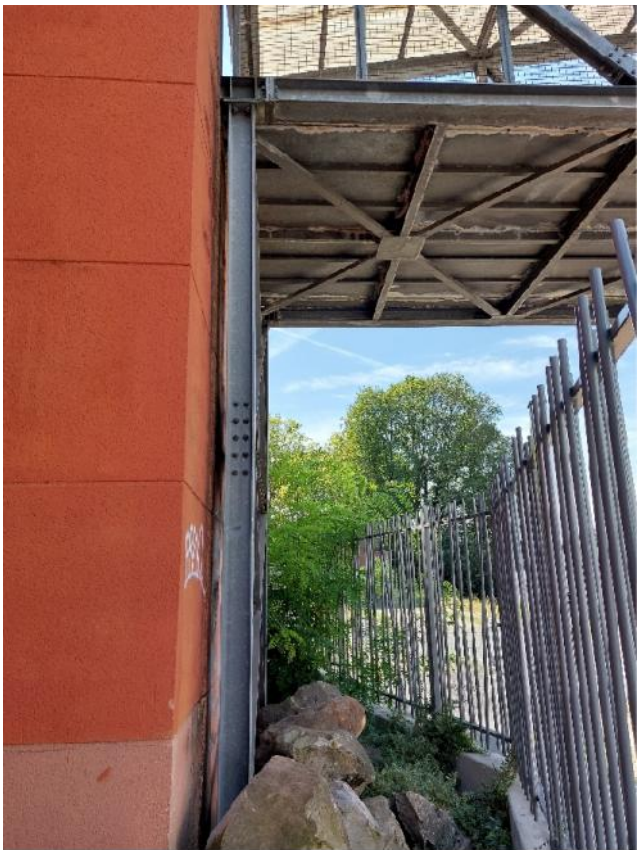


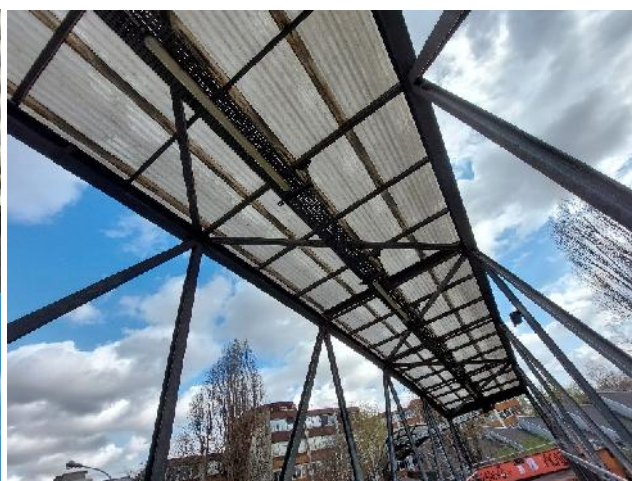
2 PATHOLOGIES

2.1 ÉTAT DES PROFILÉS MÉTALLIQUES

Les profilés métalliques des structures principales sont dans un état acceptable (sauf les profilés dégradés par effeuillage à plus de 2 mm), on constate la présence de dégradation superficielle de la galvanisation ainsi que la corrosion de plusieurs organes d'assemblages (boulons, etc.) :







- ➔ Nous préconisons l'application d'un système de peinture anti-corrosion (3 couches) et le remplacement de la boulonnerie corrodée.



- ➔ Nous préconisons la substitution des profilés métalliques dégradés par effeuillage de plus de 2 mm et le remplacement la boulonnerie corrodée. L'application d'un système de peinture anti-corrosion (3 couches) est nécessaire pour compléter la protection.

2.2 ÉTAT DES TÔLES DU TABLIER

Les tôles métalliques du tablier sont dans un état passable par zone (sauf les tôles dégradées par effeuillage à plus de 2 mm), on constate la présence de dégradation superficielle de la galvanisation, rouille blanches (stockage inappropriés) ou défaut de laitier, ainsi que plusieurs organes d'assemblages corrodés (boulons, etc.) :

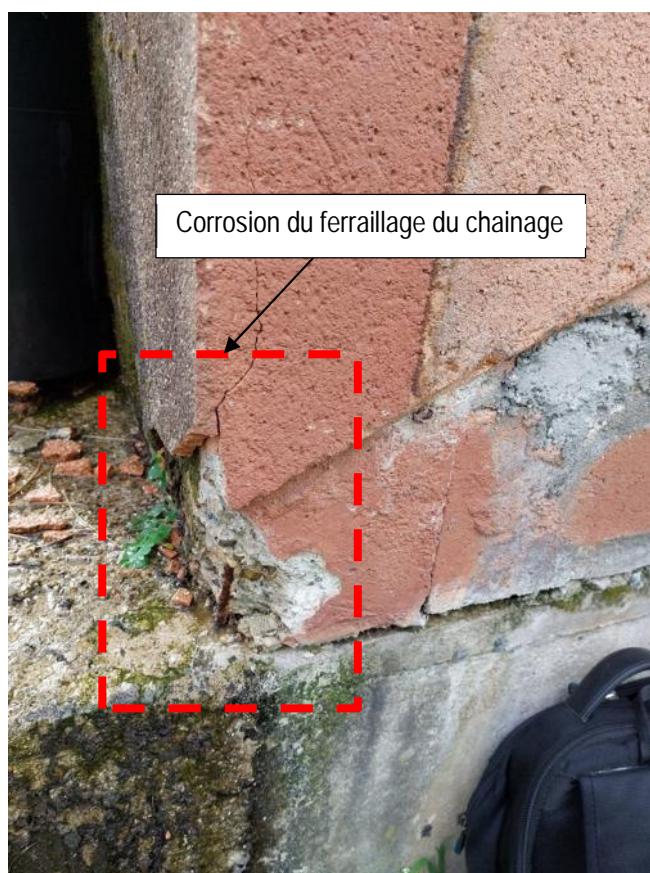


- La réparation de la rouille blanche ou présence de laitier à cause d'un défaut de mise en œuvre est possible après nettoyage à la brosse. Le nettoyage à la brosse ne doit pas révéler des zones à corrosion avancée. Les tôles présentant des corrosions avancées doivent être remplacées. Nous préconisons la réparation des zones atteintes superficiellement et le remplacement des tôles ainsi que la boulonnerie corrodée. L'application d'un système de peinture anti-corrosion (3 couches) est nécessaire pour compléter la protection.

2.3 ÉTAT DES DALES ET MURS DES BELVÉDÈRES



Mur en parpaing creux épaisseur 20 cm



- Nous préconisons le renforcement des dalles (plat carbone ou autre) et des murs en maçonnerie (par incorporation d'une structure béton armé ou autre) ainsi que la reconstitution de l'enrobage après passivation et réparation des aciers.

3 MATÉRIAUX – RÈGLEMENTS

3.1 MATÉRIAUX

On utilise le matériau suivant :

Acier au carbone de nuance S235 avec les propriétés suivantes :

- Limite élastique : $f_y = 235 \text{ MPa}$
- Limite de rupture : $f_u = 360 \text{ MPa}$
- Module d'Young : $E = 210\,000 \text{ MPa}$
- Module de cisaillement : $G = 81\,000 \text{ MPa}$
- Coefficient de dilatation thermique linéaire : $\alpha = 10^{-5} \text{ m par } ^\circ\text{C}$

Béton armé :

- Résistance caractéristique béton : $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Résistance caractéristique acier « Barres HA » : $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Maçonnerie en parpaing creux :



													
	Perforé					Creux							
Groupe	2					3							
Epaisseur	15	20				20							
f_b (MPa)	8	8				12	4	6		8	12		
Joint	M10	M10	JM	M10	JM	M10	JM	M10	JM	M10	JM	M10	JM
f_k (MPa)	3,8	3,8	2,8	5,1	3,7	2,0	1,3	2,8	1,8	3,4	2,1	4,5	2,8
$f_{v,k}$ (MPa)	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3

Tableau 3.4 : Blocs creux ou perforés de béton de granulat.

- Résistance de calcul à la compression ($\gamma_M = 2.7$ « IL1 ») : $f_d = f_k / \gamma_M = 1.04 \text{ MPa}$

3.2 RÈGLEMENTS ET DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- Eurocode 0 : « Bases de calcul des structures » et annexes nationale française.
- Eurocode 1 : « Actions sur les structures » et annexes nationale française.
- Eurocode 2 : « Calcul des structures en béton » et annexes nationale française.
- Eurocode 3 : « Calcul des structures en acier » et annexes nationale française.
- Eurocode 6 : « Calcul des structures en maçonnerie » et annexes nationale française.
- Guide AFGC-SETRA : Passerelles piétonnes – Évaluation du comportement vibratoire des passerelles sous l'action des piétons.
- Sondages et relevé fournis par EGV BAT :
 - Relevé des sections reçu le 15/02/2023 ;
 - Reportages photographiques des sondages réalisés sur la passerelle extérieur reçu le 24/02/2023.

4 HYPOTHÈSES DE CALCULS

On détermine les charges appliquées aux éléments de structure :

4.1 CHARGES PERMANENTES « G »

3.1.2. POIDS PROPRE – G_1 – CAS 1

Poids volumique acier :

7850 kg/ m³

Le poids d'assemblages est pris forfaitairement en compte dans les calculs par application d'un coefficient pondérateur sur la densité de l'acier d'une valeur de 10%.

3.1.3. TABLIER DE LA PASSERELLE – G_2 – CAS 2

Revêtement en asphalte ép. 4cm (1800 daN/m³)

72 daN/m²

Tôle en acier + nervures

15 daN/m²

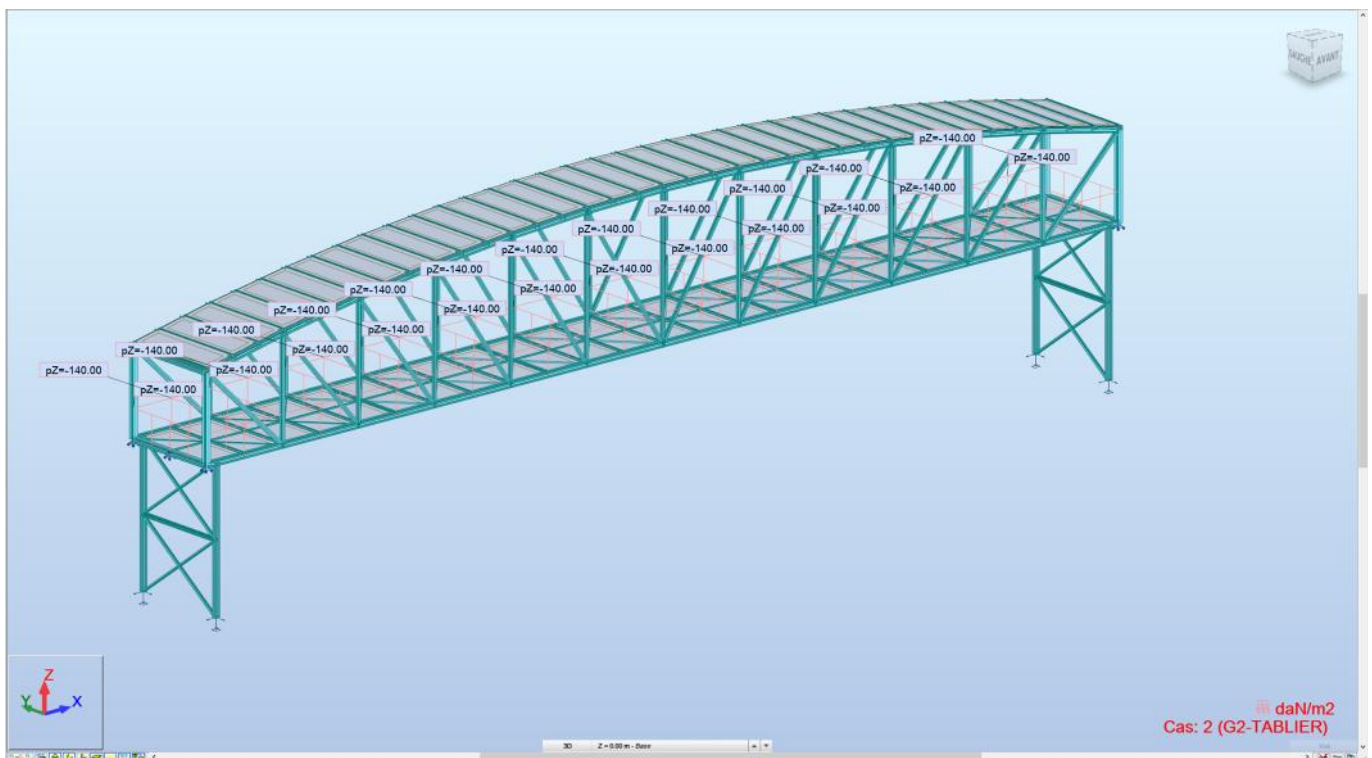
Chemin de câble + éclairage + divers

53 daN/m²

Total :

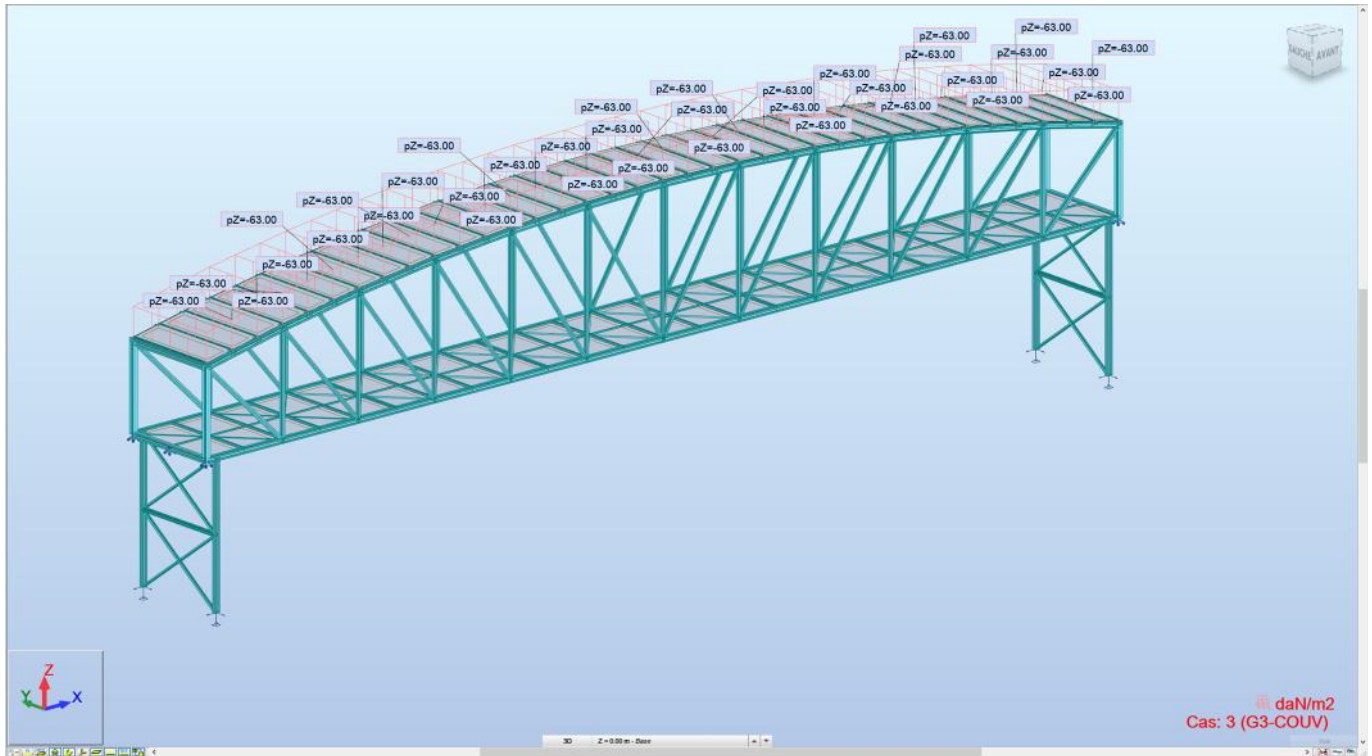
140 daN/m²

Représentation graphique :



3.1.2. COUVERTURE DE LA PASSERELLE – G₃ – CAS 3

Revêtements en polycarbonate ondulé + fixations	3 daN/m ²
Poutrelle métallique (IPE 80) + fixations	10 daN/m ²
Chemin de câble + éclairage + divers	50 daN/m ²
Total :	63 daN/m ²

Représentation graphique :

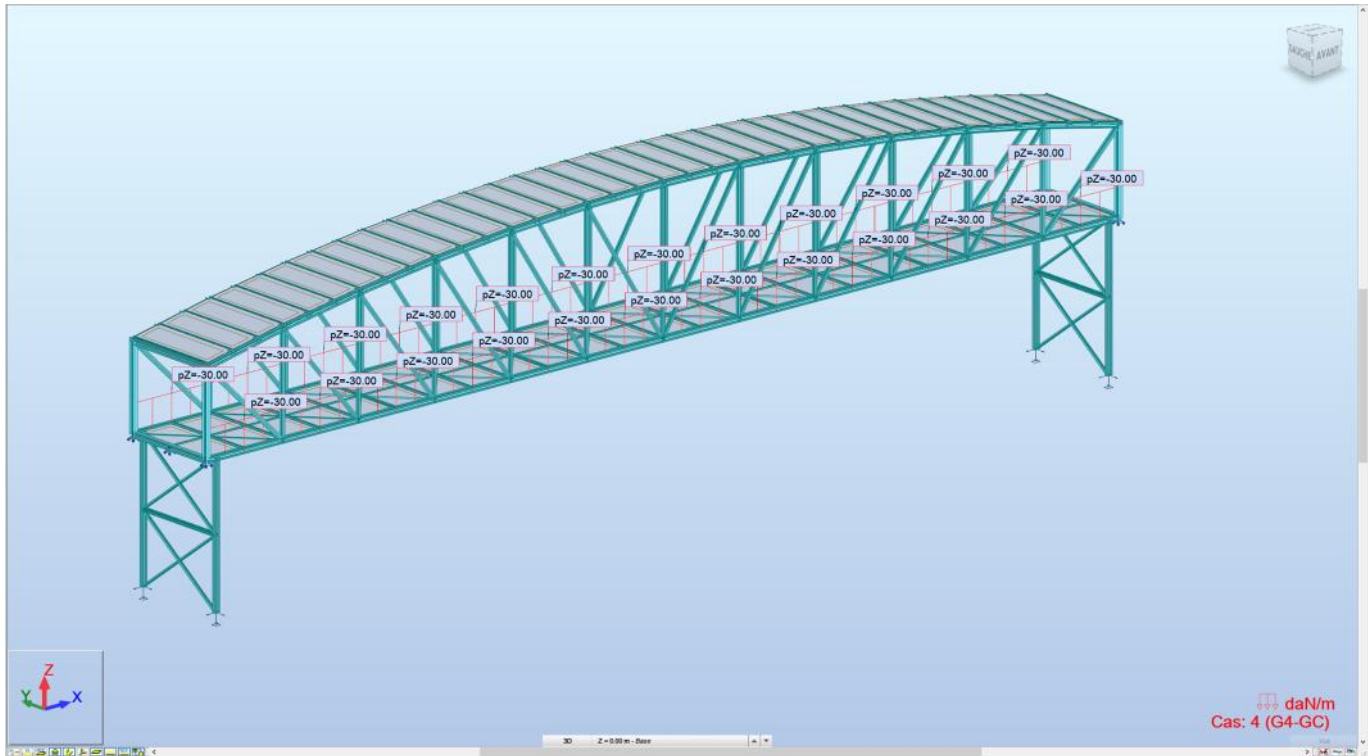
3.1.2. GARDE-CORPS DE LA PASSERELLE – G₄ – CAS 4

Garde-corps de la passerelle + grillage et fixations

30 daN/ml

Total :

30 daN/ml

Représentation graphique :

Nota : Les valeurs ci – dessus correspondent à des hypothèses, elles doivent donc être confirmées en phase exécution par l'entreprise en charge des travaux.

4.2 CHARGES D'EXPLOITATION « Q »

3.1.2. CHARGES D'EXPLOITATION – PASSERELLE – Q_1 – CAS 5

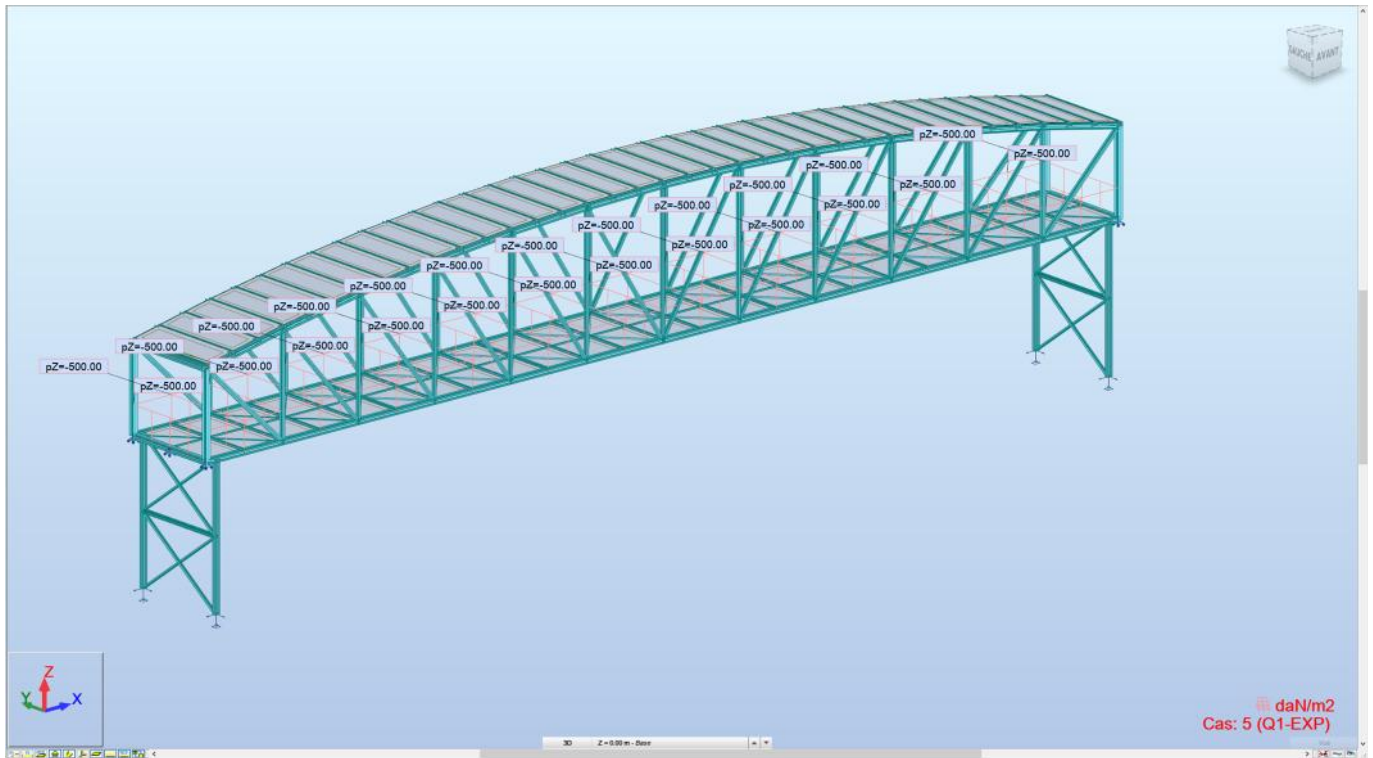
Passerelle piétonne

500 daN/m²

Total :

500 daN/m²

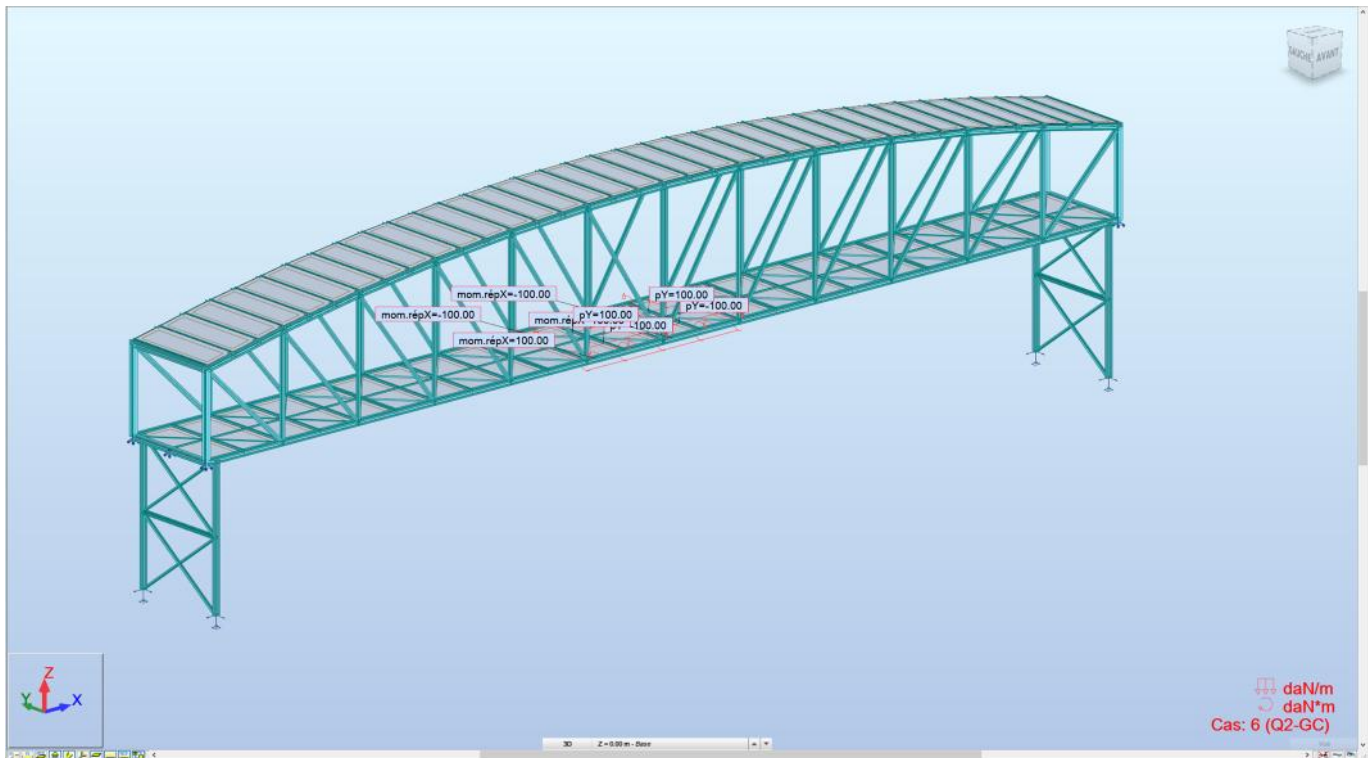
Représentation graphique :



3.1.2. CHARGES D'EXPLOITATION – GARDE-CORPS PASSERELLE – Q_2 – CAS 6

Garde-corps passerelle piétonne (charges horizontales) (NF P 06-111-2/A1)	100 daN/ml
Total :	100 daN/ml

La charges d'exploitation ne s'applique pas partout et au même moment sur toute la passerelle. En effet, il très peu probable d'avoir une charge horizontale sur tous les gardes corps simultanément. Nous l'appliquerons uniquement sur un tronçon défavorable.

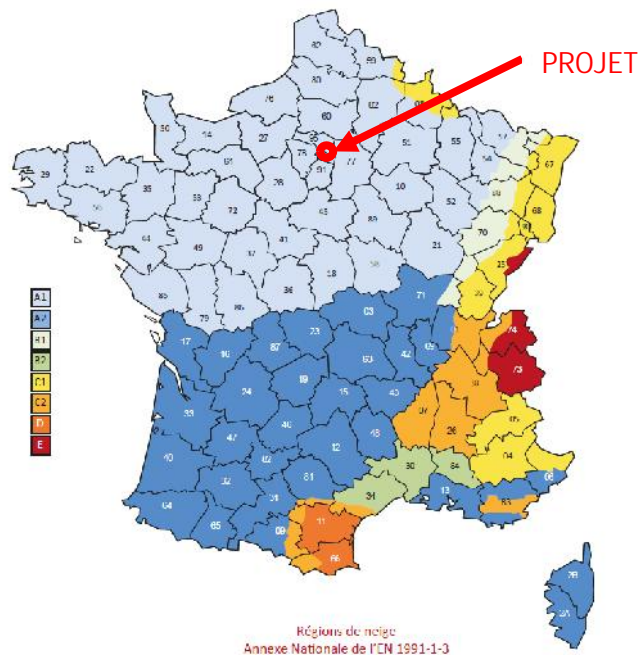
Représentation graphique :

4.3 CHARGES DE NEIGE « S_N » - CAS 7

Valeur caractéristique de la charge de neige au sol :

$S_k = 45 \text{ daN / m}^2$

Région 1A



Altitude du site : < 200 mètres

Valeur accidentelle de la charge de neige au sol :

Pas de correction de la valeur caractéristique

Pas de charge accidentelle

Région 1A

Coefficient d'exposition :

$C_e = 1$

Coefficient thermique :

$C_t = 1$

Coefficients de forme de la toiture en zone courante :

$\sim 0,8$ ($r < 30^\circ$)

Charge additionnelle « concomitante pluie / neige »

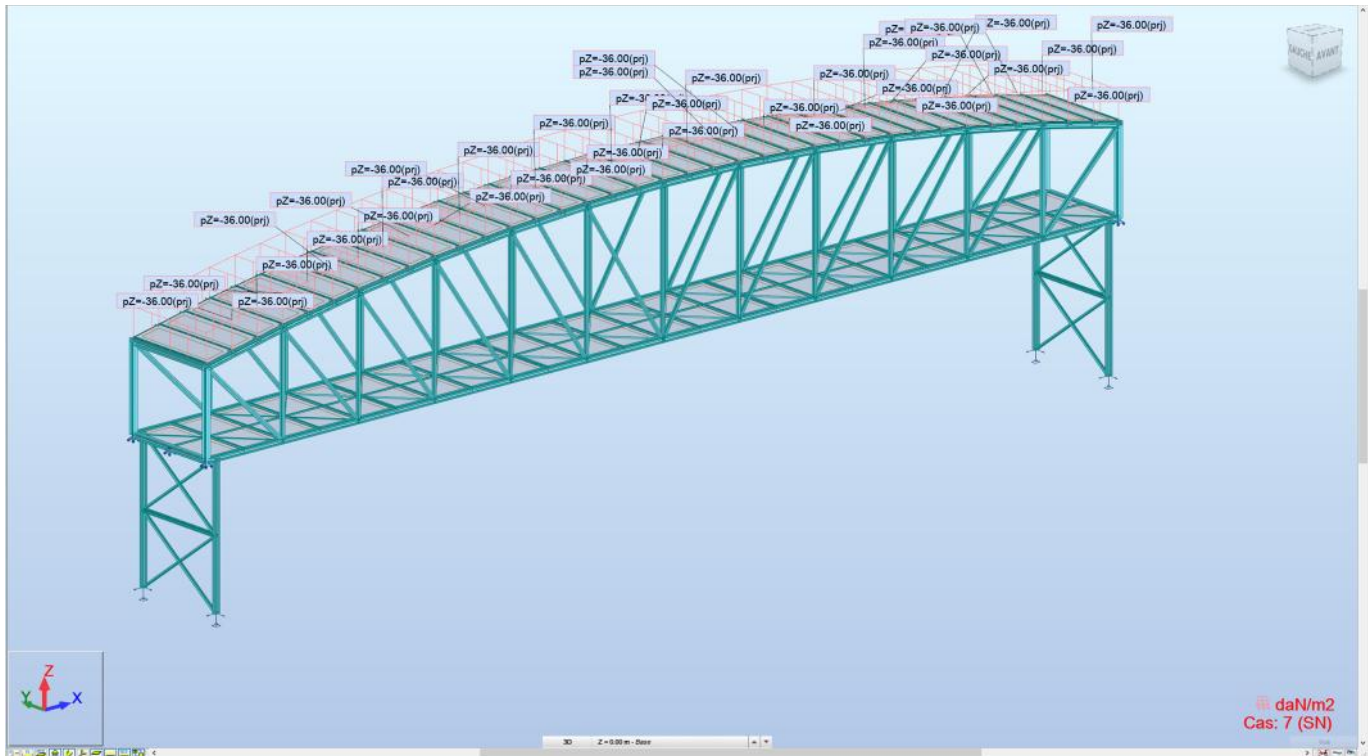
$S_1 = 0 \text{ daN / m}^2$ pente supérieure à 3%

Valeur caractéristique de la charge de neige sur la toiture :

$S = \gamma_i \times C_e \times C_t \times S_k + S_1 = 36 \text{ daN / m}^2$

4.3.1 ACCUMULATION DE NEIGE

S.O.

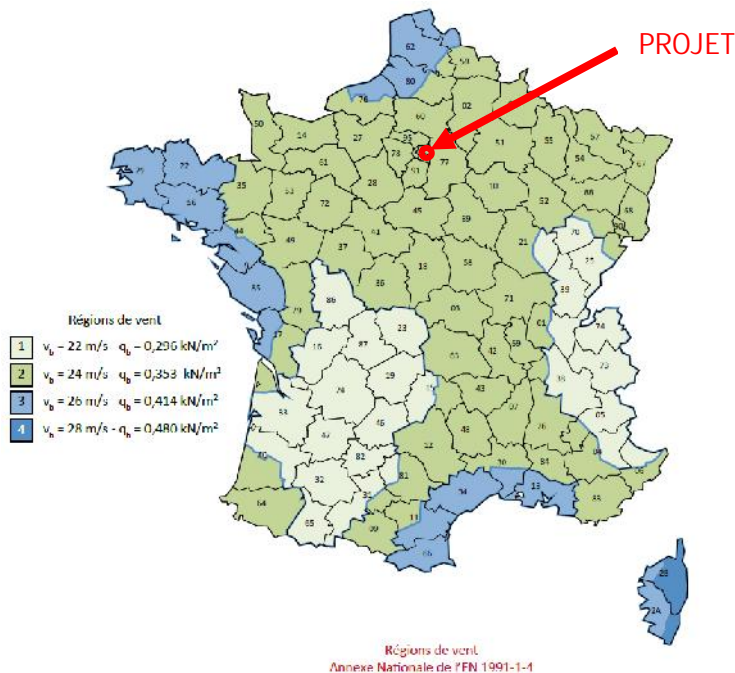
Représentation graphique :

4.4 CHARGES DE VENT « W » – W₁, W₂, W₃, W₄ – CAS 8, 9, 10, 11

3.1.2. DONNÉES DE BASE

Valeur de base de vent caractéristique :

$v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$ Région 2



Coefficient de direction :

$C_{dir} = 1$

Coefficient de saison :

$C_{season} = 1$

Vitesse de référence corrigée :

$v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$

Hauteur de l'ouvrage au-dessus du sol :

$z = 10 \text{ m}$

Rugosité :

IIIb

Longueur de rugosité :

$z_0 = 0,5 \text{ m}$

Longueur de rugosité de référence (rase campagne) :

$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$

Longueur minimale :

$z_{min} = 9 \text{ m}$

Tableau 4.1(NA) — Catégories et paramètres de terrain

Catégorie de terrain	z_0 [m]	z_{min} [m]
0 Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km	0,005	1
II Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur	0,05	2
IIIa Campagne avec des haies ; vignobles ; bocage ; habitat dispersé	0,20	5
IIIb Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers	0,5	9
IV Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts	1,0	15

NOTE 1 Les catégories de terrain sont illustrées par les photographies aériennes des figures 4.6(NA) à 4.14(NA).

NOTE 2 Le coefficient de rugosité, fonction de la catégorie de terrain et de la hauteur z , est illustré à la figure 4.15(NA).

Coefficient d'orographie du terrain (ouvrage avec $z \leq 10 \text{ m}$) :

$c_0(z) = 1$

3.1.3. VITESSE MOYENNE DU VENT

Vitesse moyenne du vent :

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b$$

Coefficient de rugosité du terrain :

- Facteur de terrain :

- Coefficient de rugosité :

$$c_r(z) = k_r \times \ln(z / z_0)$$

$$k_r = 0,19 \times (z_0 / z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \times (0,5 / 0,05)^{0,07} = 0,22$$

$$c_r(z) = 0,22 \times \ln(10,5 / 0,5) = 0,67$$

Vitesse moyenne du vent :

$$v_m(z) = 0,67 \times 1 \times 24 = 16,08 \text{ m/s}$$

On ne considère pas de variation de vitesse de vent en fonction de la hauteur car « h » dans les deux directions de vent.

3.1.2. PRESSION DYNAMIQUE DE POINTE

Intensité de la turbulence :

$$I_v(z) = k_l / [c_0(z) \times \ln(z / z_0)] \text{ (formule recommandée)}$$

Coefficient de turbulence :

$$k_l = 1$$

Intensité de la turbulence :

$$I_v(z) = 1 / [1 \times \ln(10 / 0,5)] = 0,33$$

Pression dynamique de pointe « méthode 1 » :

$$q_p(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times 0,5 \times v_m^2(z)$$

Masse volumique de l'air :

$$= 1,225 \text{ kg / m}^3$$

Pression dynamique de pointe :

$$q_p(z) = [1 + 7 \times 0,33] \times 0,5 \times 1,225 \times 16,08^2 = 524,21 \text{ N / m}^2$$

Pression dynamique de pointe « méthode 2 » :

$$q_p(z) = c_e(z) \times q_b$$

Pression dynamique de référence du vent :

$$q_b = 0,5 \times v_m^2 = 0,5 \times 1,225 \times 24^2 = 352,8 \text{ N / m}^2$$

Coefficient d'exposition :

$$c_e(z) = k_z \times \ln(z / z_0) \times [7 + \ln(z / z_0)]$$

$$c_e(z) = 0,22 \times \ln(10 / 0,5) \times [7 + \ln(10 / 0,5)] = 1,50$$

Pression dynamique de pointe :

$$q_p(z) = 1,50 \times 352,8 = 530 \text{ N / m}^2$$

On prend donc la valeur la plus défavorable, soit :

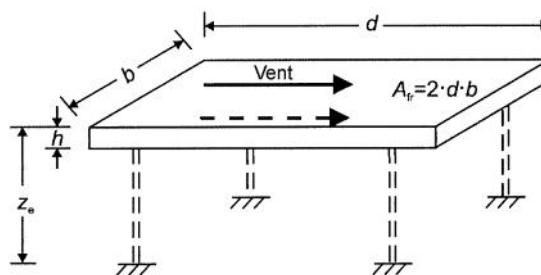
$$q_p(z) = 53 \text{ daN / m}^2$$

3.1.2. FORCE DE FROTTEMENT « TRAINÉE »

Une force de frottement est à considérer pour le vent soufflant selon la longueur des passerelles.

Pour le calcul de l'aire de référence, on considère 2 faces pour la toiture et 2 faces pour le tablier.

Aire de référence de frottement : $A_{fr} = 2 \times (37,5 \times 3,6) + 2 \times (37,5 \times 3,6) = 540 \text{ m}^2$ (270 m² par face)



Coefficient de frottement :

- On considère une surface très rugueuse : $c_{fr} = 0,04$ (par face)

Force de frottement :

- Force de frottement à considérer :

$$F_{fr} = A_{fr} \times c_{fr} \times q_p(z) = 4 \times (135 \times 0,04 \times 53) = 1\,145 \text{ daN}$$

Cette force est à répartir sur l'aire de référence de frottement pour le vent soufflant selon la longueur des passerelles.

3.1.3. COEFFICIENTS DE PRESSIONS

Les tabliers et les toitures des passerelles sont considérés comme des toitures isolées sans obstacle :

Tableau 2 — Coefficients de pression et de force à appliquer pour une toiture isolée à un versant

Angle de toiture	Obstruction φ	Coefficients de force globaux c_f	Coefficients de pression c_p		
			c_1	c_2	c_3
0°	maxi, quel que soit φ	$X = 0,25$	0,20	1,10	0,13
	minimum, $\varphi = 0$		-0,50	-1,40	0,19
	minimum, $\varphi = 1$		-1,30	-2,95	0,67
5°	maxi, quel que soit φ	$X = 0,25$	0,40	1,30	0,70
	minimum, $\varphi = 0$		-0,70	-1,80	-1,47
	minimum, $\varphi = 1$		-1,40	-3,15	-3,14
10°	maxi, quel que soit φ	$X = 0,25$	0,50	1,60	0,89
	minimum, $\varphi = 0$		-0,90	-2,10	-1,99
	minimum, $\varphi = 1$		-1,40	-3,15	-3,14
15°	maxi, quel que soit φ	$X = 0,325$	0,70	1,80	1,08
	minimum, $\varphi = 0$		-1,10	-2,50	-1,85
	minimum, $\varphi = 1$		-1,40	-3,00	-2,44
20°	maxi, quel que soit φ	$X = 0,40$	0,80	2,10	0,76
	minimum, $\varphi = 0$		-1,30	-2,90	-1,50
	minimum, $\varphi = 1$		-1,40	-3,00	-1,67
25°	maxi, quel que soit φ	$X = 0,40$	1,00	2,30	1,11
	minimum, $\varphi = 0$		-1,60	-3,20	-2,02
	minimum, $\varphi = 1$		-1,40	-2,80	-1,77
30°	maxi, quel que soit φ	$X = 0,40$	1,20	2,40	1,51
	minimum, $\varphi = 0$		-1,80	-3,60	-2,27
	minimum, $\varphi = 1$		-1,40	-2,70	-1,82

NOTE Pour les valeurs intermédiaires d'angle de toiture ou d'obstruction φ , les valeurs des coefficients de pression c_1, c_2, c_3 peuvent être obtenues par interpolation linéaire.

Pour simplifier, on appliquera le coefficient de pression avec les valeurs de -1.40 (soulèvement) et -1.10 (pression) sur toutes les surfaces.

On appliquera aux profilés à angle vif (type HEA : principalement les poteaux, diagonales, montants, etc.) le coefficient de pression avec la valeur de 1.9 (Hypothèse défavorable : $c_T = c_N$ avec $r = 90^\circ$) :

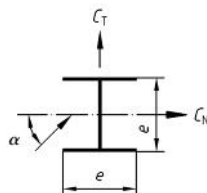
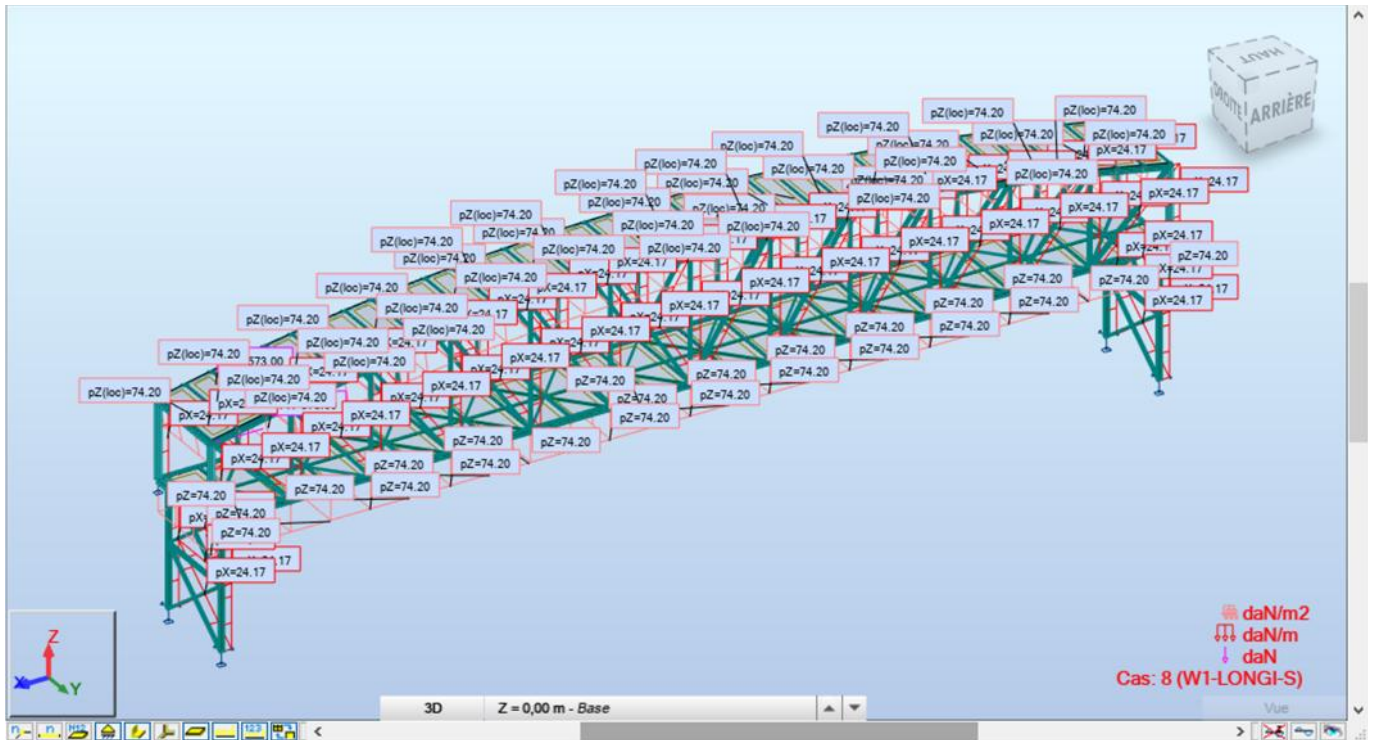


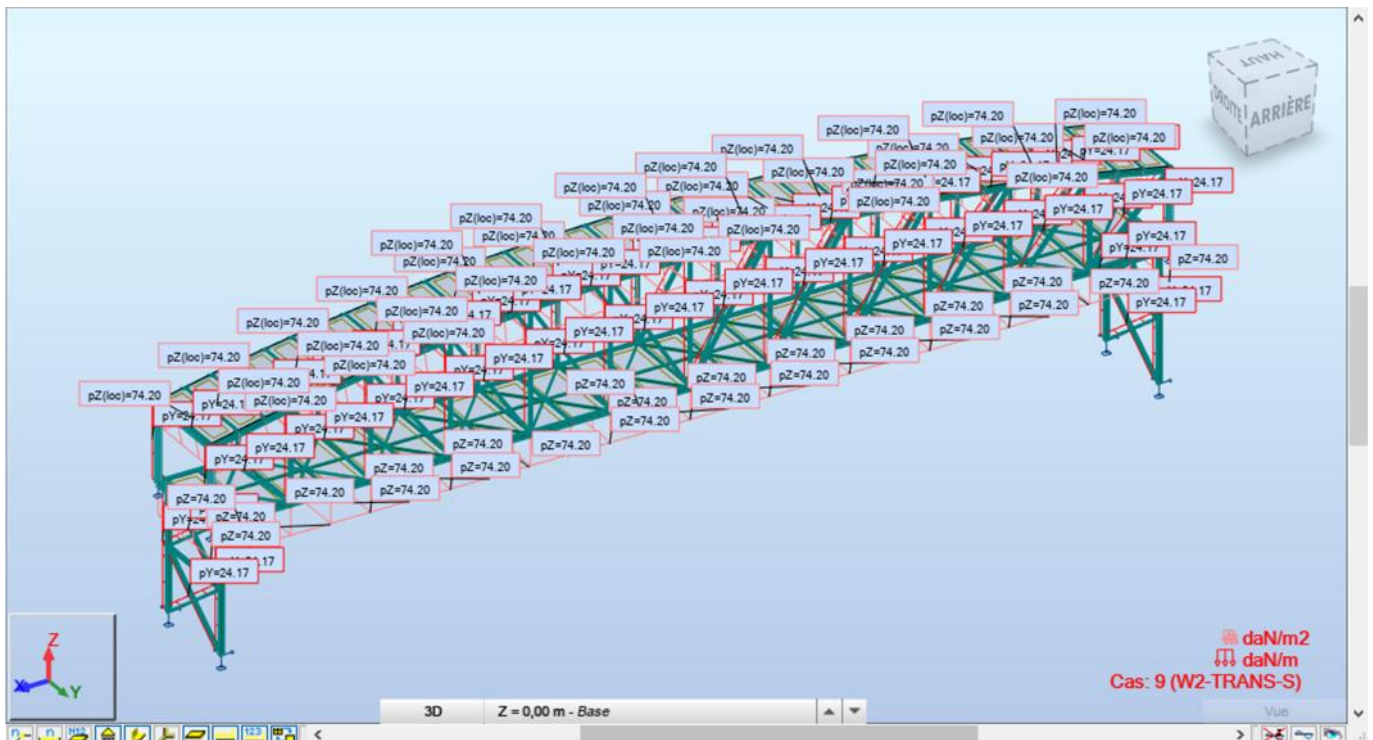
Figure 7.46(NA)

α	c_x	c_y	c_T	c_N
0°	1,60	0,00	0,00	1,60
45°	2,20	-0,22	1,40	1,70
90°	1,90	0,00	1,90	0,00

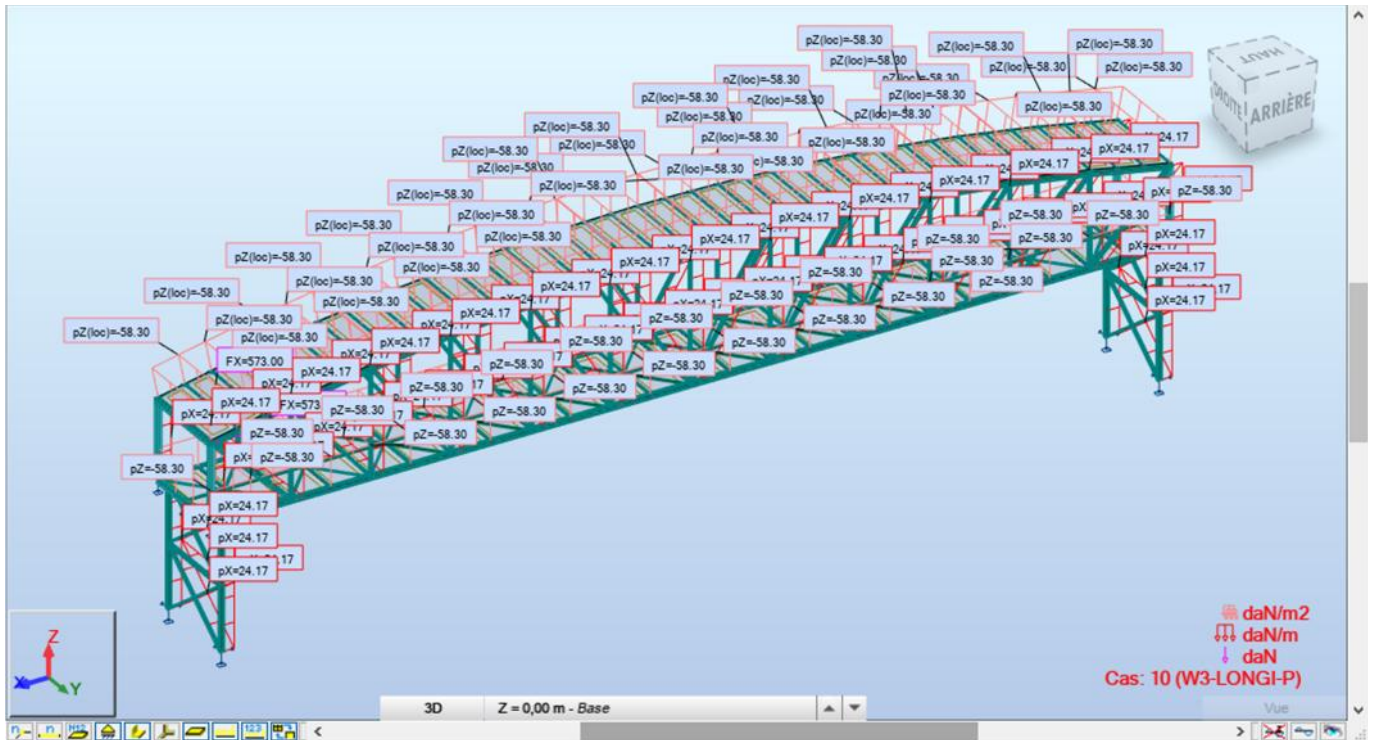
Représentation graphique – CAS 8 :



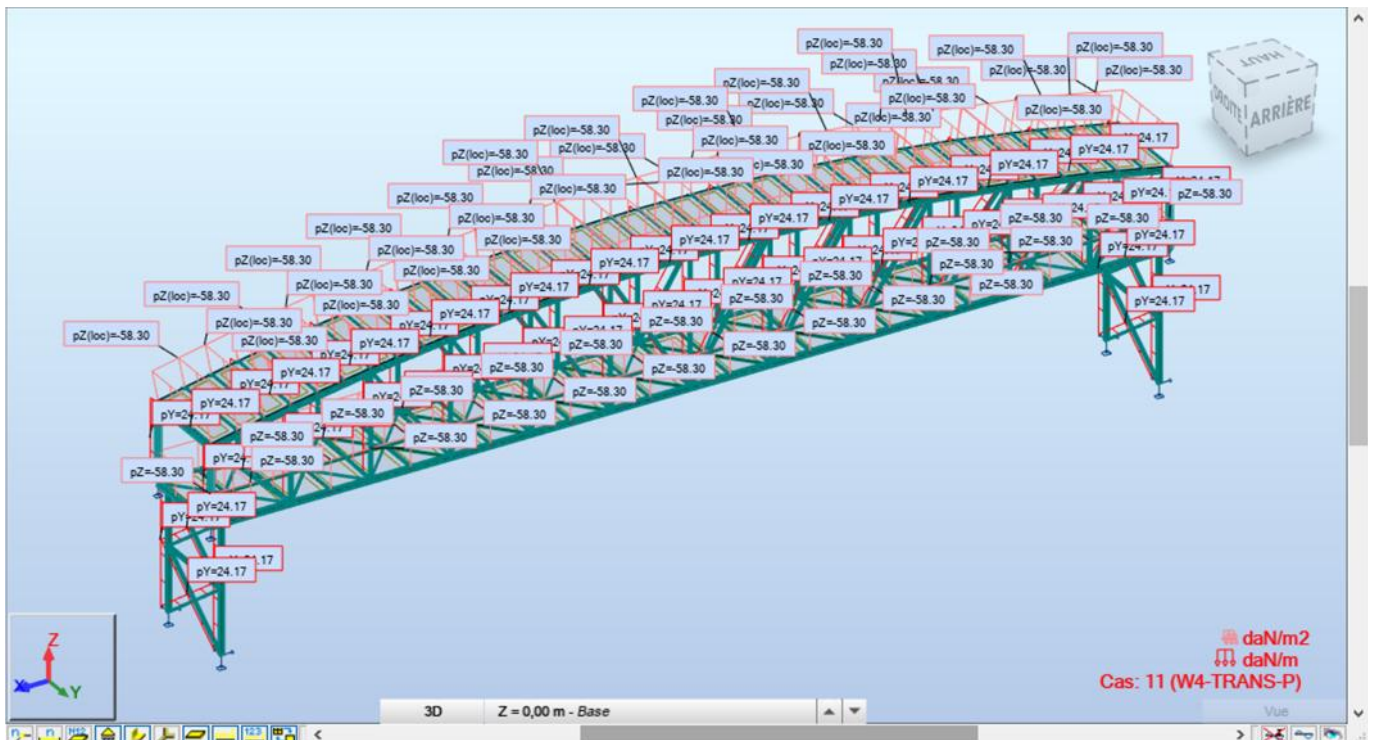
Représentation graphique – CAS 9 :



Représentation graphique – CAS 10 :



Représentation graphique – CAS 11 :



4.5 ACTION THERMIQUE – T_{-30} , T_{+30} – CAS 12, 13

On considère une élévation de température selon NF EN 1991-1-5/NA :

Températures extrêmes de l'air sous abri, par département métropolitain (en °C)

Département	T_{\max}	T_{\min}	Département	T_{\max}	T_{\min}	Département	T_{\max}	T_{\min}
Ain	40	-30	Gers	40	-20	Pyrénées-Atlantiques	40	-20
Aisne	40	-25	Gironde	40	-15	Hautes-Pyrénées	40	-20
Allier	40	-30	Hérault	40	-20	Pyrénées-Orientales	40	-20
Alpes-de-Haute-Provence	40	-15	Ille-et-Vilaine	35	-15	Bas-Rhin	40	-30
Hautes-Alpes	40	-25	Indre	40	-25	Haut-Rhin	40	-30
Alpes-Maritimes	40	-15	Indre-et-Loire	40	-20	Rhône	40	-30
Ardèche	40	-25	Isère	40	-30	Haute-Saône	40	-30
Ardennes	40	-25	Jura	40	-30	Saône-et-Loire	40	-25
Ariège	40	-20	Landes	40	-20	Sarthe	40	-20
Aube	40	-30	Loir-et-Cher	40	-20	Savoie	40	-30
Aude	40	-20	Loire	40	-30	Haute-Savoie	40	-30
Aveyron	40	-20	Haute-Loire	40	-25	Ville de Paris	40	-20
Bouches-du-Rhône	40	-15	Loire-Atlantique	40	-15	Seine-Maritime	35	-20
Calvados	35	-20	Loiret	40	-20	Seine-et-Marne	40	-25
Cantal	40	-25	Lot	40	-20	Yvelines	40	-20
Charente	40	-20	Lot-et-Garonne	40	-20	Deux-Sèvres	40	-20
Charente-maritime	40	-15	Lozère	40	-25	Somme	35	-20
Cher	40	-25	Maine-et-Loire	40	-20	Tarn	40	-20
Corrèze	40	-25	Manche	35	-15	Tarn-et-Garonne	40	-20
Corse-sud	40	-10	Marne	40	-25	Var	40	-15
Haute-Corse	40	-10	Haute-Marne	40	-25	Vaucluse	40	-15
Côte-d'Or	40	-25	Mayenne	40	-20	Vendée	40	-15
Côtes-d'Armor	35	-15	Meurthe-et-Moselle	40	-30	Vienne	40	-20
Creuse	40	-25	Meuse	40	-25	Haute-Vienne	40	-25
Dordogne	40	-20	Morbihan	35	-15	Vosges	40	-30
Doubs	40	-30	Moselle	40	-30	Yonne	40	-25
Drôme	40	-25	Nièvre	40	-25	Territoire de Belfort	40	-30
Eure	35	-20	Nord	35	-25	Essonne	40	-20
Eure-et-Loir	40	-20	Oise	40	-20	Hauts-de-Seine	40	-20
Finistère	35	-15	Orne	40	-20	Seine Saint-Denis	40	-20
Gard	40	-15	Pas-de-Calais	35	-20	Val-de-Marne	40	-20
Haute-Garonne	40	-20	Puy-de-Dôme	40	-25	Val-d'Oise	40	-20

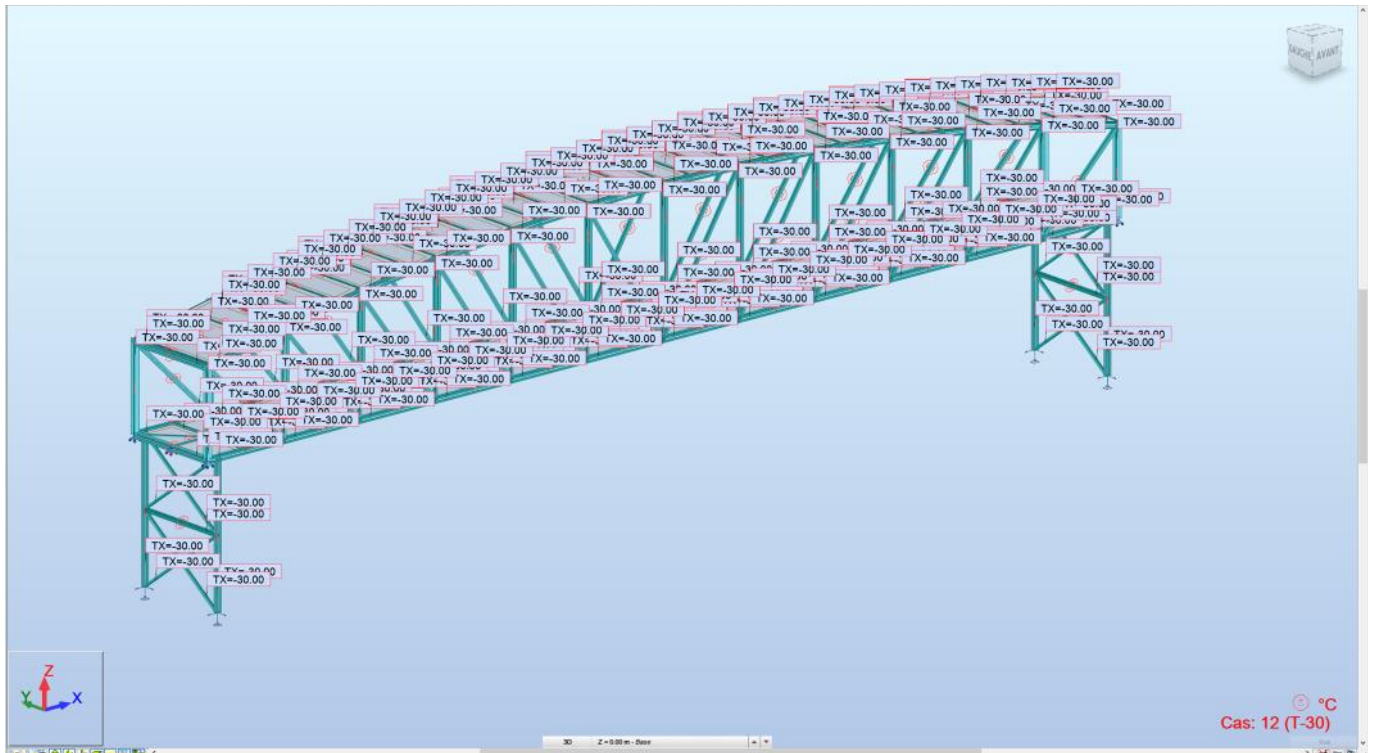
Le projet est situé dans le département de Seine Saint Denis, avec les températures suivantes :

Température maxi : $T_{\max} = + 40^{\circ}\text{C}$
 Température mini : $T_{\min} = - 20^{\circ}\text{C}$
 Température d'origine « éléments de structure » : $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$

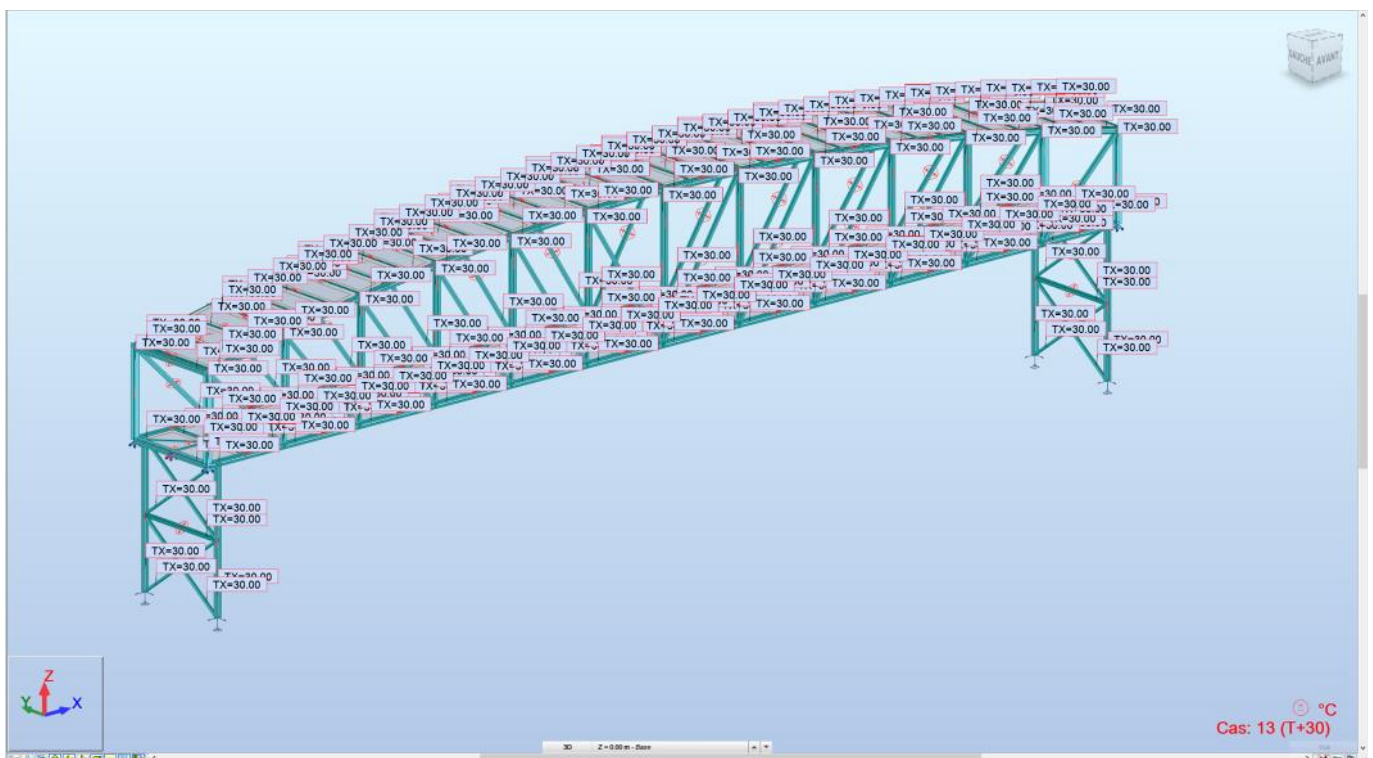
On appliquera donc à l'ensemble de la structure les élévations uniformes de températures suivantes :

Élévation maxi : $T_{+30} = 40 - 10 = + 30^{\circ}\text{C}$
 Élévation mini : $T_{-30} = -20 - 10 = - 30^{\circ}\text{C}$

Représentation graphique – CAS 12 :



Représentation graphique – CAS 13 :



5 FLÈCHES ET DÉPLACEMENTS ADMISSIBLES

5.1 FLÈCHES VERTICALES

Valeurs limites recommandées pour les flèches verticales

Les valeurs limites recommandées données ci-après sont destinées à être comparées aux résultats des calculs et n'ont pas à être interprétées comme étant des critères de performance. Il convient de leur comparer les valeurs calculées à partir des combinaisons caractéristiques.

Les notations des valeurs limites de flèches indiquées ci-après sont représentées sur la Figure 1 dans le cas de la poutre simplement appuyée.



Figure 1 — Définition des flèches verticales

où :

- w_c Contreflèche dans l'élément structural non chargé ;
- w_1 Partie initiale de la flèche sous les charges permanentes de la combinaison d'actions correspondante selon les expressions (6.14a) à (6.16b) ;
- w_2 Partie à long terme de la flèche sous les charges permanentes (sans objet pour le domaine traité dans cette Annexe Nationale) ;
- w_3 Partie additionnelle de la flèche due aux actions variables de la combinaison d'actions correspondante d'après les expressions (6.14a) à (6.16b) ;
- w_{tot} Flèche totale, soit $w_{tot} = w_1 + w_2 + w_3$;
- w_{max} Flèche totale compte tenu de la contreflèche, soit $w_{max} = w_{tot} - w_c$;

Les valeurs limites recommandées de flèches verticales pour les poutres de bâtiments sont données au Tableau 1, où L est la portée de la poutre.

Pour les poutres en porte à faux, la longueur L à considérer est égale à deux fois la longueur du porte-à-faux.

Tableau 1 — Valeurs limites maximales recommandées pour les flèches verticales

Conditions	Limites (voir Figure1)	
	w_{max}	w_3
Toitures en général ^{a)}	$L/200$	$L/250$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien	$L/200$	$L/300$
Planchers en général ^{b)}	$L/200$	$L/300$
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides ou des revêtements fragiles	$L/250$	$L/350$
Planchers supportant des poteaux (à moins que la flèche ait été incluse dans l'analyse globale de l'état limite ultime) ^{c)}	$L/400$	$L/500$
Cas où w_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment	$L/250$	
Notes :		
a) On entend par toitures en général, les toitures non accessibles aux usagers. Ces toitures supportent, uniquement, le passage des personnes chargées de l'entretien. Pour les toitures à faible pente, il convient de considérer également l'alinéa ci-après relatif à l'accumulation d'eau de pluie.		
b) Les conditions d'utilisation de certaines machines peuvent nécessiter des flèches admissibles plus faibles que celles fixées par les règles générales ; ces limites sont alors à préciser dans les spécifications du marché.		
c) Cette limitation n'est à considérer que si la flèche de ces planchers a une influence sur le comportement de la structure supportée par ces poteaux. Dans le cas contraire, on se reportera aux limitations des deux cas précédents.		

5.2 DÉPLACEMENTS HORIZONTAUX

Tableau 2 — Valeurs limites maximales recommandées pour les flèches horizontales

Conditions	Limites (voir Figure 2)
Bâtiments industriels à niveau unique sans pont roulant, avec parois non fragiles ^{a) c) d)} :	
— déplacement en tête de poteaux	$H / 150$
— déplacement différentiel en tête entre 2 portiques consécutifs	$L_i / 150$
Éléments supports de bardage métallique (hors encadrements de baies) :	
— lisses	$L_i / 150$
— montants (flèche propre)	$H_i / 150$
Autres bâtiments à niveau unique, sans pont roulant ^{b) d)} :	
— déplacement en tête de poteaux	$H_i / 250$
— déplacement différentiel en tête entre 2 portiques consécutifs	$L_i / 200$
Bâtiments industriels à plusieurs niveaux, sans pont roulant, avec parois non fragiles ^{c) d)} :	
— entre chaque étage	$H_i / 200$
— pour la structure dans son ensemble	si $H \leq 20$ m $H / 200$ 20 m < $H \leq 40$ m $H / (100 + 5H)$ si $H > 40$ m $H/300$
Autres bâtiments à plusieurs niveaux, sans ponts roulants ^{d)} :	
— entre chaque étage	$H_i / 300$
— pour la structure dans son ensemble	si $H \leq 10$ m $H / 300$ si 10 m < $H \leq 30$ m $H / (200 + 10H)$ si $H > 30$ m $H / 500$
Où H_i est la hauteur du poteau ou de l'étage ou du montant de bardage H est la hauteur totale de la structure L_i est la distance entre deux portiques consécutifs ou la longueur d'une lisse	
Notes :	
a) <u>Bâtiments sans pont roulant</u> : cas des bâtiments avec portiques simples ou à travées multiples, à un niveau, sans exigence particulièrement restrictive en matière de déformation. Pour les portiques avec pont(s) roulant(s), voir la NF EN 1993-6/NA.	
b) <u>Autres bâtiments à niveau unique</u> : ce sont des bâtiments ayant des exigences particulières en matière de déformations (ex. : étanchéité, fragilité des parois, aspect, confort, utilisation). Ils peuvent être simples ou à travées multiples.	
c) On entend par parois fragiles tout système d'enveloppe ou élément de remplissage ayant des exigences plus sévères en termes de déformation ou de compatibilité avec les éléments support.	
d) Dans le cas de parois fragiles, la valeur limite de flèche horizontale peut être supérieure lorsque des dispositions constructives adoptées pour les liaisons des parois à l'ossature le permettent.	

6 COMBINAISONS

6.1 RECAPITULATION DES CAS DE CHARGES

On récapitule ci-après les cas de charges :

POIDS PROPRE	G_1	CAS 1
POIDS TABLIER (REVÊTEMENTS, ETC.)	G_2	CAS 2
POIDS COUVERTURE (REVÊTEMENTS, ETC.)	G_3	CAS 3
POIDS GARDE-CORPS	G_4	CAS 4
EXPLOITATION PASSERELLES	Q_1	CAS 5
EXPLOITATION GARDE-CORPS	Q_2	CAS 6
NEIGE UNIFORME	S_N	CAS 7
VENT LONGITUDINAL AVEC SURPRESSION	W_1	CAS 8
VENT TRANSVERSAL AVEC SURPRESSION	W_1	CAS 9
VENT LONGITUDINAL AVEC DÉPRESSION	W_1	CAS 10
VENT TRANSVERSAL AVEC DÉPRESSION	W_1	CAS 11
TEMPERATURE + 30°C	T_{+30}	CAS 12
TEMPERATURE - 30°C	T_{-30}	CAS 13

Nota : $G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4$

$Q = Q_1 + Q_2$

6.2 COMBINAISONS AUX ETATS LIMITES DE SERVICE

On étudiera sous les combinaisons ELS les flèches et déplacements.

COMBINAISONS « ELS » CARACTÉRISTIQUES :

$$A_{E-F} = \sum (G_S) + \sum (G_{li}) + Q_{k1} + \sum (\psi_{0i} \times Q_k)$$

6.3 COMBINAISONS AUX ETATS LIMITES ULTIMES

On examinera sous les combinaisons ELU les taux de travail (résistance et stabilité).

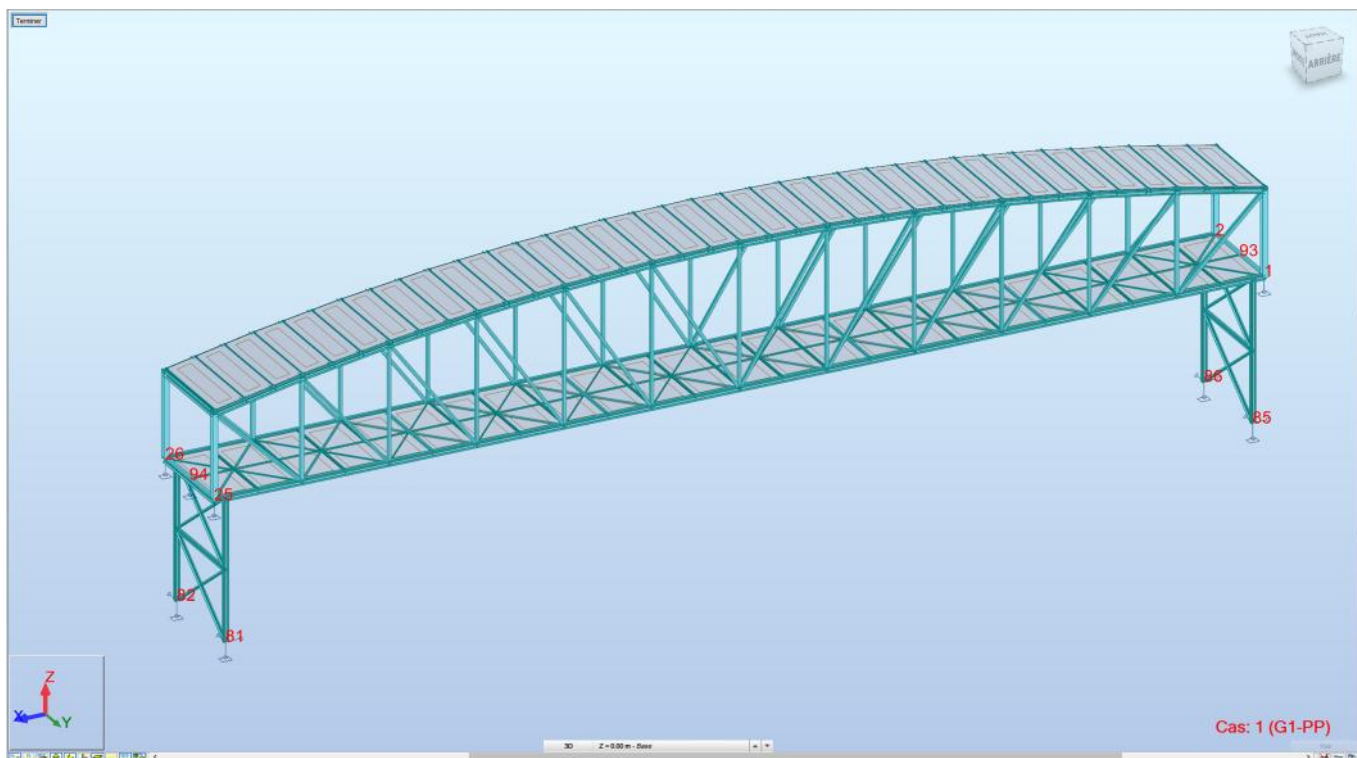
COMBINAISONS « ELU » FONDAMENTALES :

$$A_{E-F} = \sum (\gamma_{G-S} \times G_S) + \sum (\gamma_{G-li} \times G_{li}) + (\gamma_{Q-S} \times Q_{k1}) + \sum (\gamma_{Q-S} \times \psi_{0i} \times Q_k)$$

7 DESCENTE DE CHARGES

On présente dans ce qui suit les réactions d'appuis pour les cas élémentaire ; ces informations nous permettent de vérifier le chargement de la structure.

7.1 REPÉRAGE DES APPUIS



7.2 TABLEAUX DES RÉACTIONS D'APPUIS DES CAS DE CHARGES ÉLÉMENTAIRES

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	1	G1-PP	0.00	0.00	3 119.92	0.00	0.00	0.00
2	1	G1-PP	0.00	0.00	3 117.26	0.00	0.00	0.00
25	1	G1-PP	0.00	0.00	3 119.92	0.00	0.00	0.00
26	1	G1-PP	0.00	0.00	3 117.26	0.00	0.00	0.00
81	1	G1-PP	-13.96	-100.97	1 085.19	0.00	0.00	0.00
82	1	G1-PP	-14.00	100.97	1 087.85	0.00	0.00	0.00
85	1	G1-PP	13.96	-100.97	1 085.19	0.00	0.00	0.00
86	1	G1-PP	14.00	100.97	1 087.85	0.00	0.00	0.00
93	1	G1-PP	0.00	0.00	96.58	0.00	0.00	0.37
94	1	G1-PP	0.00	0.00	96.58	0.00	0.00	-0.37
SOMME TOTALE			0.00	0.00	17 013.61	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	2	G2-TABLIER	0.00	0.00	3 155.89	0.00	0.00	0.00
2	2	G2-TABLIER	0.00	0.00	3 155.86	0.00	0.00	0.00
25	2	G2-TABLIER	0.00	0.00	3 155.89	0.00	0.00	0.00
26	2	G2-TABLIER	0.00	0.00	3 155.86	0.00	0.00	0.00
81	2	G2-TABLIER	-17.94	-113.96	1 160.56	0.00	0.00	0.00
82	2	G2-TABLIER	-17.94	113.96	1 160.59	0.00	0.00	0.00
85	2	G2-TABLIER	17.94	-113.96	1 160.56	0.00	0.00	0.00
86	2	G2-TABLIER	17.94	113.96	1 160.59	0.00	0.00	0.00
93	2	G2-TABLIER	0.00	0.00	215.34	0.00	0.00	0.01
94	2	G2-TABLIER	0.00	0.00	215.34	0.00	0.00	-0.01
SOMME TOTALE			0.00	0.00	17 696.45	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	3	G3-COUV	0.00	0.00	1 640.11	0.00	0.00	0.00
2	3	G3-COUV	0.00	0.00	1 640.10	0.00	0.00	0.00
25	3	G3-COUV	0.00	0.00	1 640.11	0.00	0.00	0.00
26	3	G3-COUV	0.00	0.00	1 640.10	0.00	0.00	0.00
81	3	G3-COUV	-6.86	-35.96	366.21	0.00	0.00	0.00
82	3	G3-COUV	-6.86	35.96	366.23	0.00	0.00	0.00
85	3	G3-COUV	6.86	-35.96	366.21	0.00	0.00	0.00
86	3	G3-COUV	6.86	35.96	366.23	0.00	0.00	0.00
93	3	G3-COUV	0.00	0.00	-0.14	0.00	0.00	0.00
94	3	G3-COUV	0.00	0.00	-0.14	0.00	0.00	0.00
SOMME TOTALE			0.00	0.00	8 025.01	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	4	G4-GC	0.00	0.00	395.14	0.00	0.00	0.00
2	4	G4-GC	0.00	0.00	395.13	0.00	0.00	0.00
25	4	G4-GC	0.00	0.00	395.14	0.00	0.00	0.00
26	4	G4-GC	0.00	0.00	395.13	0.00	0.00	0.00
81	4	G4-GC	-2.31	-15.64	159.28	0.00	0.00	0.00
82	4	G4-GC	-2.31	15.64	159.28	0.00	0.00	0.00
85	4	G4-GC	2.31	-15.64	159.28	0.00	0.00	0.00
86	4	G4-GC	2.31	15.64	159.28	0.00	0.00	0.00
93	4	G4-GC	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
94	4	G4-GC	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
SOMME TOTALE			0.00	0.00	2 217.60	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	5	Q1-EXP	0.00	0.00	11 271.03	0.00	0.00	0.00
2	5	Q1-EXP	0.00	0.00	11 270.91	0.00	0.00	0.00
25	5	Q1-EXP	0.00	0.00	11 271.03	0.00	0.00	0.00
26	5	Q1-EXP	0.00	0.00	11 270.91	0.00	0.00	0.00
81	5	Q1-EXP	-64.07	-406.98	4 144.84	0.00	0.00	0.01
82	5	Q1-EXP	-64.07	406.98	4 144.96	0.00	0.00	-0.01
85	5	Q1-EXP	64.07	-406.98	4 144.84	0.00	0.00	-0.01
86	5	Q1-EXP	64.07	406.98	4 144.96	0.00	0.00	0.01
93	5	Q1-EXP	0.00	0.00	769.06	0.00	0.00	0.02
94	5	Q1-EXP	0.00	0.00	769.06	0.00	0.00	-0.02
SOMME TOTALE			0.00	0.00	63 201.60	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	6	Q2-GC	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00
2	6	Q2-GC	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
25	6	Q2-GC	0.00	0.00	365.96	0.00	0.00	0.00
26	6	Q2-GC	0.00	0.00	366.34	0.00	0.00	0.00
81	6	Q2-GC	0.00	0.23	0.06	0.00	0.00	0.00
82	6	Q2-GC	0.00	-0.23	0.06	0.00	0.00	0.00
85	6	Q2-GC	0.00	0.01	-0.07	0.00	0.00	0.00
86	6	Q2-GC	0.00	-0.01	-0.07	0.00	0.00	0.00
93	6	Q2-GC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
94	6	Q2-GC	0.00	0.00	-732.41	0.00	0.00	-0.01
SOMME TOTALE			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	7	SN	0.00	0.00	929.63	0.00	0.00	0.00
2	7	SN	0.00	0.00	929.62	0.00	0.00	0.00
25	7	SN	0.00	0.00	929.63	0.00	0.00	0.00
26	7	SN	0.00	0.00	929.62	0.00	0.00	0.00
81	7	SN	-3.90	-20.43	208.04	0.00	0.00	0.00
82	7	SN	-3.90	20.43	208.04	0.00	0.00	0.00
85	7	SN	3.90	-20.43	208.04	0.00	0.00	0.00
86	7	SN	3.90	20.43	208.04	0.00	0.00	0.00
93	7	SN	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00	0.00
94	7	SN	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00	0.00
SOMME TOTALE			0.00	0.00	4 550.52	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	8	W1-LONGI-S	0.00	0.00	-19 239.46	0.00	0.00	0.00
2	8	W1-LONGI-S	0.00	0.00	-19 250.41	0.00	0.00	0.00
25	8	W1-LONGI-S	0.00	0.00	12 095.60	0.00	0.00	0.00
26	8	W1-LONGI-S	0.00	0.00	12 106.62	0.00	0.00	0.00
81	8	W1-LONGI-S	-2 052.81	1 603.88	-16 342.36	0.00	0.00	-0.04
82	8	W1-LONGI-S	-2 052.81	-1 603.87	-16 342.57	0.00	0.00	0.04
85	8	W1-LONGI-S	-2 087.94	-1 395.59	14 221.08	0.00	0.00	-0.03
86	8	W1-LONGI-S	-2 087.94	1 395.58	14 221.22	0.00	0.00	0.03
93	8	W1-LONGI-S	0.00	0.00	-112.26	0.00	0.00	-0.24
94	8	W1-LONGI-S	0.00	0.00	-115.68	0.00	0.00	-0.22
SOMME TOTALE			-8 281.50	0.00	-18 758.23	0.00	0.00	-0.46

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	9	W2-TRANS-S	0.00	0.00	-1 296.37	0.00	0.00	0.00
2	9	W2-TRANS-S	0.00	0.00	-5 844.92	0.00	0.00	0.00
25	9	W2-TRANS-S	0.00	0.00	-1 296.37	0.00	0.00	0.00
26	9	W2-TRANS-S	0.00	0.00	-5 844.92	0.00	0.00	0.00
81	9	W2-TRANS-S	3.24	-1 638.58	3 059.29	0.00	0.00	-0.01
82	9	W2-TRANS-S	32.06	-1 846.51	-5 177.12	0.00	0.00	0.00
85	9	W2-TRANS-S	-3.24	-1 638.58	3 059.29	0.00	0.00	0.01
86	9	W2-TRANS-S	-32.06	-1 846.51	-5 177.12	0.00	0.00	0.00
93	9	W2-TRANS-S	0.00	0.00	-120.00	0.00	0.00	-351.32
94	9	W2-TRANS-S	0.00	0.00	-120.00	0.00	0.00	351.32
SOMME TOTALE			0.00	-6 970.18	-18 758.23	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	10	W3-LONGI-P	0.00	0.00	-12 845.71	0.00	0.00	0.00
2	10	W3-LONGI-P	0.00	0.00	-12 856.72	0.00	0.00	0.00
25	10	W3-LONGI-P	0.00	0.00	18 489.35	0.00	0.00	0.00
26	10	W3-LONGI-P	0.00	0.00	18 500.31	0.00	0.00	0.00
81	10	W3-LONGI-P	-2 084.22	1 419.41	-14 463.66	0.00	0.00	-0.03
82	10	W3-LONGI-P	-2 084.22	-1 419.39	-14 463.81	0.00	0.00	0.03
85	10	W3-LONGI-P	-2 056.53	-1 580.06	16 099.79	0.00	0.00	-0.04
86	10	W3-LONGI-P	-2 056.53	1 580.05	16 099.99	0.00	0.00	0.04
93	10	W3-LONGI-P	0.00	0.00	91.25	0.00	0.00	-0.23
94	10	W3-LONGI-P	0.00	0.00	87.83	0.00	0.00	-0.24
SOMME TOTALE			-8 281.50	0.00	14 738.61	0.00	0.00	-0.46

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	11	W4-TRANS-P	0.00	0.00	5 097.39	0.00	0.00	0.00
2	11	W4-TRANS-P	0.00	0.00	548.77	0.00	0.00	0.00
25	11	W4-TRANS-P	0.00	0.00	5 097.39	0.00	0.00	0.00
26	11	W4-TRANS-P	0.00	0.00	548.77	0.00	0.00	0.00
81	11	W4-TRANS-P	-28.16	-1 823.05	4 937.99	0.00	0.00	-0.01
82	11	W4-TRANS-P	0.65	-1 662.04	-3 298.35	0.00	0.00	-0.01
85	11	W4-TRANS-P	28.16	-1 823.05	4 937.99	0.00	0.00	0.01
86	11	W4-TRANS-P	-0.65	-1 662.04	-3 298.35	0.00	0.00	0.01
93	11	W4-TRANS-P	0.00	0.00	83.51	0.00	0.00	-351.31
94	11	W4-TRANS-P	0.00	0.00	83.51	0.00	0.00	351.31
SOMME TOTALE			0.00	-6 970.18	14 738.61	0.00	0.00	0.00

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	12	T-30	0.00	0.00	7 020.97	0.00	0.00	0.00
2	12	T-30	0.00	0.00	7 020.96	0.00	0.00	0.00
25	12	T-30	0.00	0.00	7 020.97	0.00	0.00	0.00
26	12	T-30	0.00	0.00	7 020.96	0.00	0.00	0.00
81	12	T-30	-61.44	3 380.61	-7 020.71	0.00	0.00	-0.01
82	12	T-30	-61.44	-3 380.61	-7 020.71	0.00	0.00	0.01
85	12	T-30	61.44	3 380.61	-7 020.71	0.00	0.00	0.01
86	12	T-30	61.44	-3 380.61	-7 020.71	0.00	0.00	-0.01
93	12	T-30	0.00	0.00	-0.51	0.00	0.00	0.00
94	12	T-30	0.00	0.00	-0.51	0.00	0.00	0.00
SOMME TOTALE			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

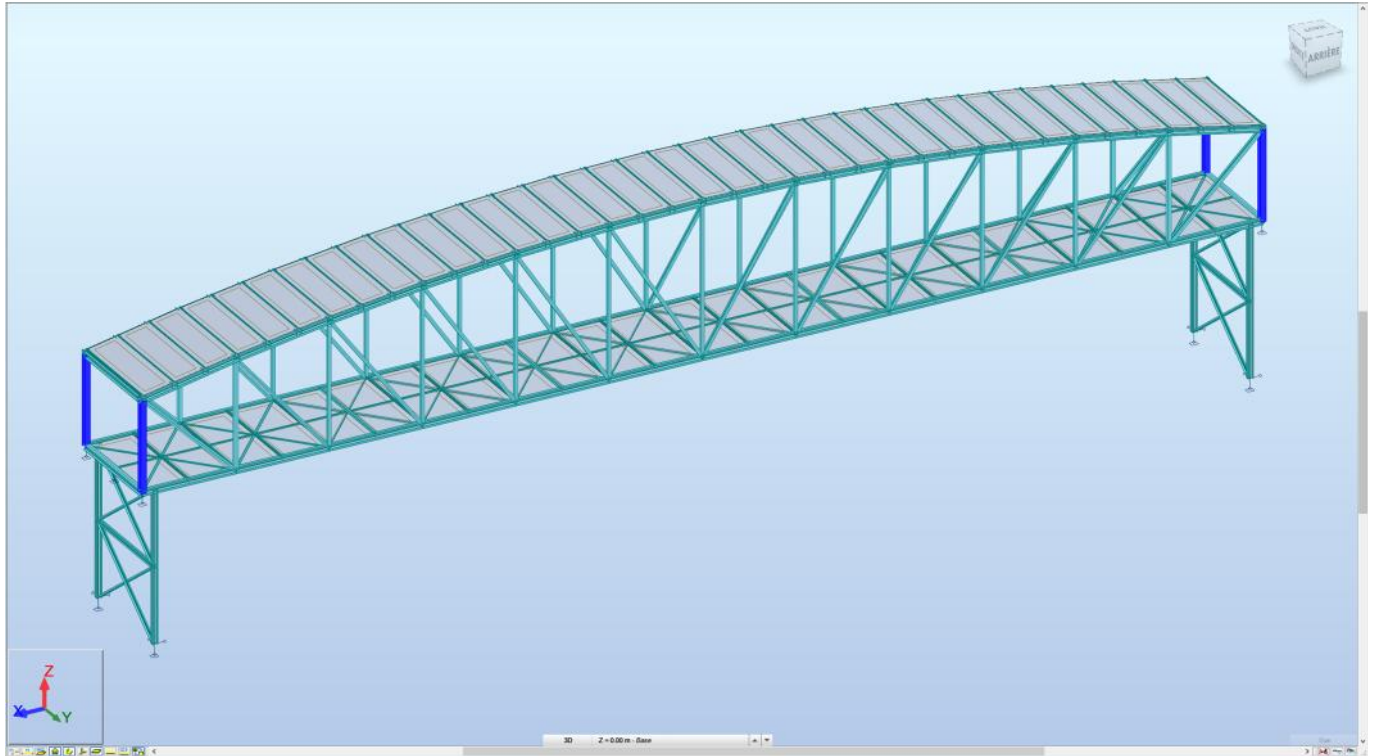
NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	13	T+30	0.00	0.00	-7 020.97	0.00	0.00	0.00
2	13	T+30	0.00	0.00	-7 020.96	0.00	0.00	0.00
25	13	T+30	0.00	0.00	-7 020.97	0.00	0.00	0.00
26	13	T+30	0.00	0.00	-7 020.96	0.00	0.00	0.00
81	13	T+30	61.44	-3 380.61	7 020.71	0.00	0.00	0.01
82	13	T+30	61.44	3 380.61	7 020.71	0.00	0.00	-0.01
85	13	T+30	-61.44	-3 380.61	7 020.71	0.00	0.00	-0.01
86	13	T+30	-61.44	3 380.61	7 020.71	0.00	0.00	0.01
93	13	T+30	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00
94	13	T+30	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00
SOMME TOTALE			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

8 VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS EN ACIER SELON L'EUROCODE 3

8.1 VÉRIFICATION DES POTEAUX DU PORTIQUE D'ENTRÉE

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des poteaux du portique d'entrée.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 77

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $95 \text{ ELU}/82 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \dots$
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot 0.75 + 12 \cdot 0.90$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEB 180_90

h=18.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=18.0 cm

Ay=54.88 cm²

Az=20.24 cm²

Ax=65.25 cm²

tw=0.9 cm

Iy=3831.13 cm⁴

Iz=1362.85 cm⁴

Ix=45.10 cm⁴

tf=1.4 cm

Wply=481.47 cm³

Wplz=231.02 cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 36569.28 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = -1695.01 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = 0.19 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,Ed} = -0.52 \text{ daN}$
 $N_{c,Rd} = 153340.79 \text{ daN}$ $M_{y,Ed,max} = -1695.01 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed,max} = 1.74 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,c,Rd} = 74461.61 \text{ daN}$
 $N_{b,Rd} = 111220.91 \text{ daN}$ $M_{y,c,Rd} = 11314.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 5428.90 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = 1164.86 \text{ daN}$
 27462.99 daN $M_{N,y,Rd} = 9722.66 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{N,z,Rd} = 5427.82 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,c,Rd} = 11314.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{b,Rd} = 11314.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$ $M_{cr} = 109071.37 \text{ daN}\cdot\text{m}$ Courbe,LT - $X_{LT} = 0.99$
 $L_{cr,low} = 3.00 \text{ m}$ $Lam_{LT} = 0.32$ $f_{i,LT} = 0.56$ $X_{LT,mod} = 1.00$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

$L_y = 3.00 \text{ m}$ $Lam_y = 0.64$
 $L_{cr,y} = 4.62 \text{ m}$ $X_y = 0.82$
 $Lam_y = 60.25$ $k_{yy} = 0.98$



en z:

$L_z = 3.00 \text{ m}$ $Lam_z = 0.70$
 $L_{cr,z} = 3.00 \text{ m}$ $X_z = 0.73$
 $Lam_z = 65.64$ $k_{yz} = 0.53$

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

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.24 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.17 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.19} = 0.03 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\Lambda_{y} = 60.25 < \Lambda_{y,max} = 250.00$ $\Lambda_{z} = 65.64 < \Lambda_{z,max} = 250.00$ STABLE
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.15 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.44 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.41 < 1.00$ (6.3.3.(4))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):** Non analysé**Déplacements (REPERE GLOBAL):**

$v_x = 8.0 \text{ mm} < v_{x,max} = L/250.00 = 12.0 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: 331 ELS:CAR/20=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*1.00+6*1.00+10...
 $(1+2+3+4+5+6)*1.00+(10+12)*0.60+7*0.50$

$v_y = 4.3 \text{ mm} < v_{y,max} = L/250.00 = 12.0 \text{ mm}$ Vérifié

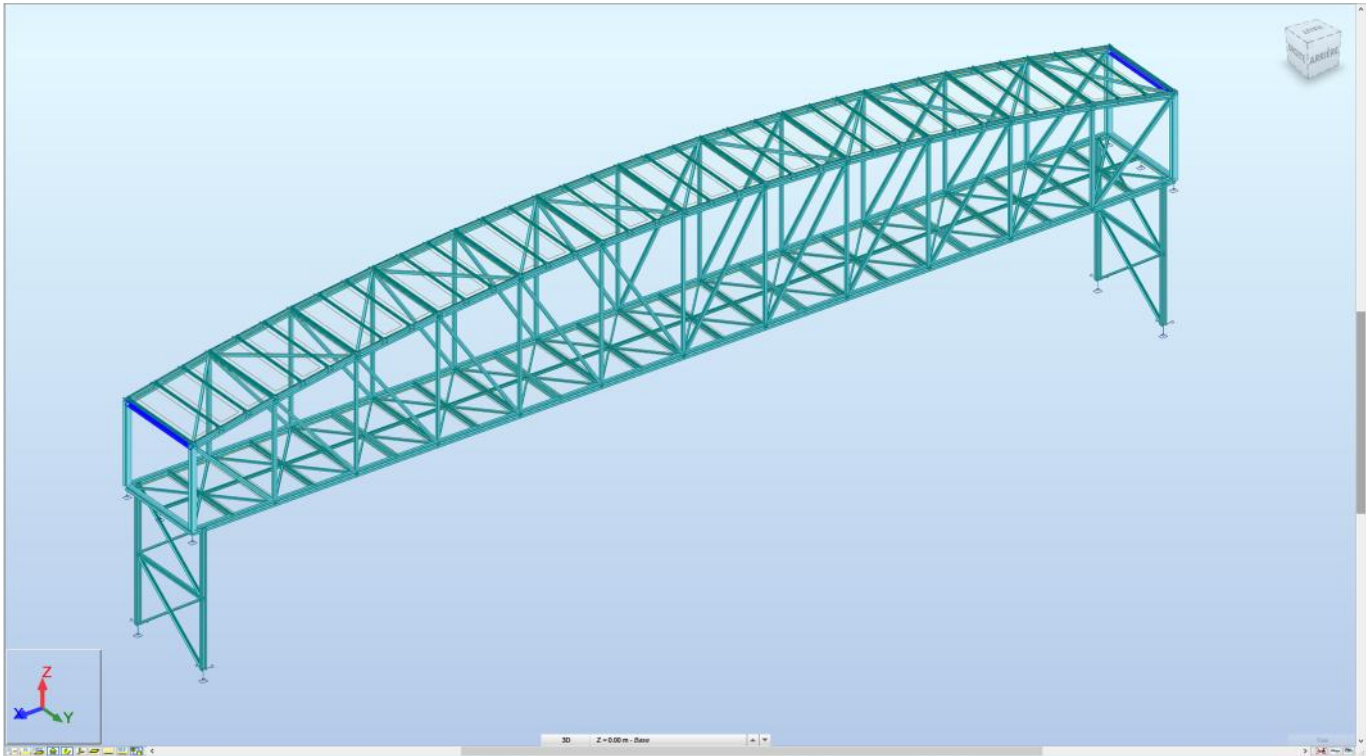
Cas de charge décisif: 362 ELS:CAR/51=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*0.70+6*0.70+11...
 $(1+2+3+4+11)*1.00+(5+6)*0.70+7*0.50+12*0.60$

Profil correct !!!

8.2 VÉRIFICATION DES TRAVERSES DU PORTIQUE D'ENTRÉE

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des traverses du portique d'entrée.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 102

POINT: 1

COORDONNEE: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $95 \text{ ELU}/82 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \dots$
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot 0.75 + 12 \cdot 0.90$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEB 180

$h = 18.0 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 18.0 \text{ cm}$

$A_y = 54.88 \text{ cm}^2$

$A_z = 20.24 \text{ cm}^2$

$A_x = 65.25 \text{ cm}^2$

$tw = 0.9 \text{ cm}$

$I_y = 3831.13 \text{ cm}^4$

$I_z = 1362.85 \text{ cm}^4$

$I_x = 45.10 \text{ cm}^4$

$tf = 1.4 \text{ cm}$

$W_{ply} = 481.47 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 231.02 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = -846.89 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = -1628.56 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{t,Rd} = 153340.79 \text{ daN}$ $M_{y,pl,Rd} = 11314.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{y,c,Rd} = 11314.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{N,y,Rd} = 11314.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{b,Rd} = 11314.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $V_{z,Ed} = 1045.65 \text{ daN}$
 $V_{z,T,Rd} = 27460.13 \text{ daN}$
 $T_{t,Ed} = -0.19 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$ $M_{cr} = 91411.58 \text{ daN}\cdot\text{m}$ Courbe,LT - $XLT = 0.98$
 $L_{cr,low} = 3.42 \text{ m}$ $\Lambda_{m,LT} = 0.35$ $f_i,LT = 0.57$ $XLT_{mod} = 1.00$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:



en z:

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

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.3.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.14 < 1.00$ (6.2.5.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.14 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

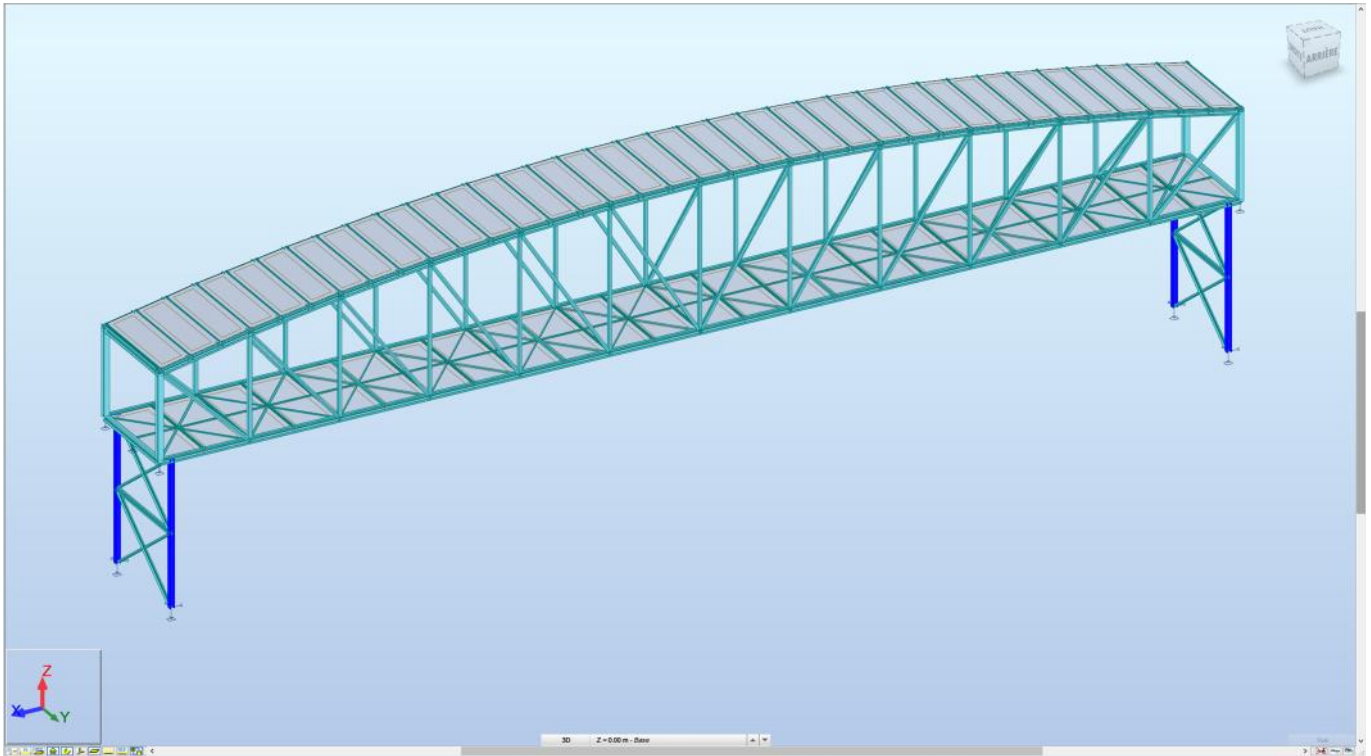
$u_y = 0.0 \text{ mm} < u_{y \max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: 368 ELS:CAR/57=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+8*1.00+7*0.50+12*0.60
 (1+2+3+4+8)*1.00+7*0.50+12*0.60
 $u_z = 0.3 \text{ mm} < u_{z \max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: 378 ELS:CAR/67=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 9*1.00 + 13*0.60
 (1+2+3+4+9)*1.00+13*0.60
 $u_{inst,y} = 0.0 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 11.4 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: 1*10 + 0.6*12
 $u_{inst,z} = 0.2 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 11.4 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: 1*9 + 0.6*13

**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!**

8.3 VÉRIFICATION DES POTEaux DE LA PALÉE DE STABILITÉ

On détaille dans ce qui suit la vérification règlementaire des poteaux de la palée de stabilité.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 151

POINT: 2

COORDONNEE: $x = 0.08 L = 0.42 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $152 \text{ ELU}/139 = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 8 \cdot 1.50 + 12 \cdot 0.90$
 $(1+2+3+4) \cdot 1.00 + 8 \cdot 1.50 + 12 \cdot 0.90$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 160

$h = 15.2 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 16.0 \text{ cm}$

$A_y = 32.53 \text{ cm}^2$

$A_z = 13.21 \text{ cm}^2$

$A_x = 38.77 \text{ cm}^2$

$tw = 0.6 \text{ cm}$

$I_y = 1672.98 \text{ cm}^4$

$I_z = 615.57 \text{ cm}^4$

$I_x = 10.90 \text{ cm}^4$

$tf = 0.9 \text{ cm}$

$W_{ply} = 245.17 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 117.63 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = -27508.16 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = -13372.85 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = -3.56 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,Ed} = 8.55 \text{ daN}$
 $N_{t,Rd} = 91112.79 \text{ daN}$ $M_{y,pl,Rd} = 5761.42 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,pl,Rd} = 2764.42 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,T,Rd} = 44131.53 \text{ daN}$
 $M_{y,c,Rd} = 5761.42 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 2764.42 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = 2717.04 \text{ daN}$
 $M_{N,y,Rd} = 4615.49 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{N,z,Rd} = 2754.40 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,T,Rd} = 17923.19 \text{ daN}$
 $T_{t,Ed} = -0.06 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 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:**

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.30 < 1.00$ (6.2.3.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 2.90 > 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.51} = 8.39 > 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.15 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):** Non analysé**Déplacements (REPERE GLOBAL):**

$v_x = 257.0 \text{ mm} > v_{x \text{ max}} = L/250.00 = 20.0 \text{ mm}$ Non vérifié
Cas de charge décisif: 357 ELS: CAR/46=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*0.70+6*0.70+10...
 $(1+2+3+4+10)*1.00+(5+6)*0.70+7*0.50+13*0.60$
 $v_y = 1.1 \text{ mm} < v_{y \text{ max}} = L/250.00 = 20.0 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: 363 ELS: CAR/52=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*0.70+6*0.70+11...
 $(1+2+3+4+11)*1.00+(5+6)*0.70+7*0.50+13*0.60$

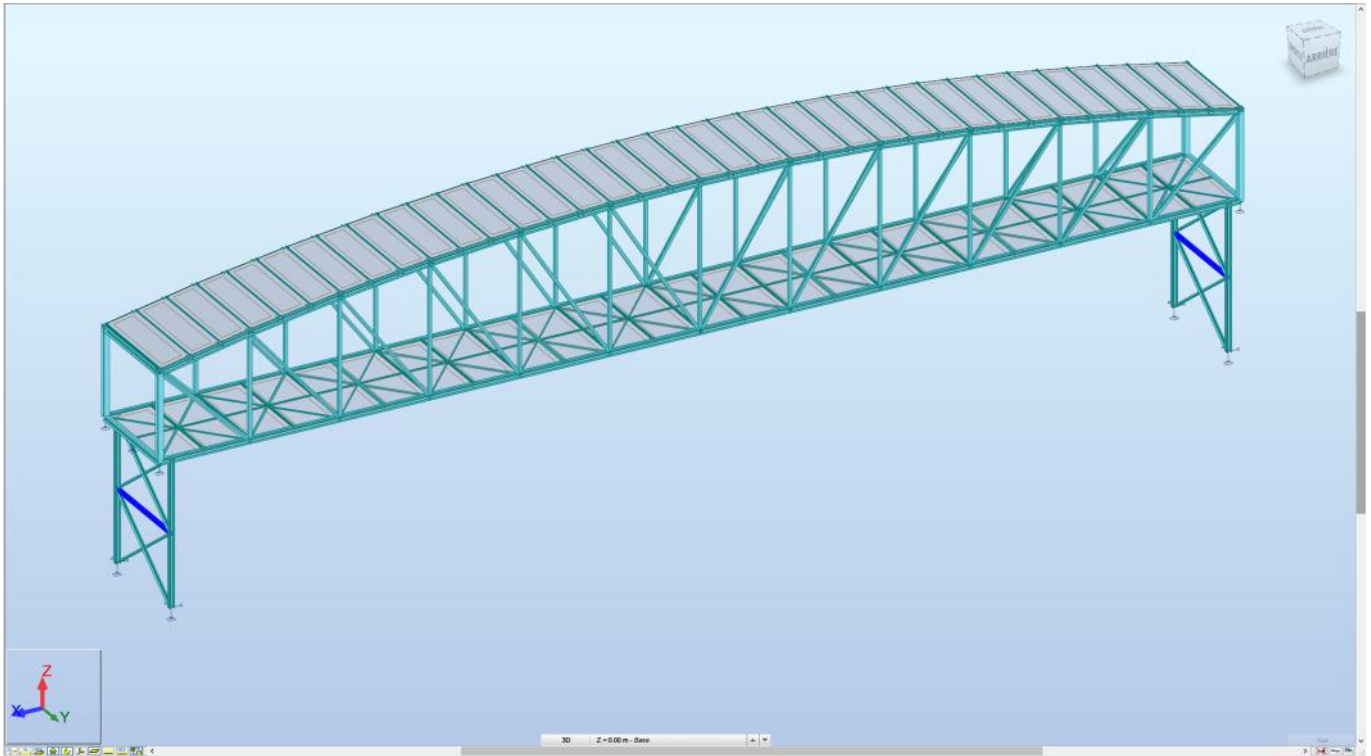
Profil incorrect !!!

- Les critères de résistance, stabilité et déplacement de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 12.

8.4 VÉRIFICATION DES TRAVERSES DE LA PALÉE DE STABILITÉ

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des traverses de la palée de stabilité.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 153

POINT: 4

COORDONNEE: $x = 0.50 L = 1.71 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $298 \text{ ELU}/285 = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 8 \cdot 0.90 + 12 \cdot 1.50$
 $(1+2+3+4) \cdot 1.00 + 8 \cdot 0.90 + 12 \cdot 1.50$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 120

$h = 11.4 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 12.0 \text{ cm}$

$A_y = 21.64 \text{ cm}^2$

$A_z = 8.46 \text{ cm}^2$

$A_x = 25.34 \text{ cm}^2$

$t_w = 0.5 \text{ cm}$

$I_y = 606.15 \text{ cm}^4$

$I_z = 230.90 \text{ cm}^4$

$I_x = 5.63 \text{ cm}^4$

$t_f = 0.8 \text{ cm}$

$W_{ply} = 119.50 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 58.85 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 6962.19 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = 31.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = 31.80 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{c,Rd} = 59539.83 \text{ daN}$ $M_{y,Ed,max} = 31.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed,max} = 31.80 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{b,Rd} = 25647.69 \text{ daN}$ $M_{y,c,Rd} = 2808.25 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 1383.08 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{N,y,Rd} = 2808.25 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{N,z,Rd} = 1383.08 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{b,Rd} = 2286.39 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$ $M_{cr} = 4376.98 \text{ daN}\cdot\text{m}$ Courbe,LT - $X_{LT} = 0.79$
 $L_{cr,upp} = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,LT} = 0.80$ $\phi_{LT} = 0.89$ $X_{LT,mod} = 0.81$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

$L_y = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.74$
 $L_{cr,y} = 3.42 \text{ m}$ $X_y = 0.76$
 $\lambda_{my} = 69.92$ $k_{zy} = 0.64$



en z:

$L_z = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 1.21$
 $L_{cr,z} = 3.42 \text{ m}$ $X_z = 0.43$
 $\lambda_{mz} = 113.29$ $k_{zz} = 1.14$

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

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.12 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.02 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\lambda_{m,y} = 69.92 < \lambda_{m,max} = 250.00$ $\lambda_{m,z} = 113.29 < \lambda_{m,max} = 250.00$ STABLE
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.19 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.31 < 1.00$ (6.3.3.(4))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

$u_y = 0.9 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: 355 ELS:CAR/44=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*0.70+6*0.70+10...

(1+2+3+4+10)*1.00+(5+6)*0.70+7*0.50

$u_z = 0.3 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: 353 ELS:CAR/42=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*0.70+6*0.70+9*1.00...

(1+2+3+4+9)*1.00+(5+6)*0.70+12*0.60

$u_{inst,y} = 0.9 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 11.4 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: 0.7*5 + 0.7*6 + 0.5*7 + 1*10 + 0.6*12

$u_{inst,z} = 0.0 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 11.4 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: 0.5*7 + 1*9 + 0.6*12



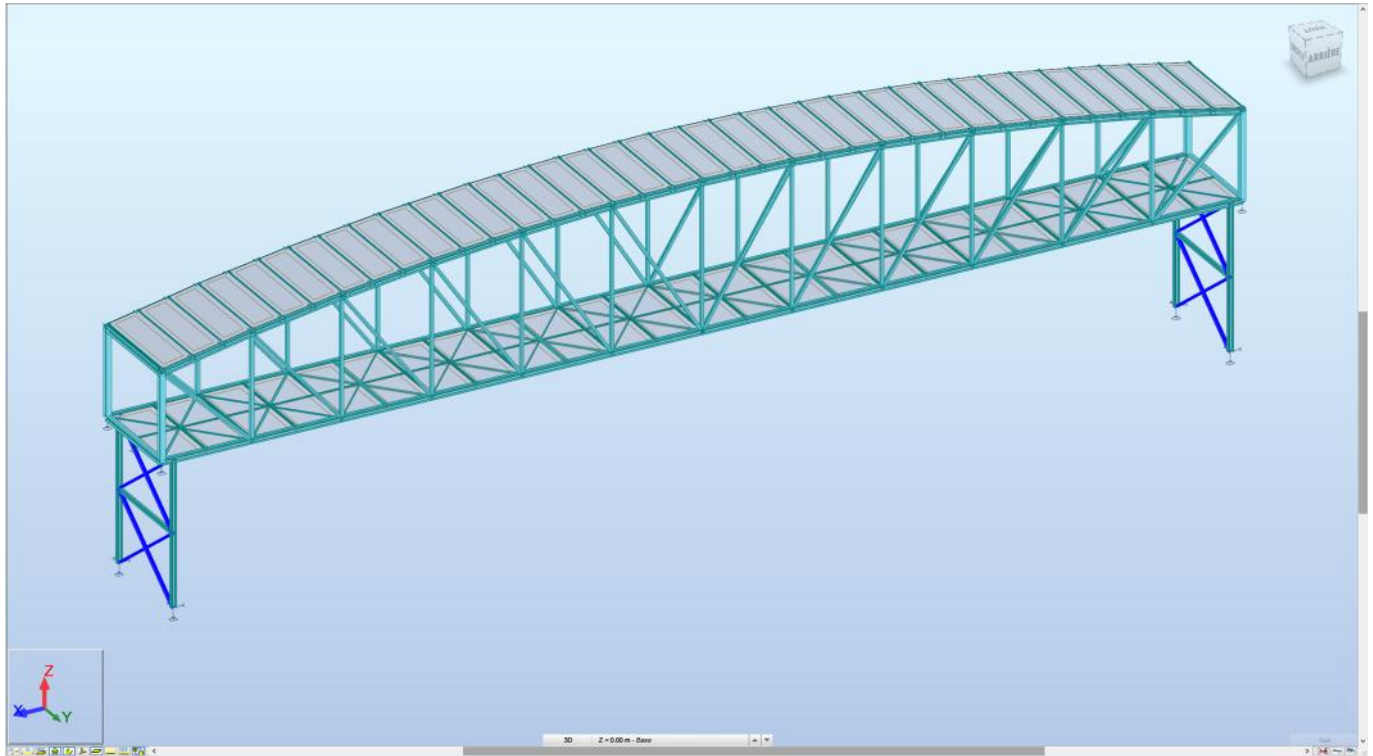
Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

Profil correct !!!

8.5 VÉRIFICATION DES DIAGONALES DE LA PALÉE DE STABILITÉ

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des diagonales de la palée de stabilité.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 164

POINT: 7

COORDONNEE: $x = 1.00$ $L = 4.24$ m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $249 \text{ ELU}/236 = 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.35 + 5*1.05 + 6*1.05 + 11*0.90 + 7... \\ (1+2+3+4)*1.35 + (5+6)*1.05 + 11*0.90 + 7*0.75 + 13*1.50$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: 2 CAE 70x7

$h = 7.0 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 14.4 \text{ cm}$

$A_y = 9.80 \text{ cm}^2$

$A_z = 8.82 \text{ cm}^2$

$A_x = 18.80 \text{ cm}^2$

$tw = 0.7 \text{ cm}$

$I_y = 84.60 \text{ cm}^4$

$I_z = 173.13 \text{ cm}^4$

$I_x = 3.04 \text{ cm}^4$

$tf = 0.7 \text{ cm}$

$W_{ely} = 16.82 \text{ cm}^3$

$W_{elz} = 24.05 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 9272.44 daN

Nc,Rd = 44180.00 daN

Nb,Rd = 8291.80 daN

Classe de la section = 3

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

en y:

Ly = 4.24 m

Lcr,y = 4.24 m

Lamy = 199.70

Lam_y = 2.13

Xy = 0.19



en z:

Lz = 4.24 m

Lcr,z = 4.24 m

Lamz = 139.60

Lam_z = 1.49

Xz = 0.35

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

N,Ed/Nc,Rd = 0.21 < 1.00 (6.2.4.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 199.70 < Lambda,max = 250.00

Lambda,z = 139.60 < Lambda,max = 250.00 STABLE

N,Ed/Nb,Rd = 1.12 > 1.00 (6.3.1.1.(1))

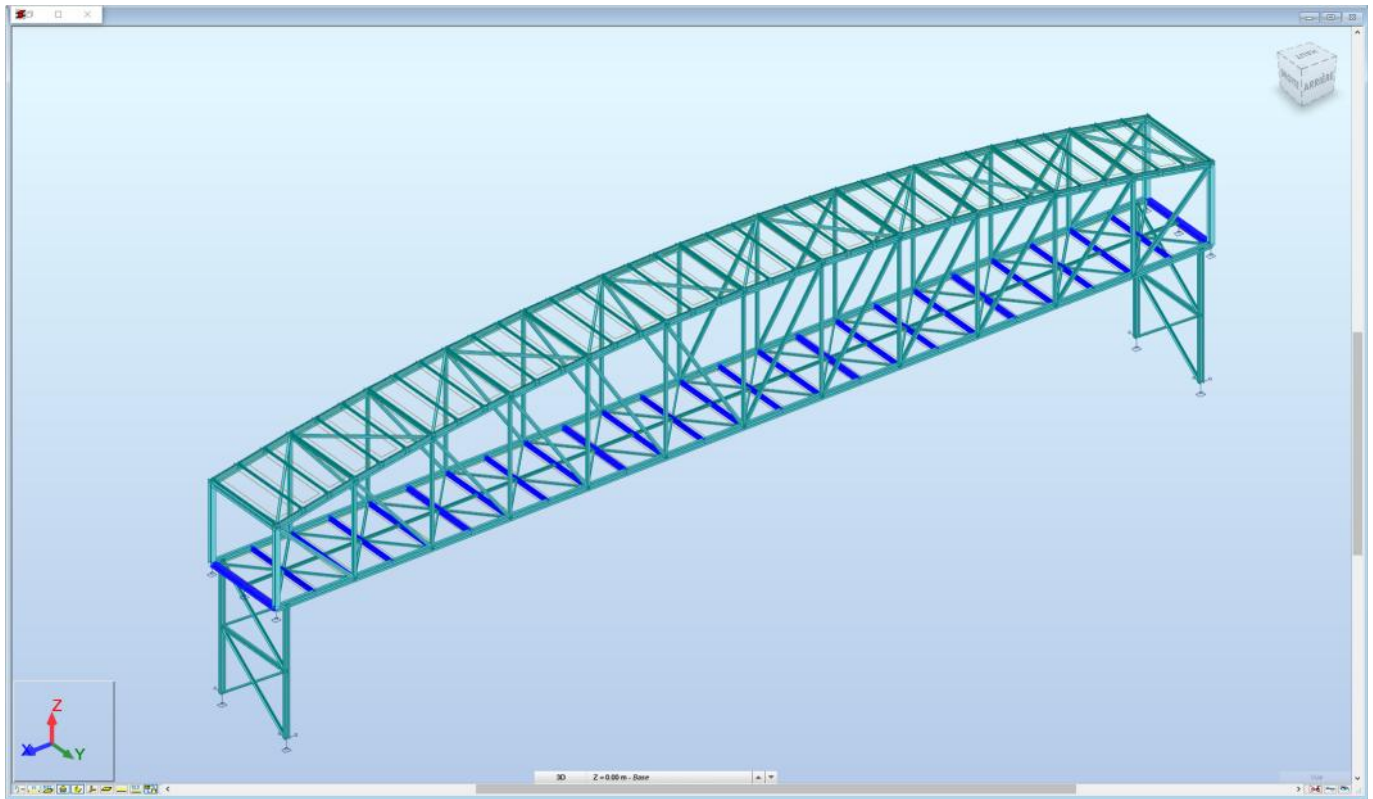
Profil incorrect !!!

- Les critères de stabilité de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Nous pouvons préconiser le remplacement par des double cornière de gamme supérieure.

8.6 VÉRIFICATION DES POUTRES DU TABLIER

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des poutres du tablier.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 6

POINT: 7

COORDONNEE: $x = 0.50 L = 1.71 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $33 \text{ ELU}/20 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.50 + 6 \cdot 1.50 + 10 \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.50 + (10+12) \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 160

$h = 16.0 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 8.2 \text{ cm}$

$A_y = 13.73 \text{ cm}^2$

$A_z = 9.66 \text{ cm}^2$

$A_x = 20.09 \text{ cm}^2$

$tw = 0.5 \text{ cm}$

$I_y = 869.29 \text{ cm}^4$

$I_z = 68.31 \text{ cm}^4$

$I_x = 3.62 \text{ cm}^4$

$tf = 0.7 \text{ cm}$

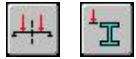
$W_{ply} = 123.86 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 26.10 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 3377.32 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = 2281.48 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = 1.69 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,Ed} = -0.99 \text{ daN}$
 $N_{c,Rd} = 47211.50 \text{ daN}$ $M_{y,Ed,max} = 2281.48 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed,max} = 1.69 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,c,Rd} = 18628.50 \text{ daN}$
 $N_{b,Rd} = 28563.05 \text{ daN}$ $M_{y,c,Rd} = 2910.71 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 613.35 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = 9.09 \text{ daN}$
 13101.00 daN $M_{N,y,Rd} = 2910.71 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{N,z,Rd} = 613.35 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,c,Rd} = 13101.00 \text{ daN}$
 $M_{b,Rd} = 2494.42 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$ $M_{cr} = 6296.82 \text{ daN}\cdot\text{m}$ Courbe,LT - a $XLT = 0.86$
 $L_{cr,upp} = 1.71 \text{ m}$ $\lambda_{m,LT} = 0.68$ $\phi_{i,LT} = 0.78$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

$L_y = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.55$
 $L_{cr,y} = 3.42 \text{ m}$ $X_y = 0.91$
 $\lambda_{m,y} = 51.99$ $k_{yy} = 1.12$



en z:

$L_z = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.99$
 $L_{cr,z} = 1.71 \text{ m}$ $X_z = 0.61$
 $\lambda_{m,z} = 92.74$ $k_{yz} = 1.24$

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

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.78 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.62 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\lambda_{m,y} = 51.99 < \lambda_{m,max} = 250.00$ $\lambda_{m,z} = 92.74 < \lambda_{m,max} = 250.00$ STABLE
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.91 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 1.11 > 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.67 < 1.00$ (6.3.3.(4))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

$u_y = 0.1 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisiif: 338 ELS:CAR/27=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*1.00+6*1.00+11...
 $(1+2+3+4+5+6) \cdot 1.00 + (11+13) \cdot 0.60 + 7 \cdot 0.50$

$u_z = 10.4 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisiif: 332 ELS:CAR/21=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*1.00+6*1.00+10...
 $(1+2+3+4+5+6) \cdot 1.00 + (10+13) \cdot 0.60 + 7 \cdot 0.50$

$u_{inst,y} = 0.1 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 11.4 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisiif: 1*5 + 1*6 + 0.5*7 + 0.6*11 + 0.6*13

$u_{inst,z} = 8.0 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 11.4 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisiif: 1*5 + 1*6 + 0.5*7 + 0.6*10 + 0.6*13



Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

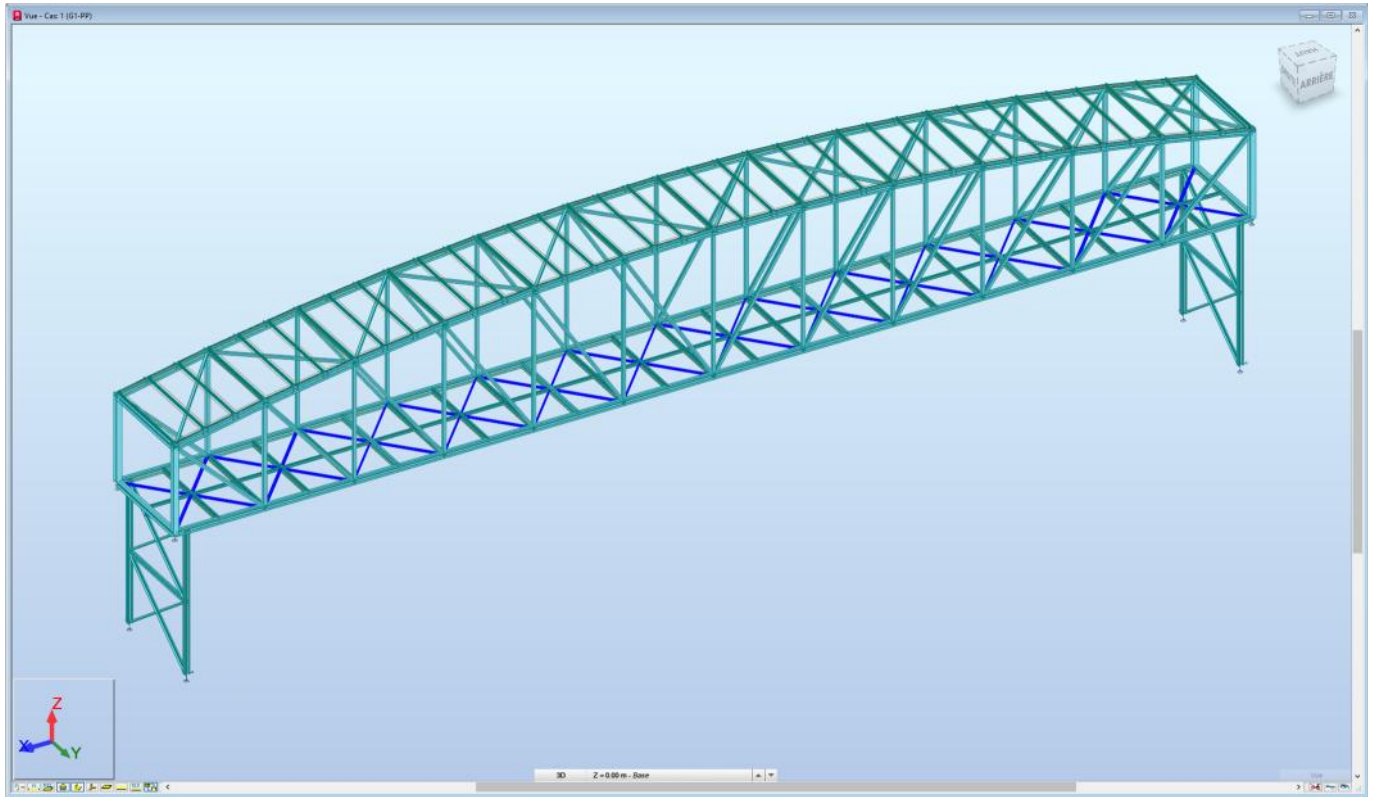
Profil incorrect !!!

- ➔ Les critères de stabilité (interaction) de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Nous préconisons le renforcement des poutres par soudage de plats.

8.7 VÉRIFICATION DES CONTREVENTEMENTS DU TABLIER

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des contreventements du tablier.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 51

POINT: 1

COORDONNEE: $x = 0.50 L = 2.30 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $95 \text{ ELU}/82 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot (1 + 2 + 3 + 4) \cdot 1.35 + (5 + 6) \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot 0.75 + 12 \cdot 0.90$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: UPE 80_270

$h = 8.0 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 5.0 \text{ cm}$

$A_y = 8.26 \text{ cm}^2$

$A_z = 4.08 \text{ cm}^2$

$A_x = 10.10 \text{ cm}^2$

$tw = 0.4 \text{ cm}$

$I_y = 107.00 \text{ cm}^4$

$I_z = 25.40 \text{ cm}^4$

$I_x = 1.47 \text{ cm}^4$

$tf = 0.7 \text{ cm}$

$W_{ply} = 31.20 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 14.10 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 3068.02 daN

Nc,Rd = 23735.00 daN

Nb,Rd = 2136.98 daN

Classe de la section = 1

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

en y:

Ly = 4.60 m

Lcr,y = 4.60 m

Lamy = 141.40

Lam_y = 1.51

Xy = 0.31



en z:

Lz = 4.60 m

Lcr,z = 4.60 m

Lamz = 290.23

Lam_z = 3.09

Xz = 0.09

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

N,Ed/Nc,Rd = 0.13 < 1.00 (6.2.4.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 141.40 < Lambda,max = 250.00

Lambda,z = 290.23 > Lambda,max = 250.00 INSTABLE

N,Ed/Nb,Rd = 1.44 > 1.00 (6.3.1.1.(1))

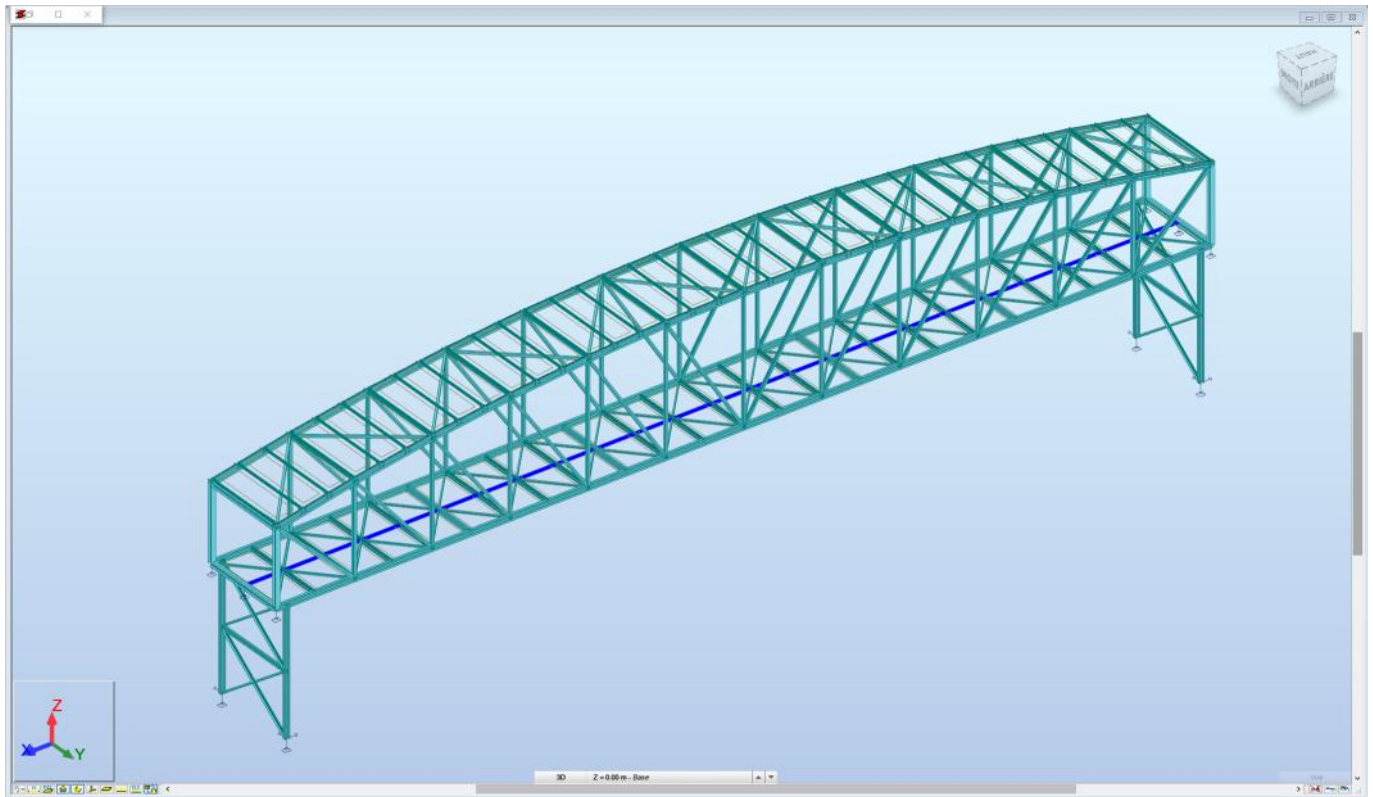
Profil instable !!!

- Les critères de stabilité de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Nous pouvons préconiser le remplacement par des profilés de gamme supérieure.

8.8 VÉRIFICATION DES ENTRETOISES DU TABLIER

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des entretoises du tablier.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 220 ENTRETOISE-TAB_EC3_220
L = 0.77 m

POINT: 4 **COORDONNEE:** x = 0.50

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $33 \text{ ELU}/20 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.50 + 6 \cdot 1.50 + 10 \cdot 0.90 + 7 \cdot (1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.50 + (10+12) \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 100

h=10.0 cm
b=5.5 cm
tw=0.4 cm
tf=0.6 cm

gM0=1.00

Ay=7.26 cm²

Iy=171.01 cm⁴

Wply=39.41 cm³

gM1=1.00

Az=5.08 cm²

Iz=15.92 cm⁴

Wplz=9.15 cm³

Ax=10.32 cm²

Ix=1.21 cm⁴

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = -14601.44 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = 3.50 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{t,Rd} = 24252.00 \text{ daN}$ $M_{y,pl,Rd} = 926.13 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{y,c,Rd} = 926.13 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $MN_{y,Rd} = 458.50 \text{ daN}\cdot\text{m}$

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:*

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.60 < 1.00$ (6.2.3.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.5.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

$u_y = 0.0 \text{ mm} < u_{y \max} = L/200.00 = 7.7 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: 349 ELS: CAR/38 = $1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 9 \cdot 1.00 \dots$
 $(1+2+3+4+9) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 7 \cdot 0.50$

$u_z = 0.0 \text{ mm} < u_{z \max} = L/200.00 = 7.7 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: 345 ELS: CAR/34 = $1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 8 \cdot 1.00 \dots$
 $(1+2+3+4+8) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 7 \cdot 0.50 + 13 \cdot 0.60$

$u_{\text{inst},y} = 0.0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/300.00 = 5.1 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: $1 \cdot 9 + 0.6 \cdot 13$

$u_{\text{inst},z} = 0.0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/300.00 = 5.1 \text{ mm}$ Vérifié

Cas de charge décisif: $0.7 \cdot 5 + 0.7 \cdot 6 + 0.5 \cdot 7 + 1 \cdot 8 + 0.6 \cdot 13$



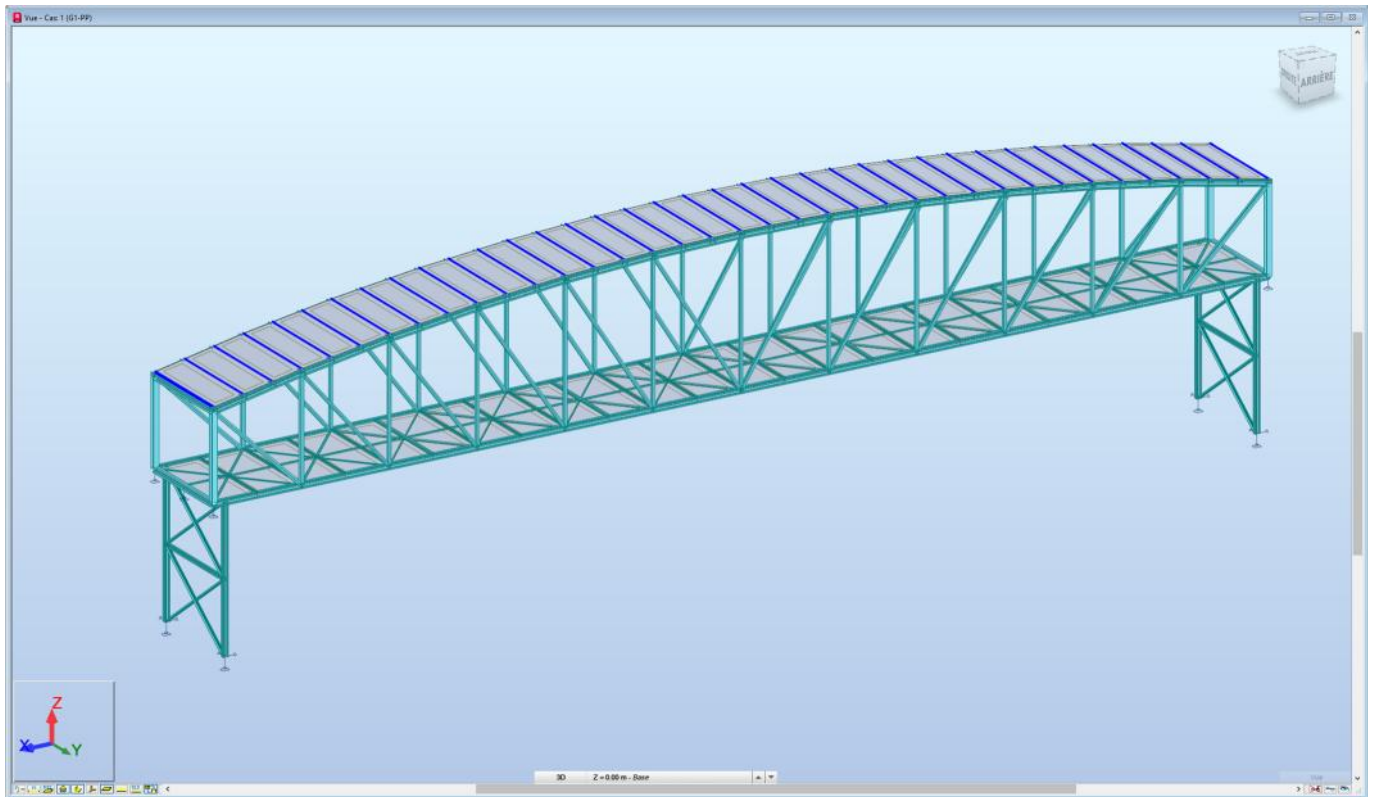
Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

Profil correct !!!

8.9 VÉRIFICATION DES PANNES

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des pannes.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 308 PANNES_EC3_308 **POINT:** 4

COORDONNEE: $x = 0.50 L = 1.71 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $95 \text{ ELU}/82 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot (1 + 2 + 3 + 4) \cdot 1.35 + (5 + 6) \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot 0.75 + 12 \cdot 0.90$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 80

$h = 8.0 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 4.6 \text{ cm}$

$A_y = 5.38 \text{ cm}^2$

$A_z = 3.57 \text{ cm}^2$

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

$tw = 0.4 \text{ cm}$

$I_y = 80.14 \text{ cm}^4$

$I_z = 8.49 \text{ cm}^4$

$I_x = 0.70 \text{ cm}^4$

$tf = 0.5 \text{ cm}$

$W_{ply} = 23.22 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 5.82 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 1.15 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = 314.76 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = 26.26 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{c,Rd} = 17954.00 \text{ daN}$ $M_{y,Ed,max} = 314.76 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed,max} = 26.26 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{b,Rd} = 1367.22 \text{ daN}$ $M_{y,c,Rd} = 545.67 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 136.77 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $MN_{y,Rd} = 545.67 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $MN_{z,Rd} = 136.77 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $M_{b,Rd} = 245.67 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $T_{t,Ed} = -0.00 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$ $M_{cr} = 305.37 \text{ daN}\cdot\text{m}$ Courbe,LT - a $XLT = 0.45$
 $L_{cr,upp} = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,LT} = 1.34$ $f_i,LT = 1.51$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

$L_y = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 1.12$
 $L_{cr,y} = 3.42 \text{ m}$ $X_y = 0.58$
 $\lambda_{m,y} = 105.60$ $k_{yy} = 1.04$



en z:

$L_z = 3.42 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 3.45$
 $L_{cr,z} = 3.42 \text{ m}$ $X_z = 0.08$
 $\lambda_{m,z} = 324.43$ $k_{yz} = 0.74$

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

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.58 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.19 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.52 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\lambda_{m,y} = 105.60 < \lambda_{m,max} = 250.00$ $\lambda_{m,z} = 324.43 > \lambda_{m,max} = 250.00$ **INSTABLE**
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 1.28 > 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 1.47 > 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.87 < 1.00$ (6.3.3.(4))

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

$u_y = 15.2 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ **Vérifié**
Cas de charge décisif: 352 ELS:CAR/41=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*0.70+6*0.70+9*1.00
 $(1+2+3+4+9)*1.00+(5+6)*0.70$
 $u_z = 16.0 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 17.1 \text{ mm}$ **Vérifié**
Cas de charge décisif: 355 ELS:CAR/44=1*1.00+2*1.00+3*1.00+4*1.00+5*0.70+6*0.70+10...
 $(1+2+3+4+10)*1.00+(5+6)*0.70+7*0.50$
 $u_{inst,y} = 15.2 \text{ mm} > u_{inst,max,y} = L/250.00 = 13.7 \text{ mm}$ **Non vérifié**
Cas de charge décisif: 0.7*5 + 0.7*6 + 1*9
 $u_{inst,z} = 8.3 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/250.00 = 13.7 \text{ mm}$ **Vérifié**
Cas de charge décisif: 0.7*5 + 0.7*6 + 0.5*7 + 1*10

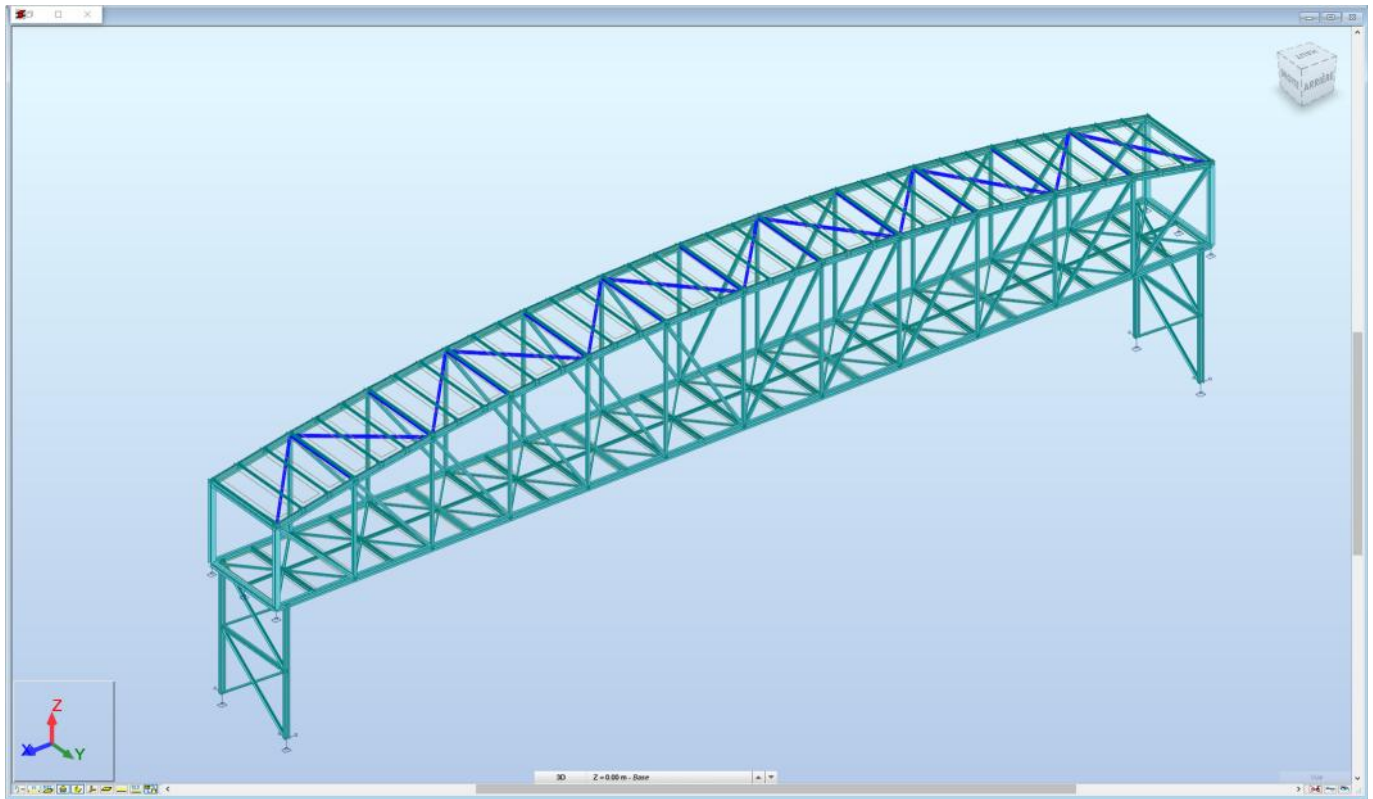
**Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé****Profil incorrect !!!**

- ➔ Les critères de stabilité et flèche de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 12.

8.10 VÉRIFICATION DE LA POUTRE AU VENT EN TOITURE

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire de la poutre au vent en toiture.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 115

POINT: 1

COORDONNEE: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $95 \text{ ELU}/82 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \dots$
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot 0.75 + 12 \cdot 0.90$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: TCAR 80x3.2

$h=8.0 \text{ cm}$

$gM0=1.00$

$gM1=1.00$

$b=8.0 \text{ cm}$

$A_y=4.89 \text{ cm}^2$

$A_z=4.89 \text{ cm}^2$

$A_x=9.78 \text{ cm}^2$

$tw=0.3 \text{ cm}$

$I_y=95.85 \text{ cm}^4$

$I_z=95.85 \text{ cm}^4$

$I_x=145.29 \text{ cm}^4$

$tf=0.3 \text{ cm}$

$W_{ply}=28.33 \text{ cm}^3$

$W_{plz}=28.33 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 2597.04 daN

Nc,Rd = 22985.35 daN

Nb,Rd = 7833.42 daN

Classe de la section = 1

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

en y:

Ly = 4.64 m

Lcr,y = 4.64 m

Lamy = 148.34

Lam_y = 1.58

Xy = 0.34



en z:

Lz = 4.64 m

Lcr,z = 4.64 m

Lamz = 148.34

Lam_z = 1.58

Xz = 0.34

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

N,Ed/Nc,Rd = 0.11 < 1.00 (6.2.4.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 148.34 < Lambda,max = 250.00

N,Ed/Nb,Rd = 0.33 < 1.00 (6.3.1.1.(1))

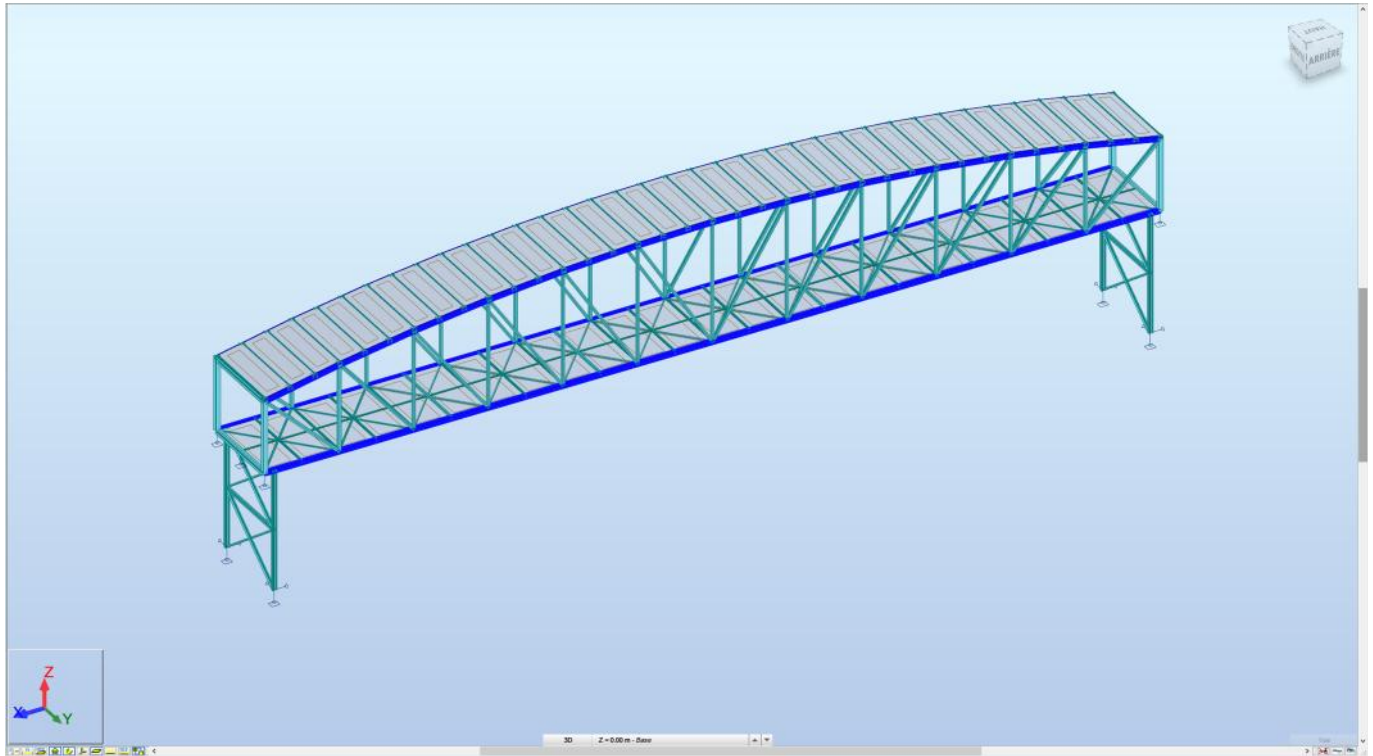
Lambda,z = 148.34 < Lambda,max = 250.00 STABLE

Profil correct !!!

8.11 VÉRIFICATION DES MEMBRURES

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des membrures.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 171

POINT: 7

COORDONNEE: $x = 0.50 L = 1.54 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: $39 \text{ ELU}/26 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.50 + 6 \cdot 1.50 + 11 \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.50 + (11+12) \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 180

$h = 17.1 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 18.0 \text{ cm}$

$A_y = 37.93 \text{ cm}^2$

$A_z = 14.47 \text{ cm}^2$

$A_x = 45.25 \text{ cm}^2$

$tw = 0.6 \text{ cm}$

$I_y = 2510.29 \text{ cm}^4$

$I_z = 924.60 \text{ cm}^4$

$I_x = 14.20 \text{ cm}^4$

$tf = 0.9 \text{ cm}$

$W_{ply} = 324.88 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 156.50 \text{ cm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = -67533.55 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = 1321.88 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = -80.89 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,Ed} = 91.96 \text{ daN}$
 $N_{t,Rd} = 106340.79 \text{ daN}$ $M_{y,pl,Rd} = 7634.56 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,pl,Rd} = 3677.68 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{y,T,Rd} = 1627.44 \text{ daN}$
 $M_{y,c,Rd} = 7634.56 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 3677.68 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = 1362.98 \text{ daN}$
 $M_{y,V,Rd} = 6820.96 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $M_{N,z,Rd} = 2694.13 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,T,Rd} = 620.89 \text{ daN}$
 $T_{t,Ed} = -924.00 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 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:**

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.64 < 1.00$ (6.2.3.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.22 < 1.00$ (6.2.8)
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.47 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{3.18} = 0.22 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 2.20 > 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 4.56 > 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 2.88 > 1.00$ (6.2.6)

DEPLACEMENTS LIMITES**Flèches (REPERE LOCAL):**

$u_y = 0.1 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 15.4 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: $362 \text{ ELS: CAR/51} = 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 5*0.70 + 6*0.70 + 11 \dots$
 $(1+2+3+4+11)*1.00 + (5+6)*0.70 + 7*0.50 + 12*0.60$
 $u_z = 0.9 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 15.4 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: $337 \text{ ELS: CAR/26} = 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00 + 5*1.00 + 6*1.00 + 11 \dots$
 $(1+2+3+4+5+6)*1.00 + (11+12)*0.60 + 7*0.50$
 $u_{\text{inst},y} = 0.1 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/300.00 = 10.3 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: $0.7*5 + 0.7*6 + 0.5*7 + 1*11 + 0.6*12$
 $u_{\text{inst},z} = 0.6 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/300.00 = 10.3 \text{ mm}$ Vérifié
Cas de charge décisif: $1*5 + 1*6 + 0.5*7 + 0.6*11 + 0.6*12$

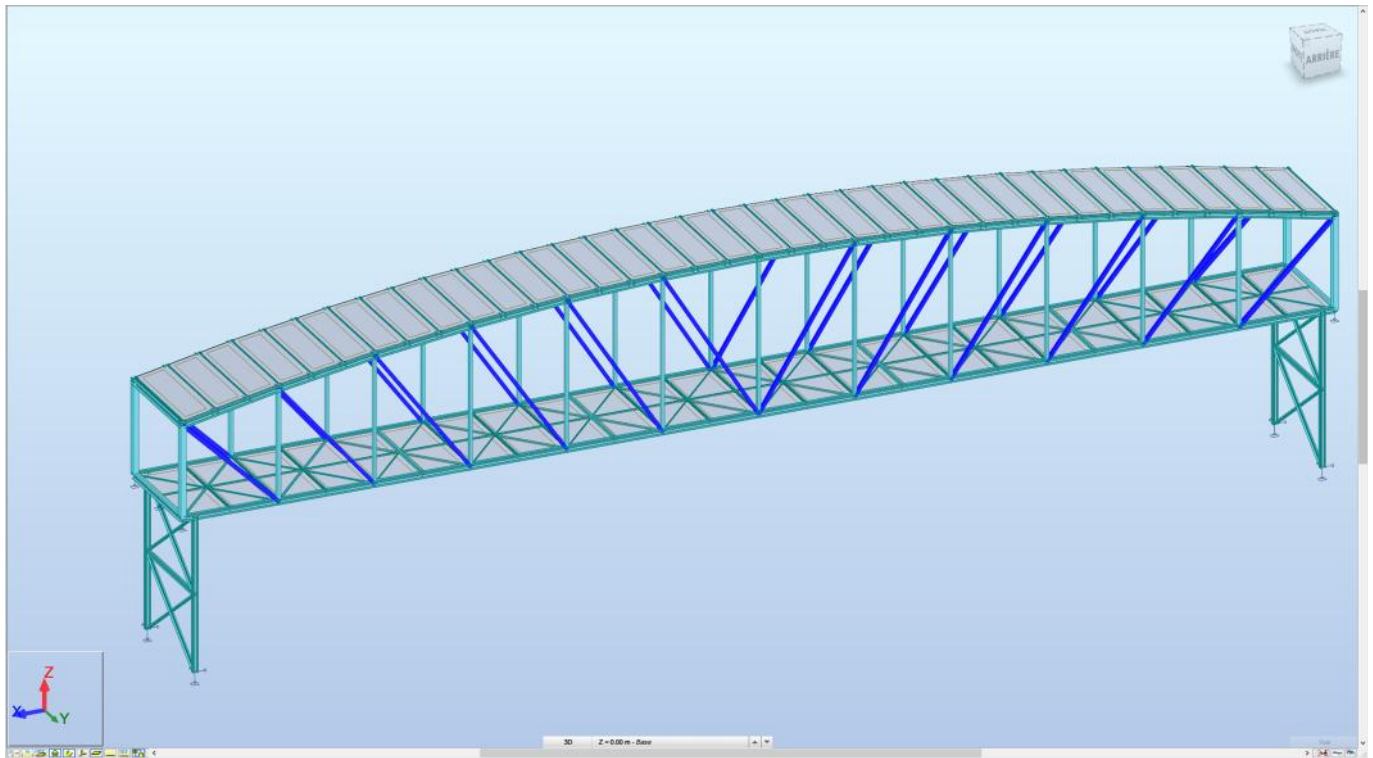
**Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé****Profil incorrect !!!**

- Les critères de résistance (effort tranchant élevé) de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 12.

8.12 VÉRIFICATION DES DIAGONALES

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des diagonales.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 60

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 33 ELU/20=1*1.35+2*1.35+3*1.35+4*1.35+5*1.50+6*1.50+10*0.90+7...
(1+2+3+4)*1.35+(5+6)*1.50+(10+12)*0.90+7*0.75

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 120_90

h=11.4 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=12.0 cm

Ay=21.64 cm²

Az=8.46 cm²

Ax=25.34 cm²

tw=0.5 cm

Iy=606.15 cm⁴

Iz=230.90 cm⁴

Ix=5.63 cm⁴

tf=0.8 cm

Wply=119.50 cm³

Wplz=58.85 cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES: $N_{Ed} = -46319.60 \text{ daN}$ $N_{t,Rd} = 59539.83 \text{ daN}$

Classe de la section = 1

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:



en z:

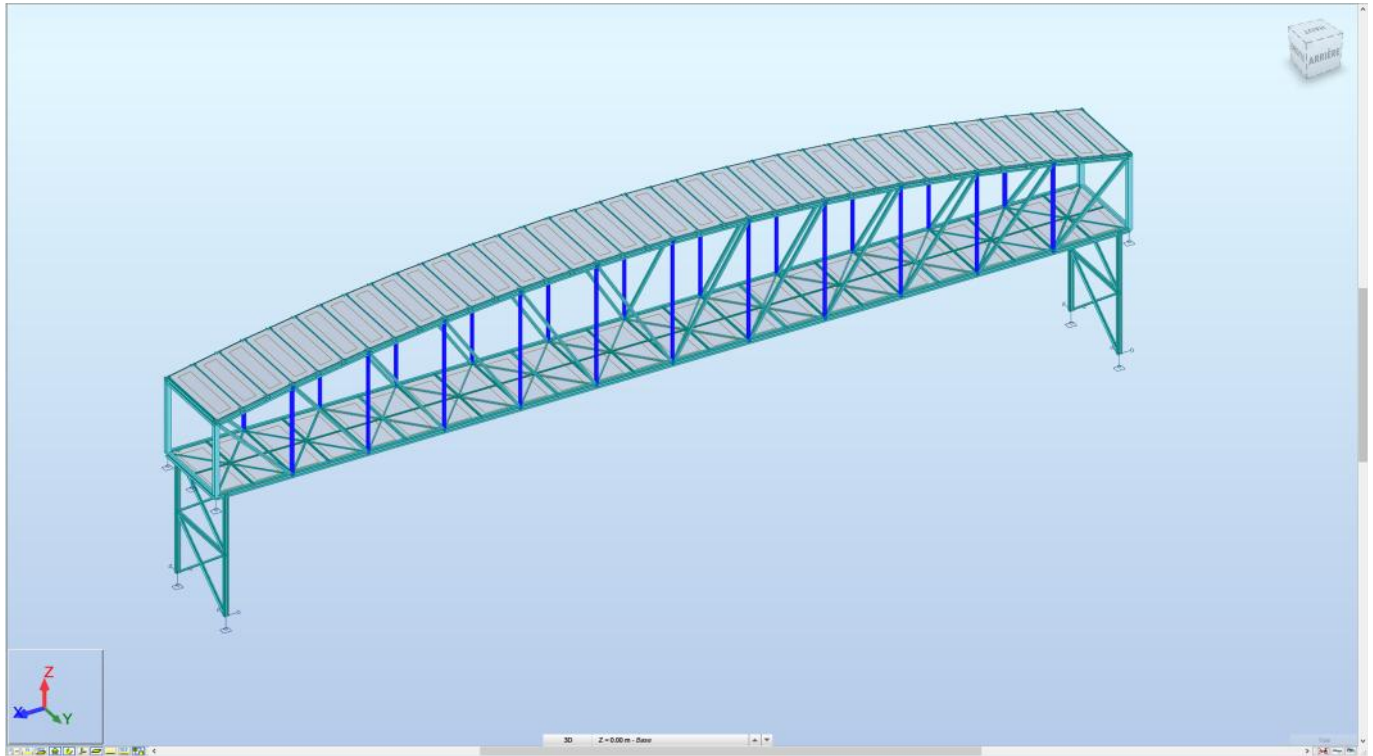
FORMULES DE VERIFICATION:*Contrôle de la résistance de la section:* $N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.78 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$

Profil correct !!!

8.13 VÉRIFICATION DES MONTANTS

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des montants.

Repérage :



Note de calculs de l'élément le plus sollicité :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 92

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 34 ELU/21=1*1.35+2*1.35+3*1.35+4*1.35+5*1.50+6*1.50+10*0.90+7...
(1+2+3+4)*1.35+(5+6)*1.50+(10+13)*0.90+7*0.75

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 100_90

h=9.6 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=10.0 cm

Ay=18.44 cm²

Az=7.56 cm²

Ax=21.24 cm²

tw=0.5 cm

Iy=349.22 cm⁴

Iz=133.81 cm⁴

Ix=4.69 cm⁴

tf=0.8 cm

Wply=83.02 cm³

Wplz=41.14 cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 17726.32 daN

Nc,Rd = 49904.84 daN

Nb,Rd = 12305.43 daN

Classe de la section = 1

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

en y:

Ly = 4.12 m

Lcr,y = 4.12 m

Lamy = 101.52

Lam_y = 1.08

Xy = 0.55



en z:

Lz = 4.12 m

Lcr,z = 4.12 m

Lamz = 164.01

Lam_z = 1.75

Xz = 0.25

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

N,Ed/Nc,Rd = 0.36 < 1.00 (6.2.4.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 101.52 < Lambda,max = 250.00

Lambda,z = 164.01 < Lambda,max = 250.00 STABLE

N,Ed/Nb,Rd = 1.44 > 1.00 (6.3.1.1.(1))

Profil incorrect !!!

- Les critères de stabilité de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 12.

9 VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS EN BA ET MAÇONNERIE SELON L'EUROCODE 2 ET 6

10 VÉRIFICATION DES DALLES DES BELVÉDÈRE SELON L'EUROCODE 2

Le ferrailage réel et coffrage des dalles a été fourni par l'entreprise EGV BAT :

S3. Sondage de la dalle : détermination des épaisseurs de revêtement, de béton, de bac, etc. et du ferrailage

L'épaisseur de la dalle est de 15cm en béton armé.

Le ferrailage est une maille de 6mm et espacé de de 20cm * 10cm.

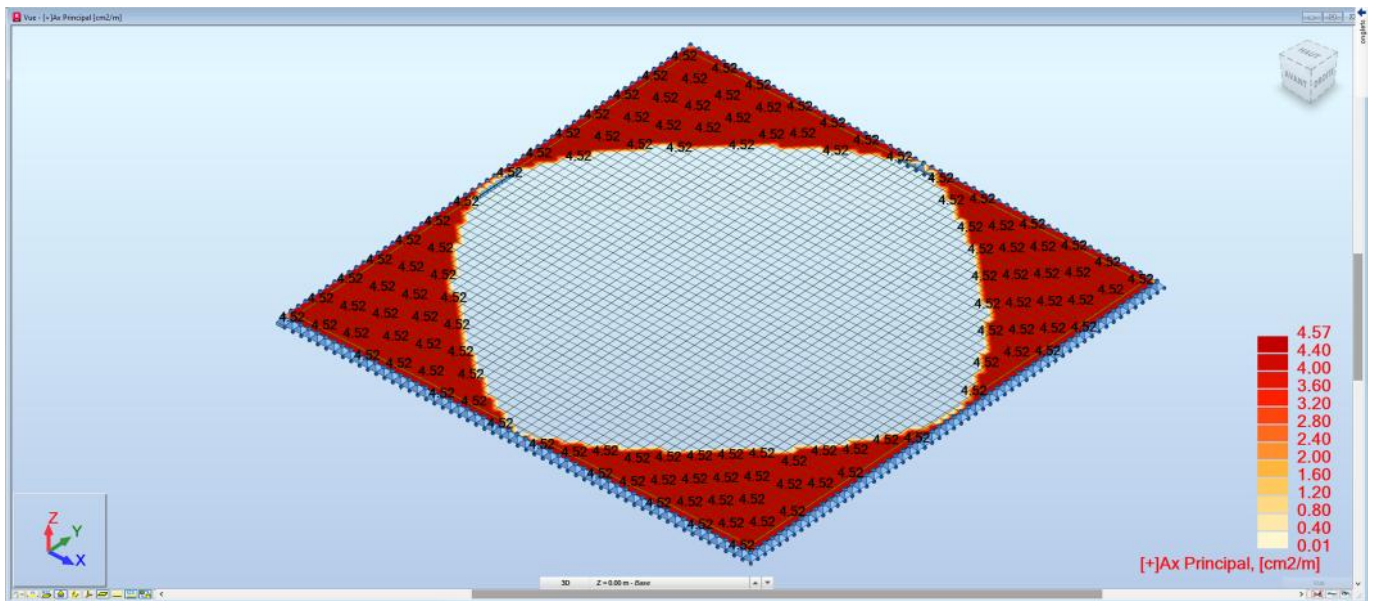
L'étancheité de la dalle est composé de 3cm de goudron.



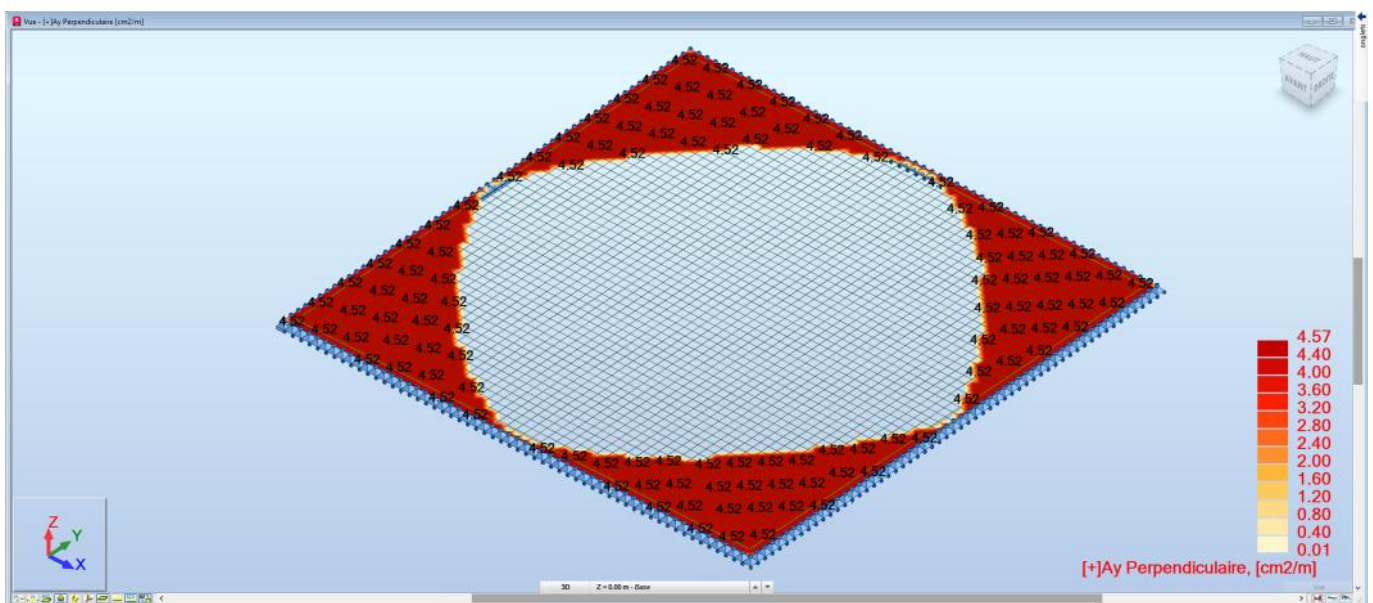
→ Ce ferrailage correspond à 1.698 cm²/ml dans le sens X et 3.113 cm²/ml dans le sens Y.

Nous allons comparer ce ferrailage à notre modèle de calculs selon l'Eurocode 2 :

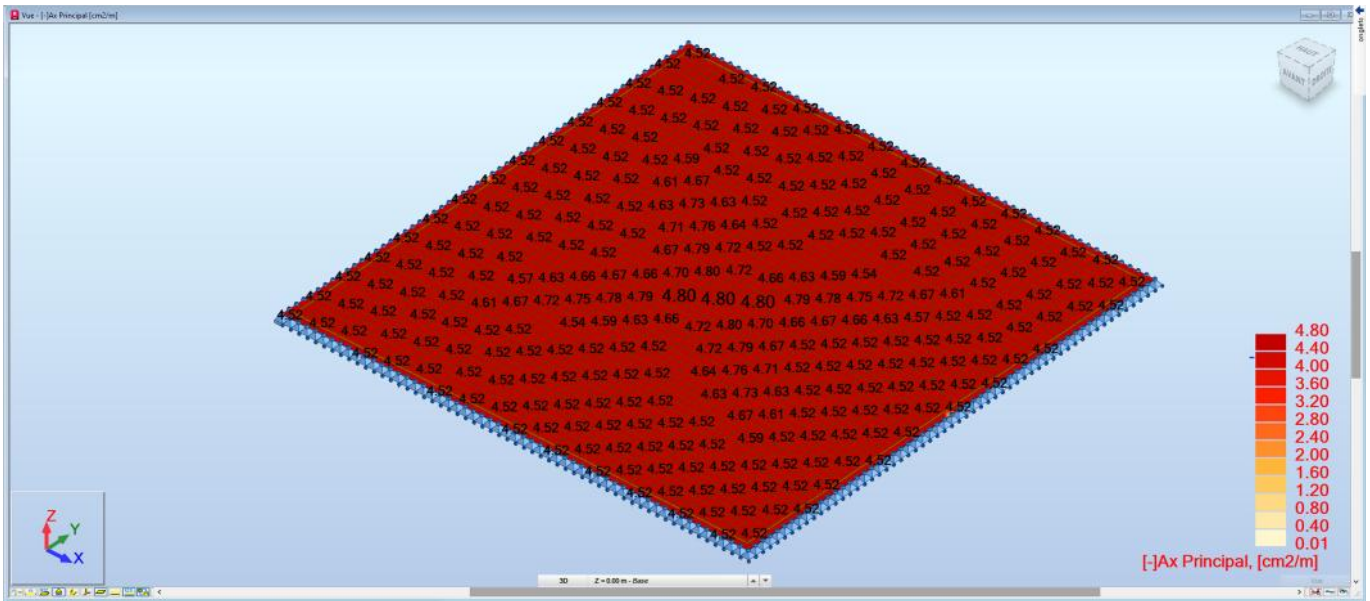
Nappe supérieure selon X : le ferrailage doit être au moins de $4.57 \text{ cm}^2/\text{ml}$



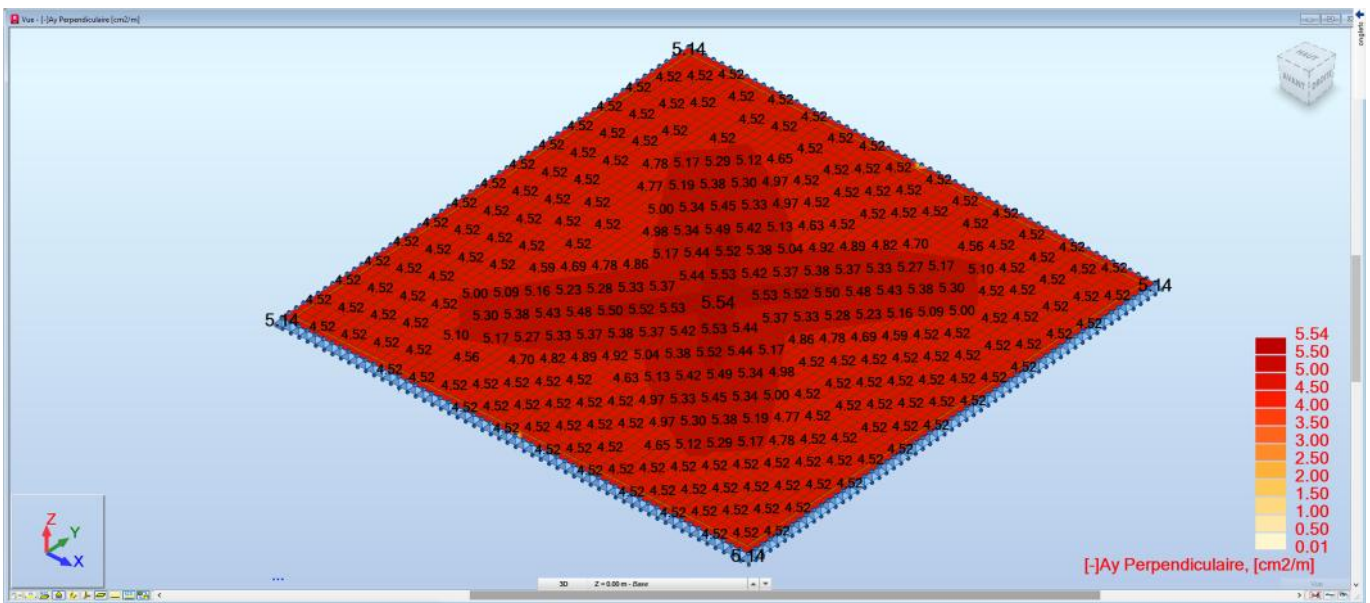
Nappe supérieure selon Y : le ferrailage doit être au moins de $4.57 \text{ cm}^2/\text{ml}$



Nappe inférieure selon X : le ferrailage doit être au moins de 4.80 cm²/ml



Nappe inférieure selon Y : le ferrailage doit être au moins de 5.54 cm²/ml



La descente de charges sur les murs en maçonnerie des belvédères est de 3 510 daN/ml.

- ➔ Le ferrailage des dalles n'est pas conforme à l'Eurocode 2. Les dalles peuvent être renforcées par des plat carbone ou un procédé à étudier en phase projet.

11 VÉRIFICATION DES MURS DES BELVÉDÈRE SELON L'EUROCODE 6

Les murs de belvédère reprennent les charges des dalles et une partie des charges de la passerelle nord. À l'ELU cela donne la valeur suivante :

- Charge de passerelle (ELU) : 26 000 daN/ml
- Charge de dalle (ELU) : 3 510 daN/ml
- Ce qui donne au total (ELU) : 29 510 daN/ml

Le mur doit donc résister à cette sollicitation. Nous allons effectuer le calcul de résistance du mur selon l'Eurocode 6 pour vérifier la conformité des murs.

11.1 ÉLANCEMENT GÉOMÉTRIQUE DU MUR

L'élancement des murs en maçonnerie est généralement limité à 27. Le mur étudié a une hauteur efficace de 4.60 m et une épaisseur efficace de 0.2 m (EGV BAT) :

- Elancement du mur : $h_{ef} / t_{ef} = 460 / 20 = 23$

➔ Cette condition est vérifiée.

11.2 RÉSISTANCE DU MUR A LA COMPRESSION CENTRÉE

Le mur est soumis uniquement à son poids propre, il n'a pas d'excentricité à prendre en compte.

- Résistance de calcul à la compression ($\gamma_M = 2.7$ « IL1 ») : $f_d = f_k / \gamma_M = 1.04$ MPa
- Facteur de réduction : $\phi_s = 0.85 - 0.0011 * (h_{ef} / t_{ef})^2 = 0.27$
- Résistance de calcul du mur : $N_{Rd} = \phi_s * f_d * A = 5\,616$ daN / ml

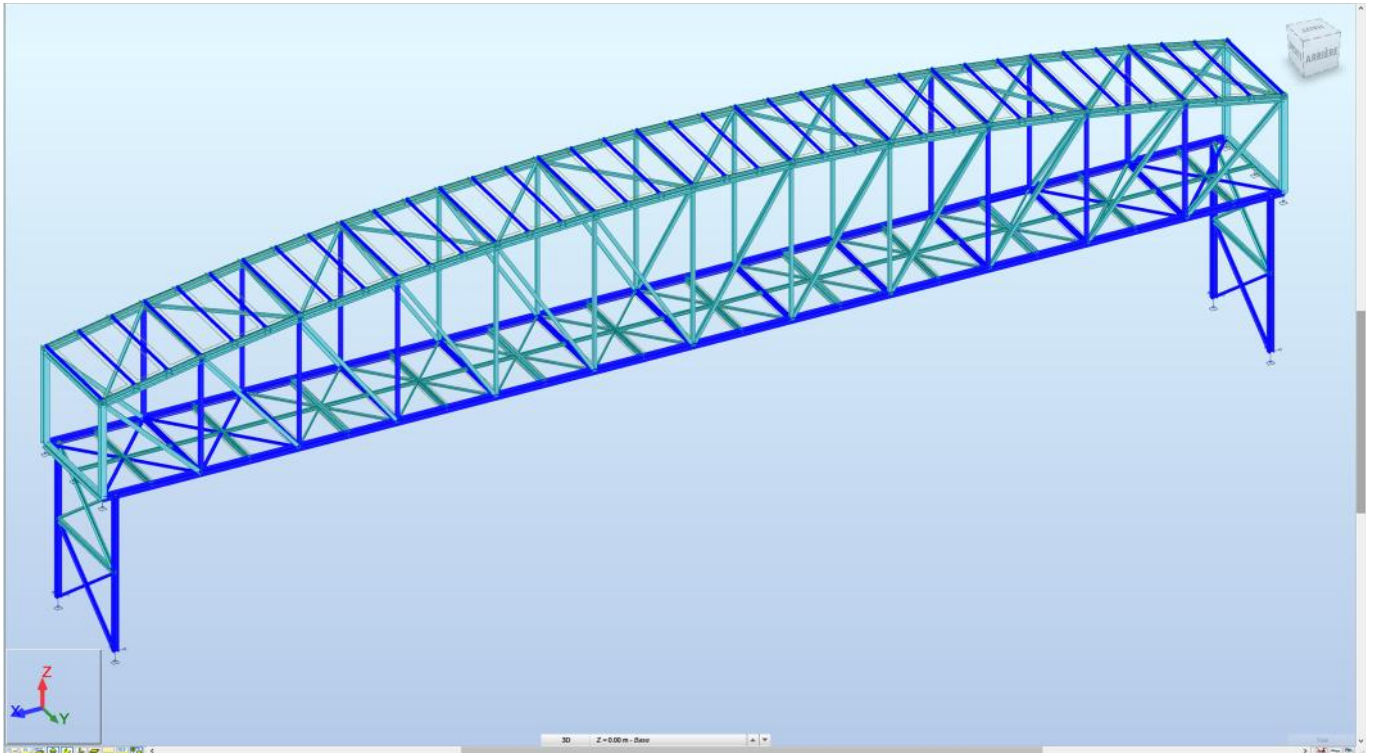
11.3 TAUX DE TRAVAIL

- Taux de travail du mur sous $1.35 * G$: 525 %

➔ Le mur n'est pas satisfaisant vis-à-vis des exigences de l'Eurocode 6. Nous préconisons l'incorporation d'une structure en béton armé pour assurer le renforcement.

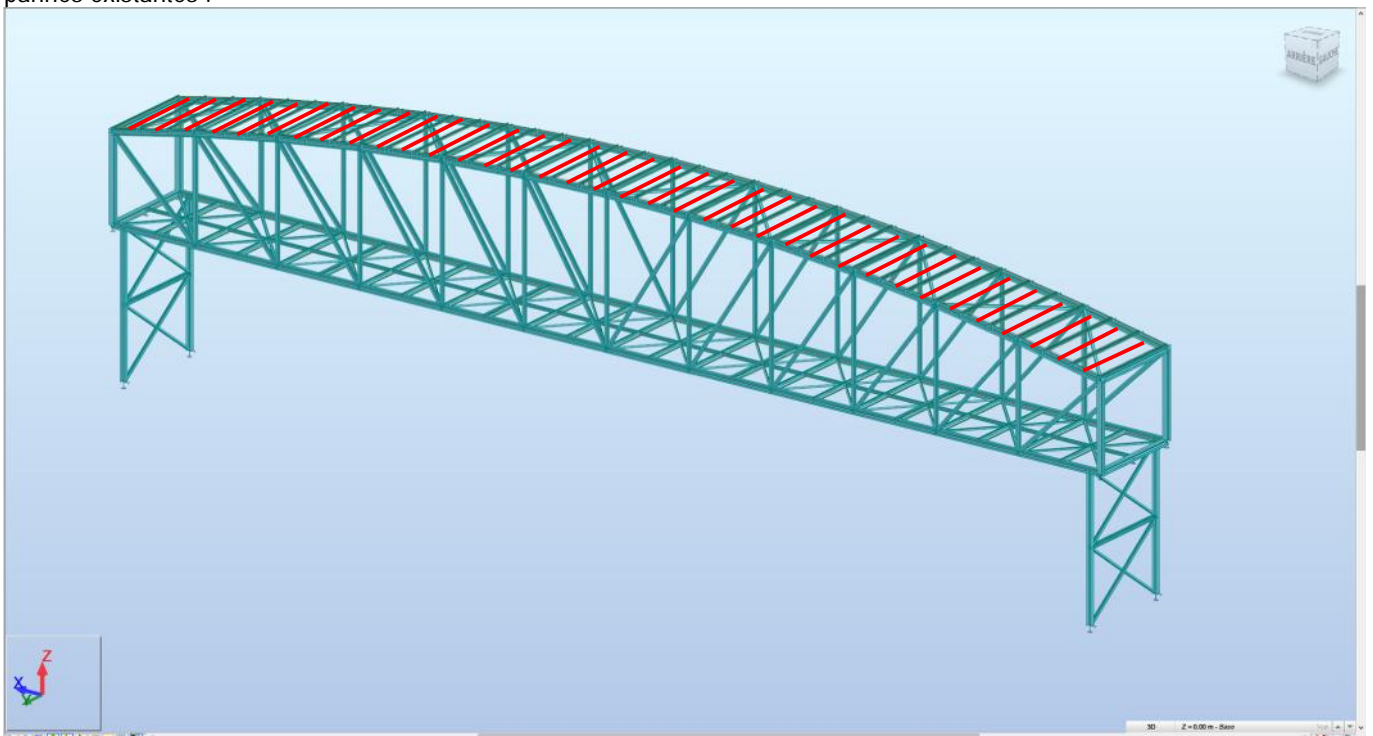
12 CONCLUSION ET PROPOSITIONS DE STRATÉGIES DE RENFORCEMENT

Les éléments de charpente métallique présentés dans la figure suivante ne sont pas conformes à l'Eurocode 3. La mise aux normes doit faire l'objet d'une étude spécifique en phase projet :

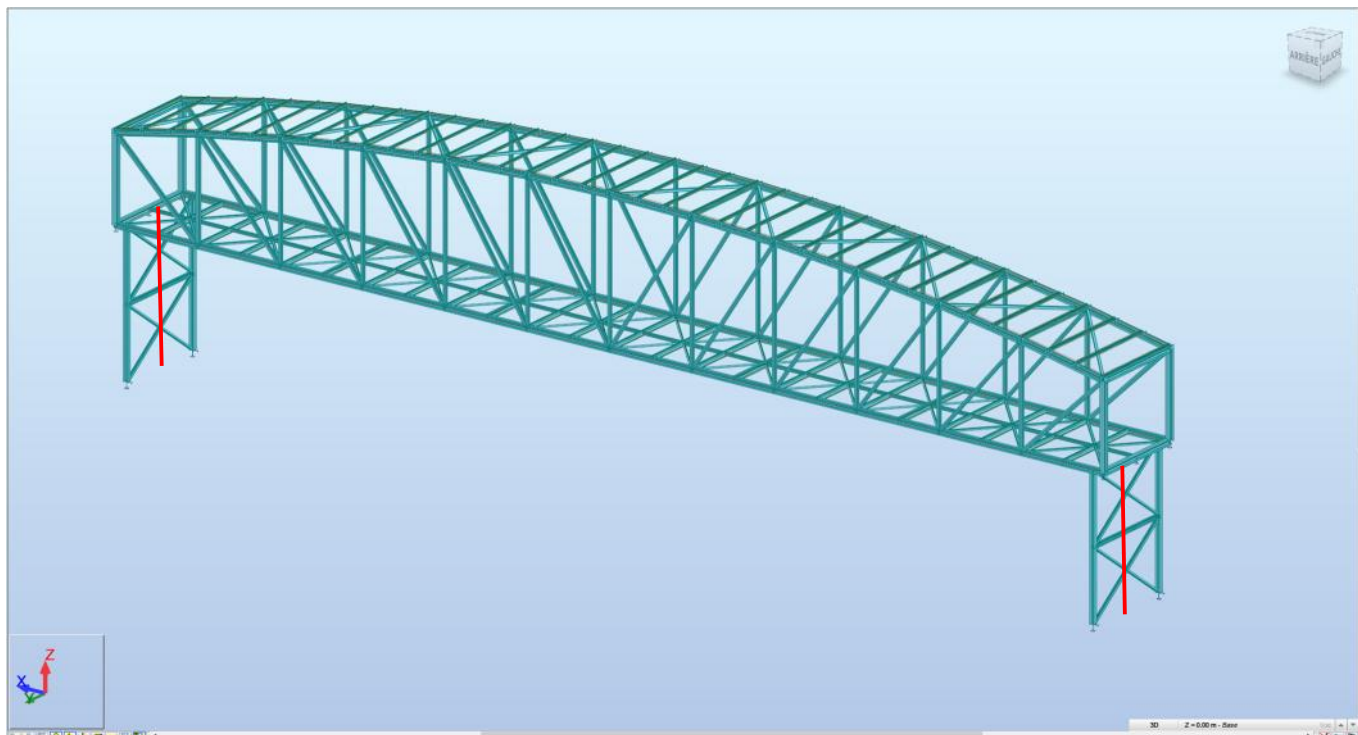


En plus du remplacement des éléments corrodés (profilés métallique, boulonnerie, etc.), le renforcement des dalle set murs ainsi que l'application d'un système de peinture anti-corrosion, nous préconisons les stratégies de renforcement suivantes en phase projet :

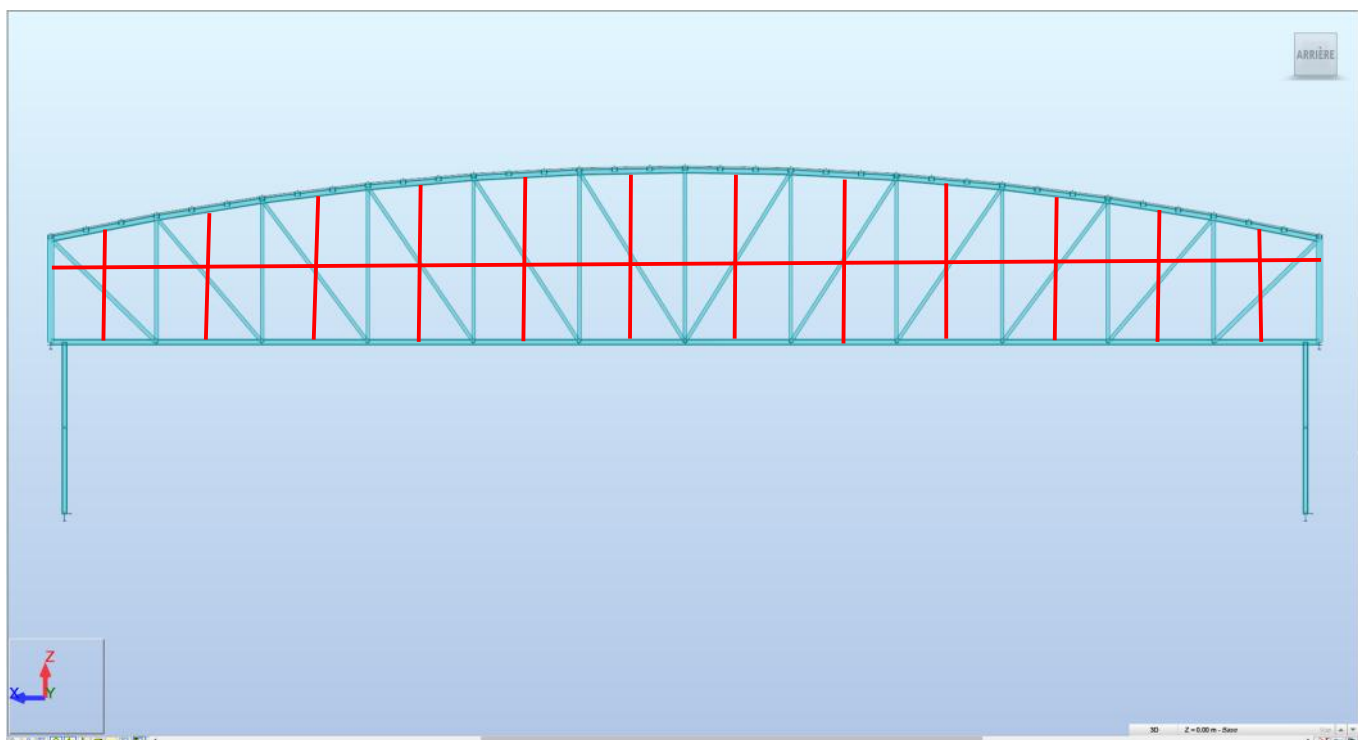
En toiture, nous pouvons préconiser l'ajout de 3 files de pannes. Ce dispositif permettra de diviser par 2 les sollicitations dans les pannes existantes :



Ajout de poteaux pour réduire les sollicitations dans les palées :



Ajout de montants et barre horizontale pour renforcer et rigidifier le treillis :



Nota : L'émission du présent rapport met fin à la mission qui nous a été confiée sur cette opération.