

# AMTECH STRUCTURES

Adresse : 20 rue de Rambervillers 75 012 Paris  
Site web : [www.amtech-structures.fr](http://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](mailto:contact@amtech-structures.fr)

## DIAGNOSTIC STRUCTUREL « ESCALIER 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



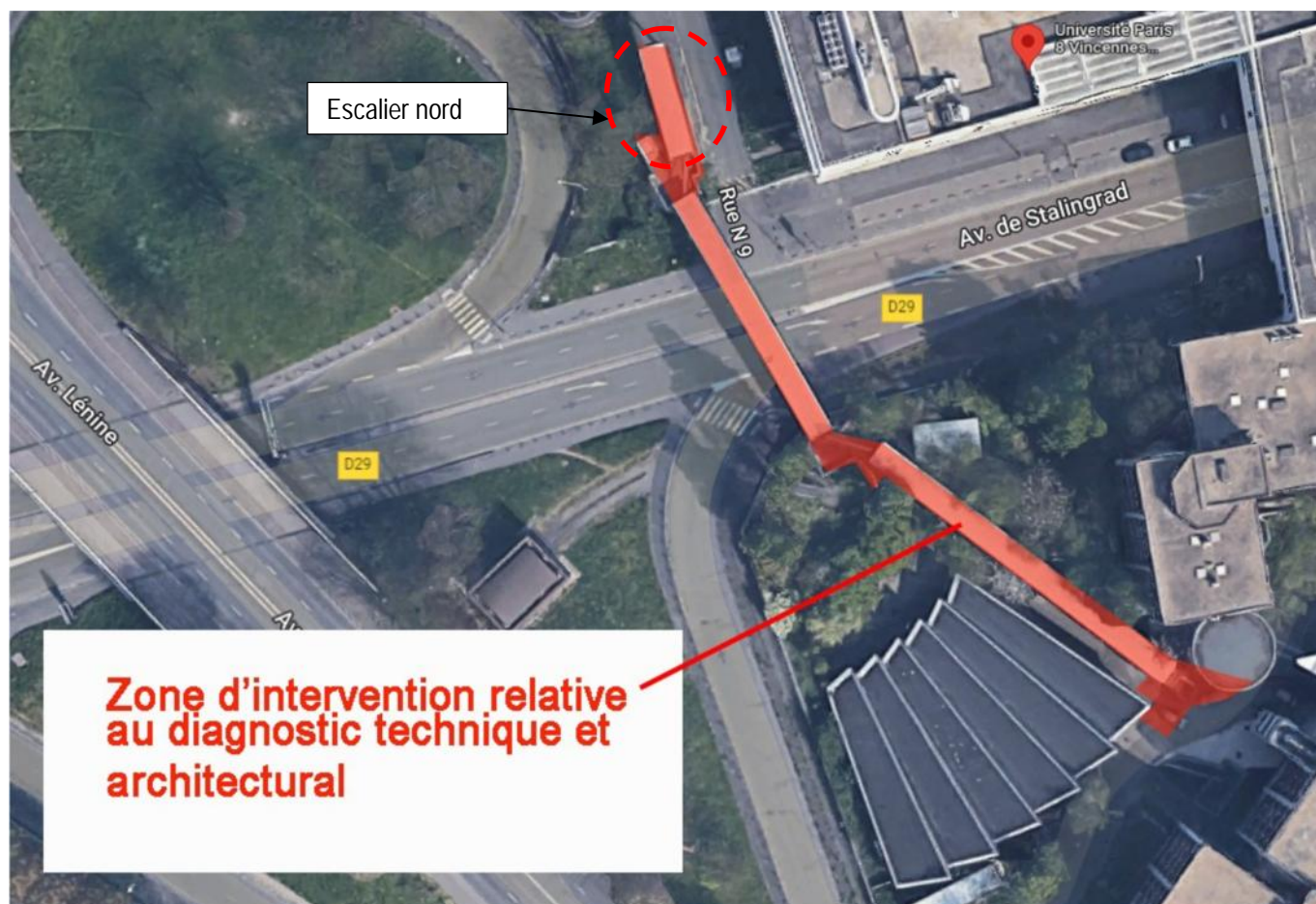
## TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	3
2	PATHOLOGIES.....	4
2.1	ÉTAT DES PROFILÉS MÉTALLIQUES.....	4
2.2	ÉTAT DES TÔLES DU TABLIER.....	6
3	MATÉRIAUX – RÈGLEMENTS.....	7
3.1	MATÉRIAUX.....	7
3.2	RÈGLEMENTS ET DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE.....	7
4	HYPOTHÈSES DE CALCULS.....	8
4.1	CHARGES PERMANENTES « G ».....	8
3.1.2.	POIDS PROPRE – $G_1$ – CAS 1.....	8
3.1.3.	TABLIER DE LA PASSERELLE – $G_2$ – CAS 2.....	8
3.1.2.	COUVERTURE DE LA PASSERELLE – $G_3$ – CAS 3.....	9
3.1.2.	GARDE-CORPS DE LA PASSERELLE – $G_4$ – CAS 4.....	10
4.2	CHARGES D'EXPLOITATION « Q ».....	11
3.1.2.	CHARGES D'EXPLOITATION – PASSERELLE – $Q_1$ – CAS 5.....	11
3.1.2.	CHARGES D'EXPLOITATION – GARDE-CORPS PASSERELLE – $Q_2$ – CAS 6.....	12
4.3	CHARGES DE NEIGE « $S_N$ » - CAS 7.....	13
4.3.1	ACCUMULATION DE NEIGE.....	13
4.4	CHARGES DE VENT « W » – $W_1, W_2, W_3, W_4$ – CAS 8, 9, 10, 11.....	15
3.1.2.	DONNÉES DE BASE.....	15
3.1.3.	VITESSE MOYENNE DU VENT.....	16
3.1.2.	PRESSION DYNAMIQUE DE POINTE.....	16
3.1.2.	FORCE DE FROTTEMENT « TRAINÉE ».....	16
3.1.3.	COEFFICIENTS DE PRESSIONS.....	17
4.5	ACTION THERMIQUE – $T_{-30}, T_{+30}$ – CAS 12, 13.....	20
5	FLÈCHES ET DÉPLACEMENTS ADMISSIBLES.....	22
5.1	FLÈCHES VERTICALES.....	22
5.2	DÉPLACEMENTS HORIZONTAUX.....	23
6	COMBINAISONS.....	24
6.1	RECAPITULATION DES CAS DE CHARGES.....	24
6.2	COMBINAISONS AUX ETATS LIMITES DE SERVICE.....	24
6.3	COMBINAISONS AUX ETATS LIMITES ULTIMES.....	24
7	DESCENTE DE CHARGES.....	25
7.1	REPÉRAGE DES APPUIS.....	25
7.2	TABLEAUX DES RÉACTIONS D'APPUIS DES CAS DE CHARGES ÉLÉMENTAIRES.....	26
8	VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS EN ACIER SELON L'EUROCODE 3.....	30
8.1	VÉRIFICATION DES POTEAUX.....	30
8.2	VÉRIFICATION DES TRAVERSES.....	33
8.3	VÉRIFICATION DES POUTRES.....	36
8.4	VÉRIFICATION DES ENTRETOISES.....	39
8.5	VÉRIFICATION DES PANNES.....	42
8.6	VÉRIFICATION DES SUPPORTS DE PANNES.....	45
8.7	VÉRIFICATION DES LIMONS D'ESCALIER.....	48
9	CONCLUSION ET PROPOSITIONS DE STRATÉGIES DE RENFORCEMENT.....	51

## 1 INTRODUCTION

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

La partie concernée par cette note est l'escalier NORD :





## 2 PATHOLOGIES

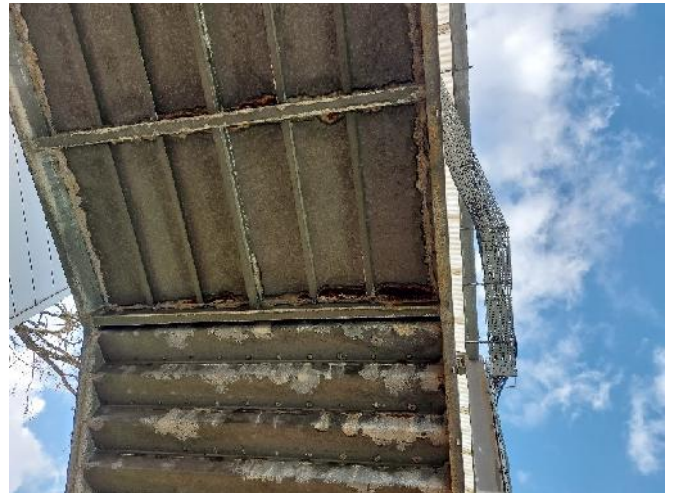
### 2.1 ÉTAT DES PROFILÉS MÉTALLIQUES

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.



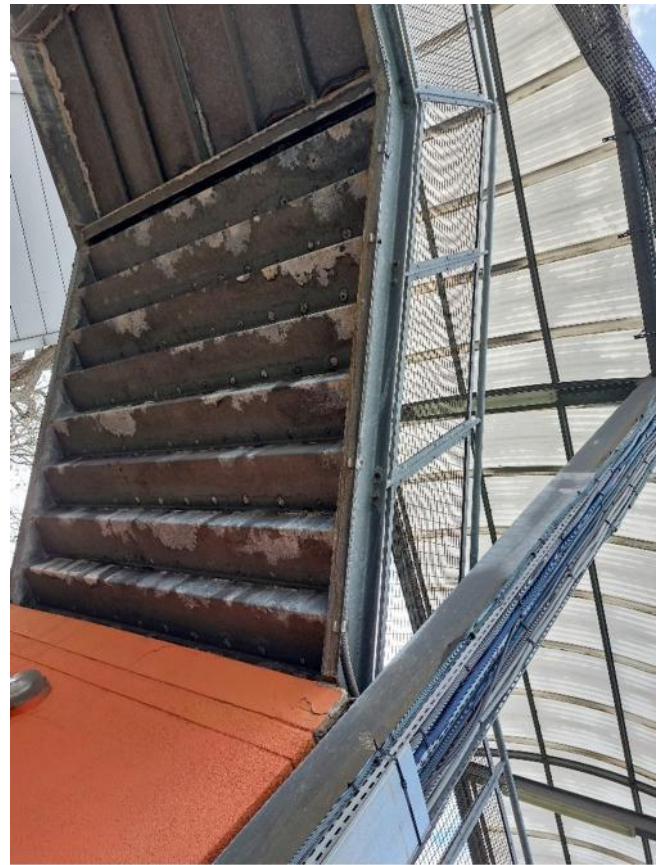


- Nous préconisons la substitution des profilés métalliques dégradés par effeuillage de plus de 2 mm et le remplacement la boulonnerie corrodée. L'application d'un système de peinture anti-corrosion (3 couches) est nécessaire pour compléter la protection.



## 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.

### 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 : | $\alpha = 10^{-5} \text{ m par } ^\circ\text{C}$ |

#### 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.
- 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/ m<sup>3</sup>

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. 4 cm (1800 daN/m<sup>3</sup>)

72 daN/m<sup>2</sup>

Tôle en acier + nervures

15 daN/m<sup>2</sup>

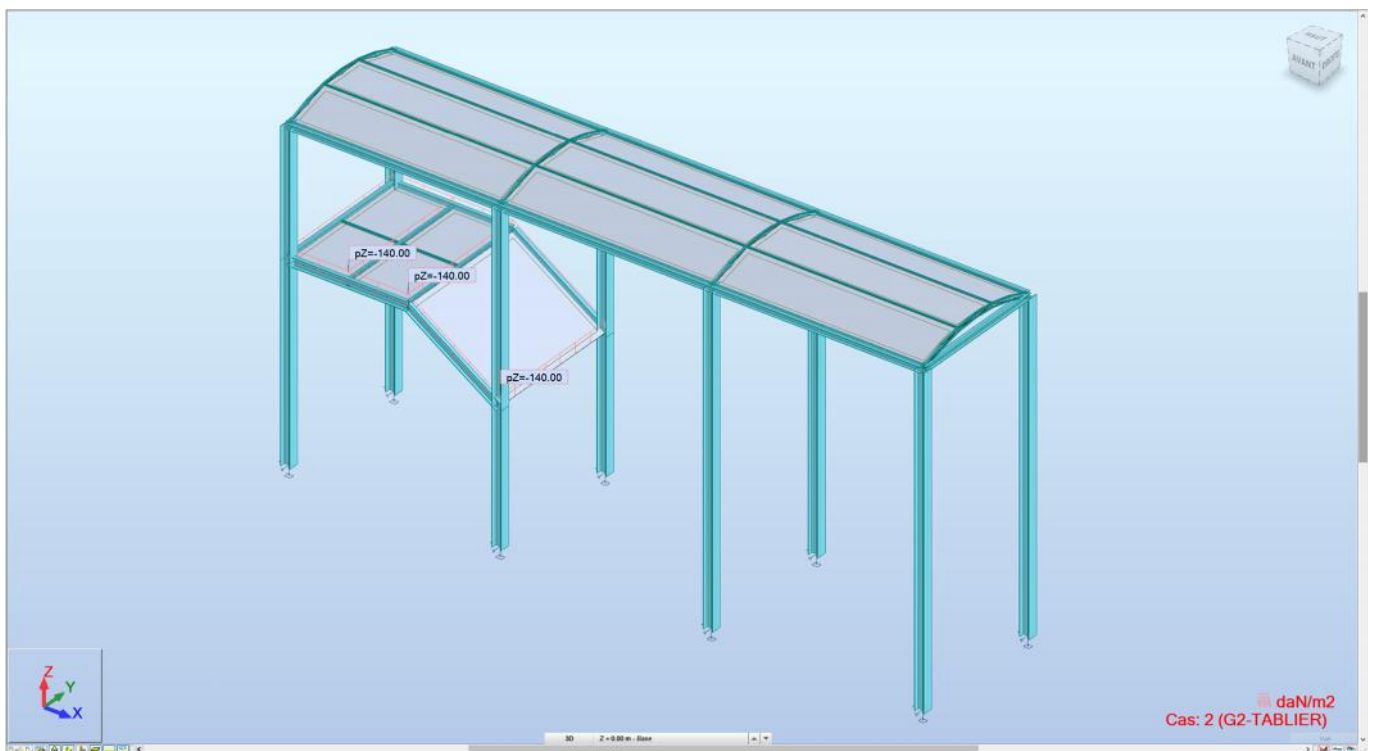
Chemin de câble + éclairage + divers

53 daN/m<sup>2</sup>

Total :

140 daN/m<sup>2</sup>

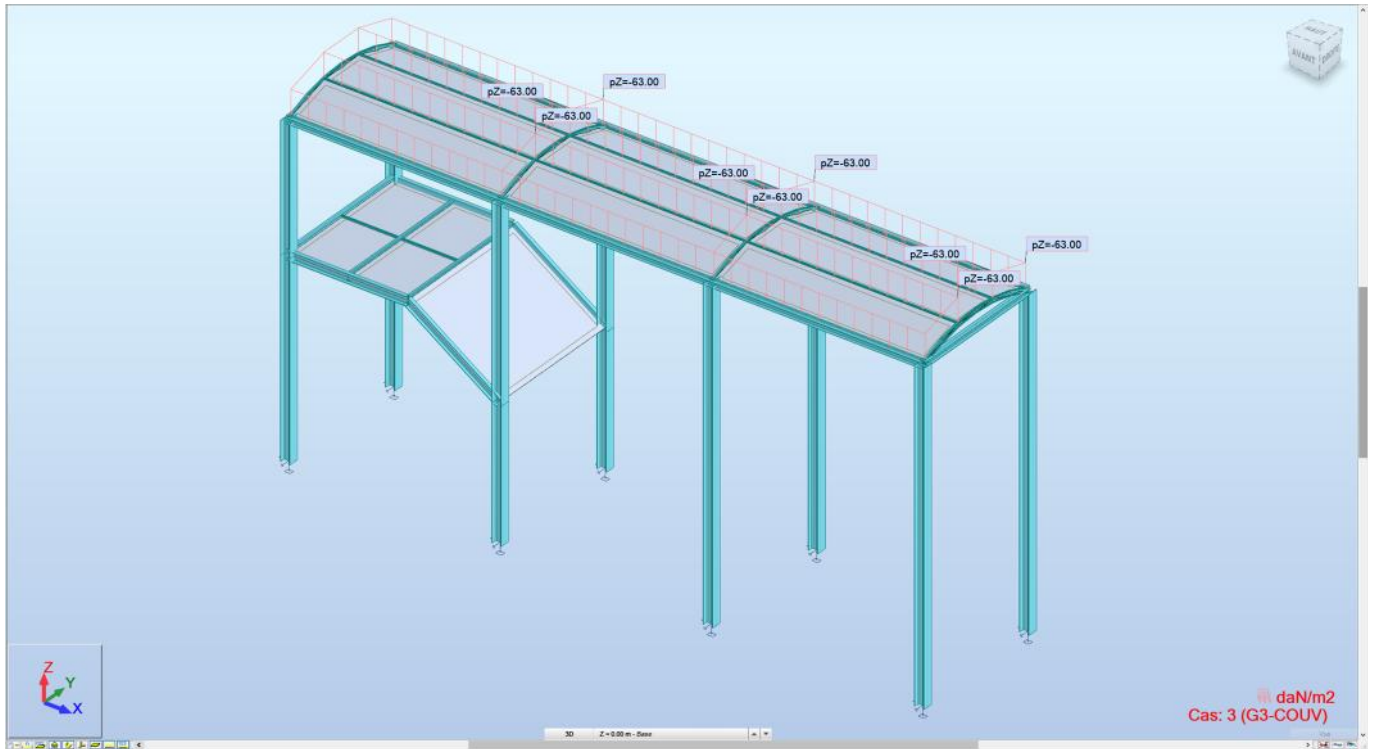
Représentation graphique :





3.1.2. COUVERTURE DE LA PASSERELLE – G<sub>3</sub> – CAS 3

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

Représentation graphique :

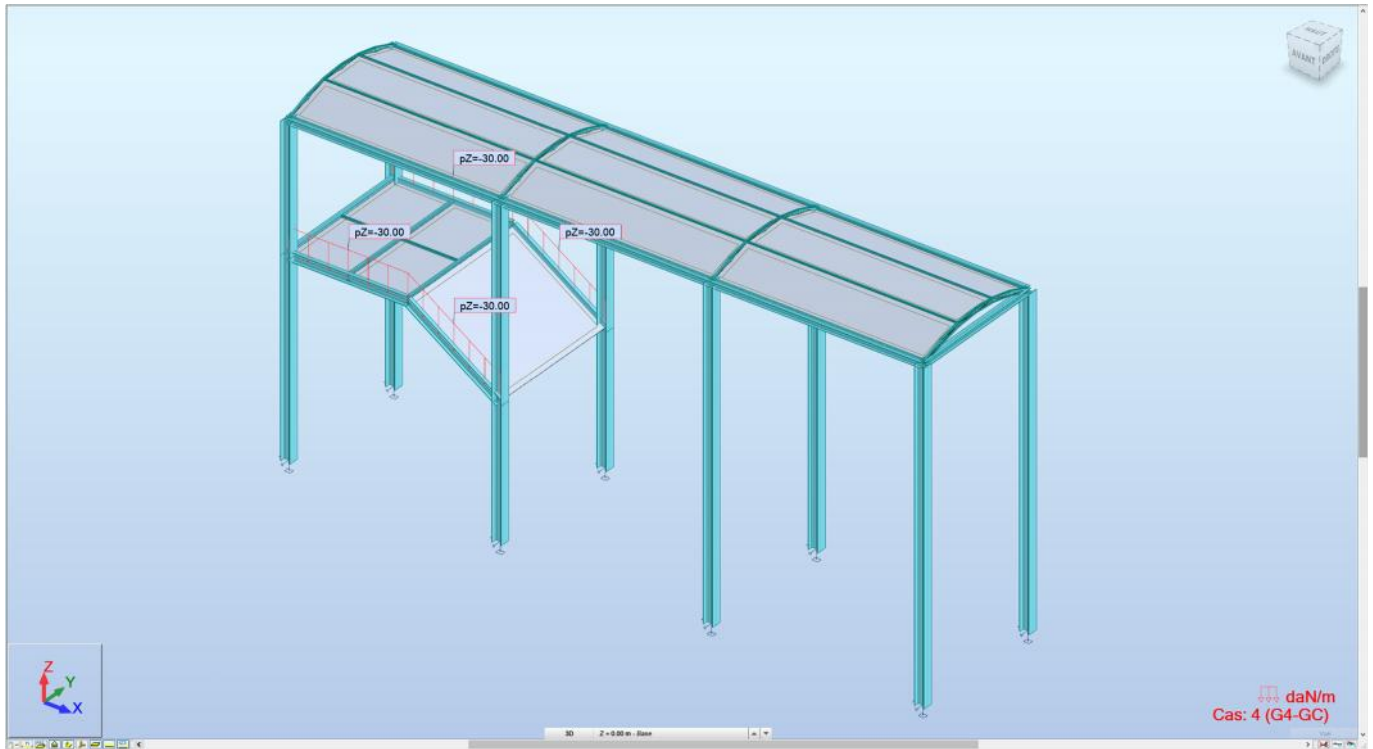
3.1.2. GARDE-CORPS DE LA PASSERELLE – G<sub>4</sub> – CAS 4

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<sub>1</sub> – CAS 5

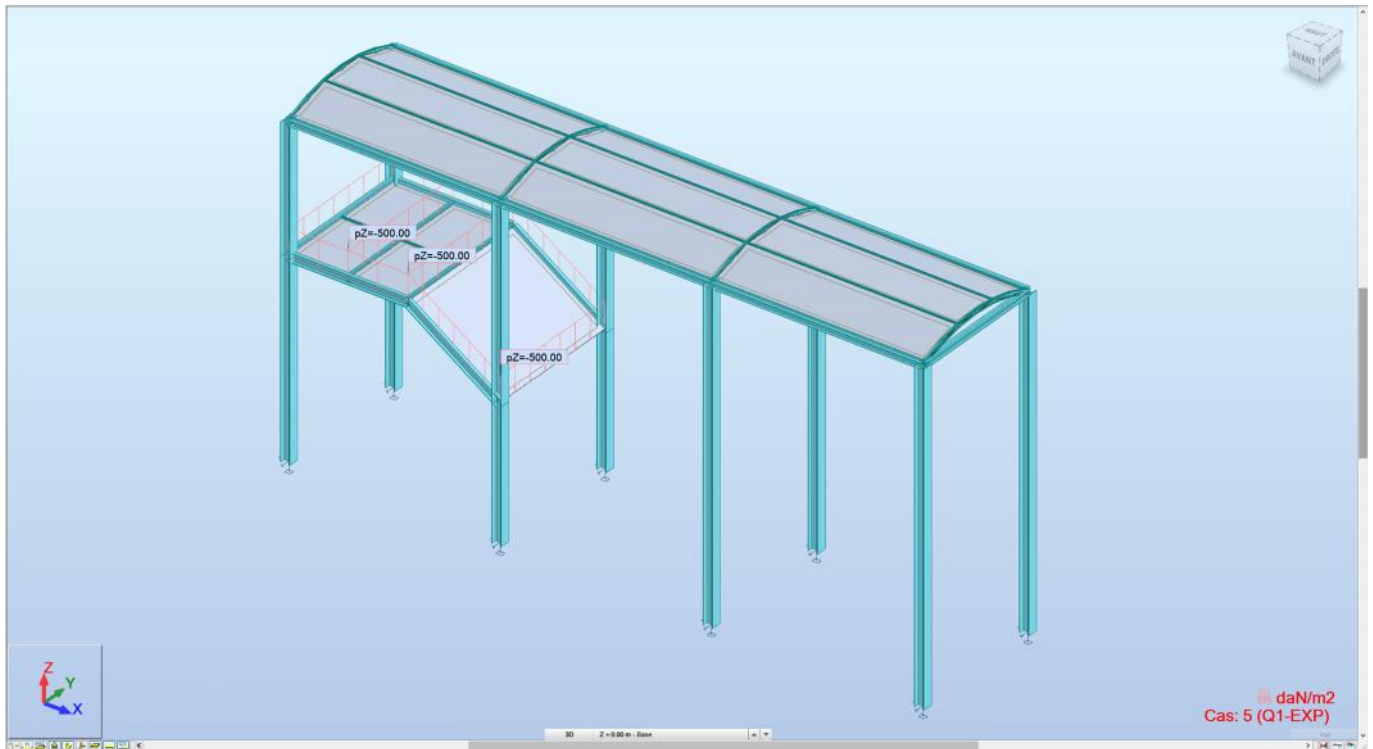
Passerelle piétonne

500 daN/m<sup>2</sup>

Total :

500 daN/m<sup>2</sup>

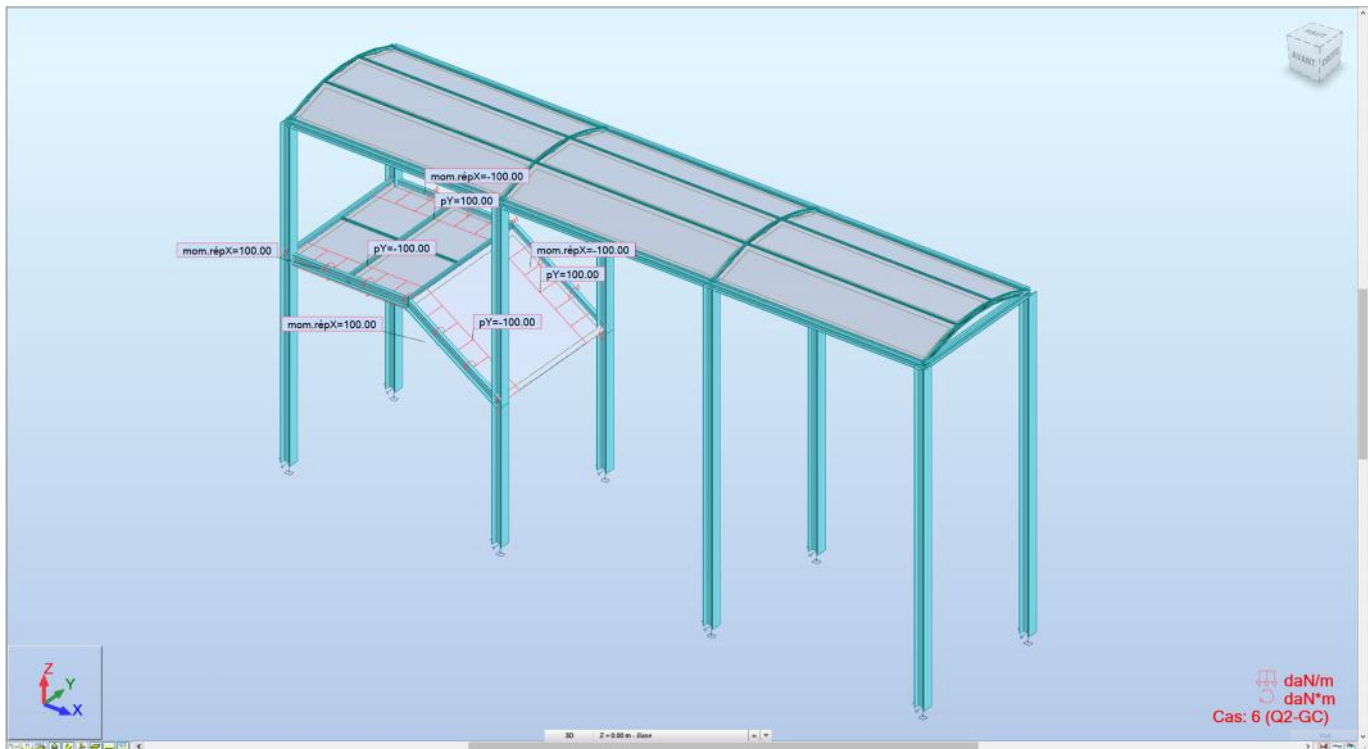
Représentation graphique :



3.1.2. CHARGES D'EXPLOITATION – GARDE-CORPS PASSERELLE – Q<sub>2</sub> – 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 de garde-corps ne s'appliquent 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 :

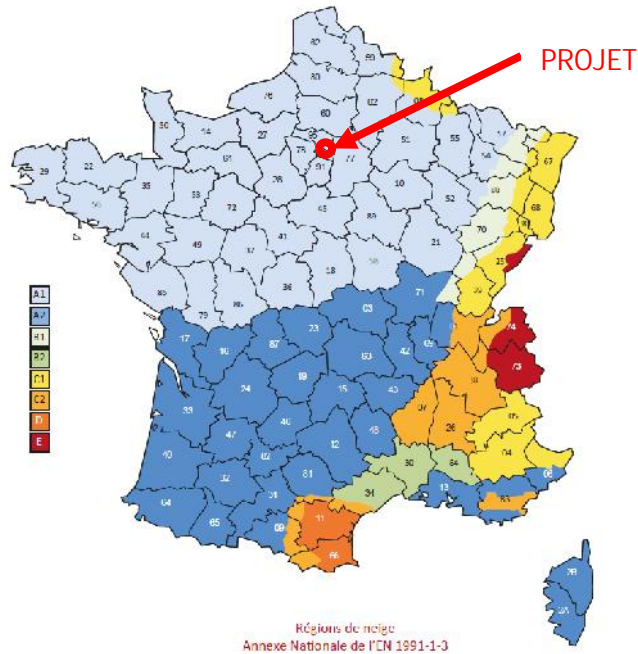


### 4.3 CHARGES DE NEIGE « $S_N$ » - CAS 7

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 :

$\sim 1 = 0,8 \text{ (} r1 < 30^\circ \text{)}$

Charge additionnelle « concomitante pluie / neige »

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

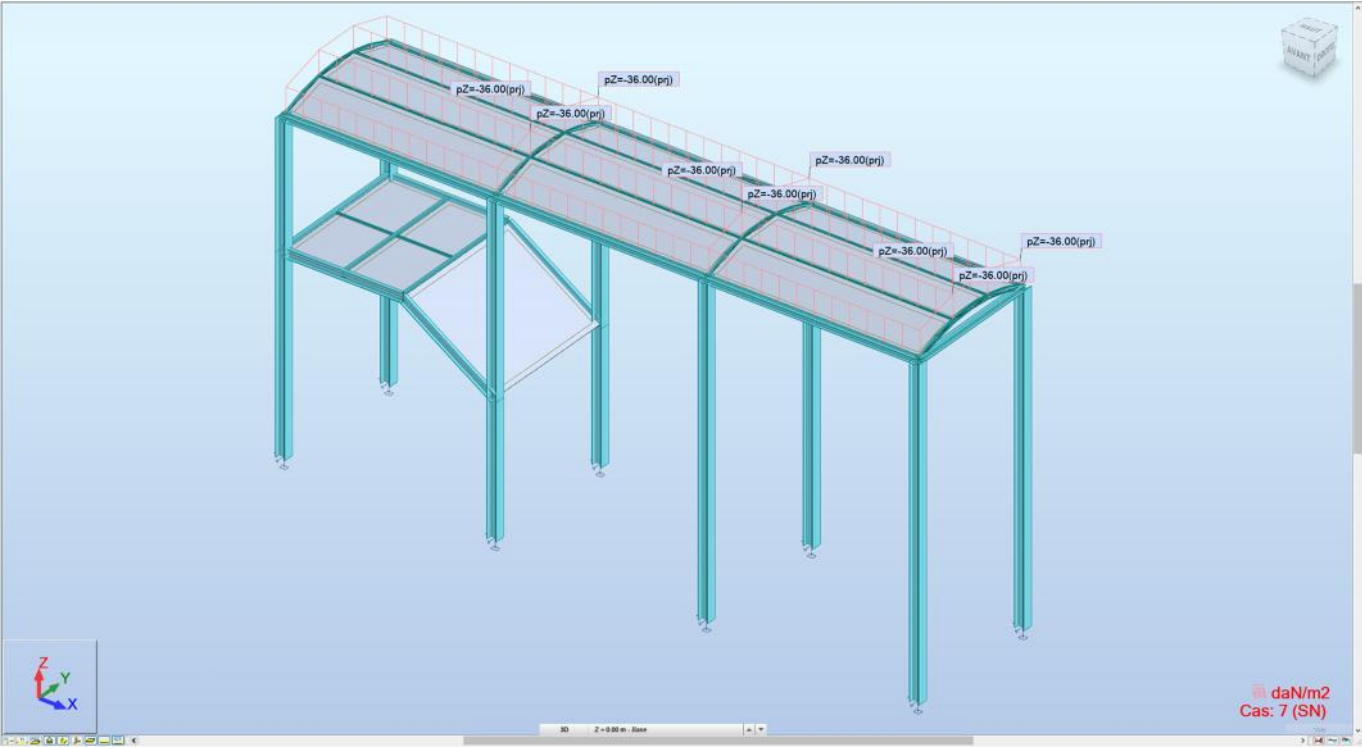
Valeur caractéristique de la charge de neige sur la toiture :

$S = \sim 1 \times C_e \times C_t \times S_k + S_1 = 36 \text{ daN / m}^2$

#### 4.3.1 ACCUMULATION DE NEIGE

S.O.

Représentation graphique :



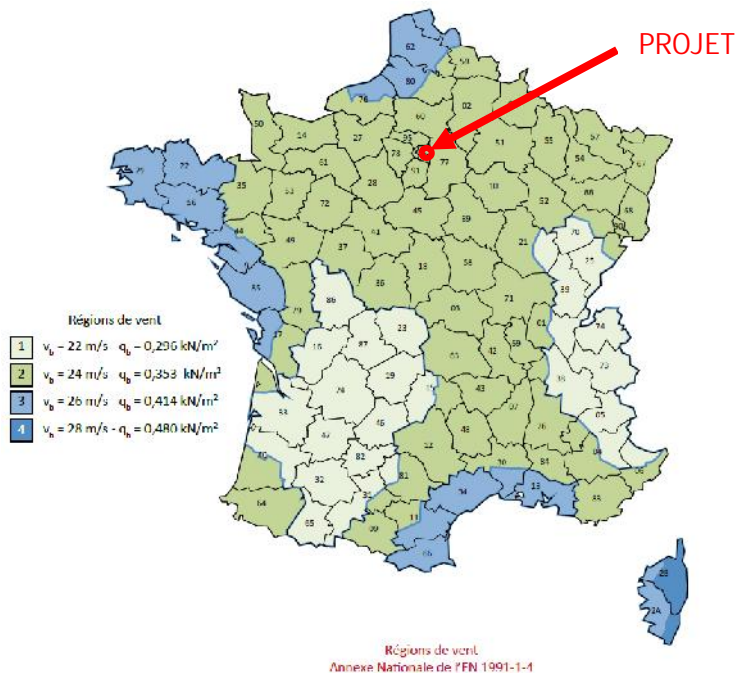


4.4 CHARGES DE VENT « W » –  $W_1, W_2, W_3, W_4$  – CAS 8, 9, 10, 11

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 :

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

Coefficient de turbulence :

$$k_I = 1$$

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 :

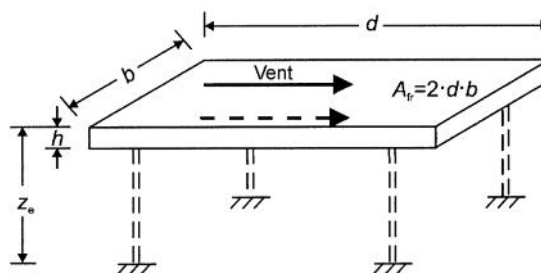
$$q_p(z) = 53 \text{ daN / m}^2$$

### 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 :  $A_{fr} = 2 \times (16 \times 3,6) + 2 \times (5,5 \times 3,6) = 155 \text{ m}^2$  (77,5 m<sup>2</sup> 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 :

$$F_{fr} = A_{fr} \times c_{fr} \times q_p(z) = 2 \times (77,5 \times 0,04 \times 53) = 330 \text{ daN}$$

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 :

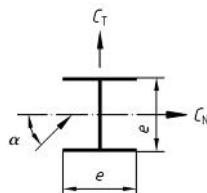
**Tableau 2 — Coefficients de pression et de force à appliquer pour une toiture isolée à un versant**

Angle de toiture	Obstruction $\varphi$	Coefficients de force globaux $c_f$	Coefficients de pression $c_p$		
			$c_1$	$c_2$	$c_3$
0°	maxi, quel que soit $\varphi$	$X = 0,25$	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 $\varphi$	$X = 0,25$	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 $\varphi$	$X = 0,25$	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 $\varphi$	$X = 0,325$	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 $\varphi$	$X = 0,40$	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 $\varphi$	$X = 0,40$	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 $\varphi$	$X = 0,40$	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  $\varphi$ , 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.

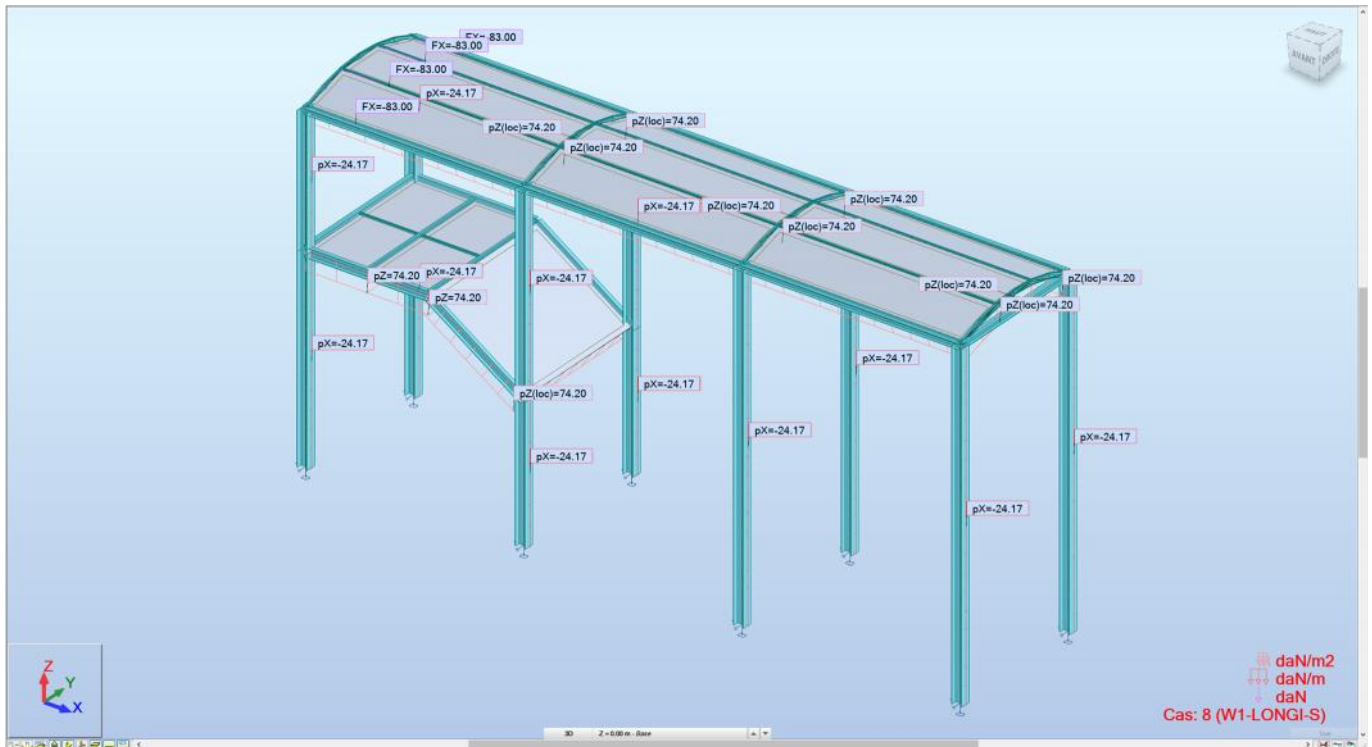
On appliquera aux profilés à angle vif (type HEA : principalement les poteaux, diagonales, montants, etc.) le coefficient de pression avec la valeur de 1.9 (Hypothèse défavorable :  $c_T = c_N$  avec  $r = 90^\circ$ ) :



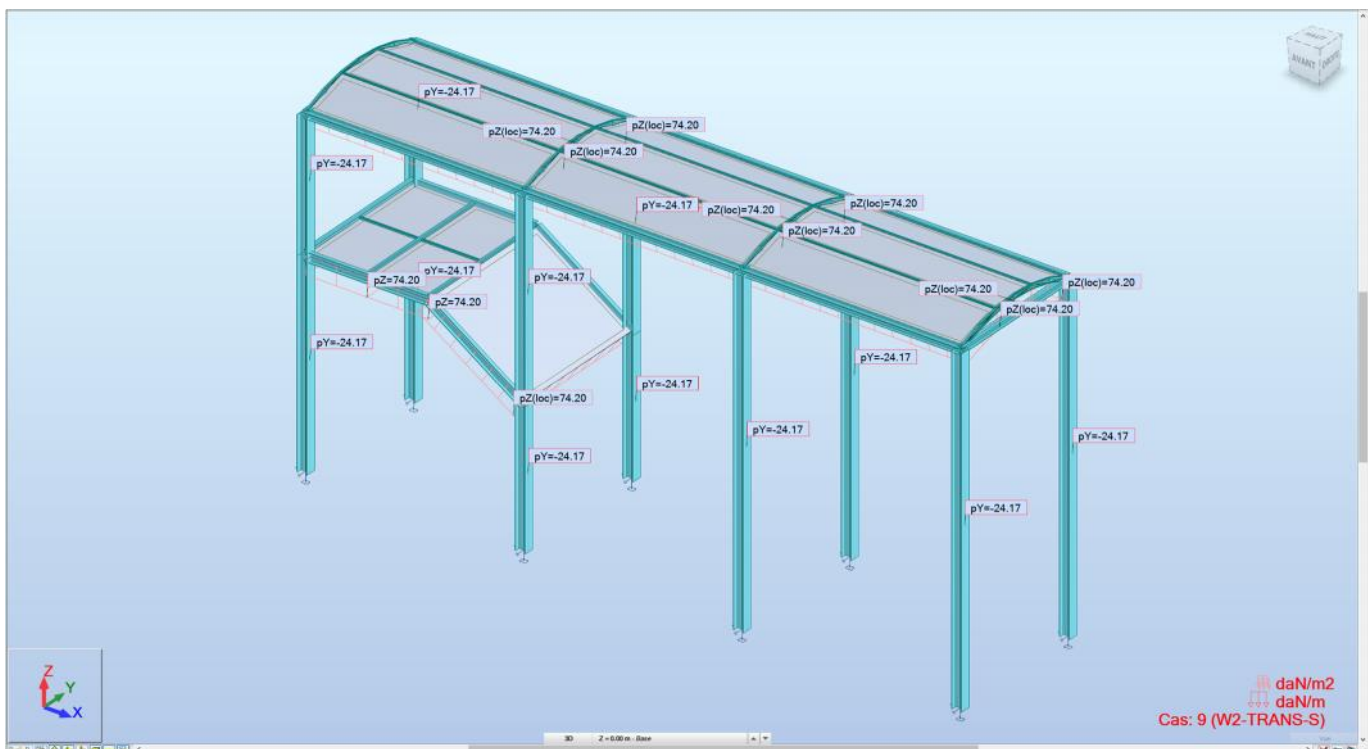
**Figure 7.46(NA)**

$\alpha$	$c_x$	$c_y$	$c_T$	$c_N$
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

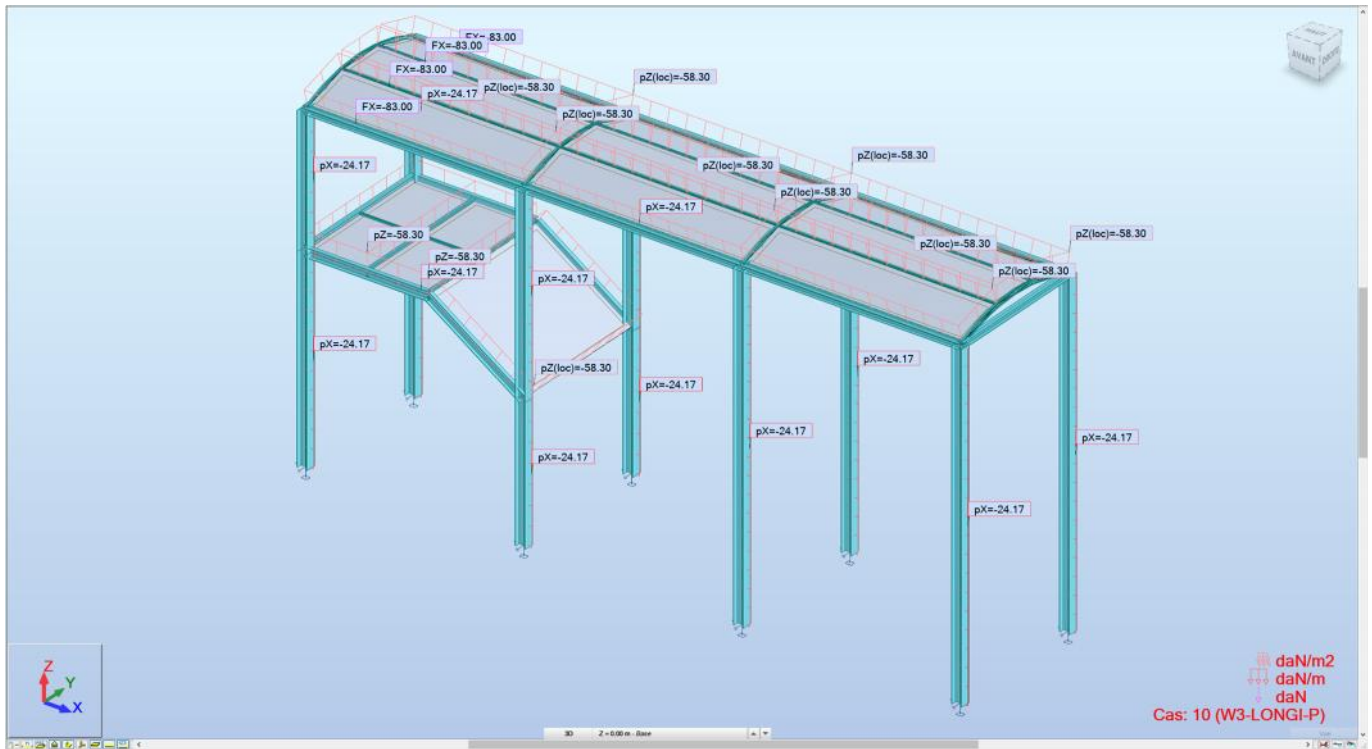
### Représentation graphique – CAS 8 :



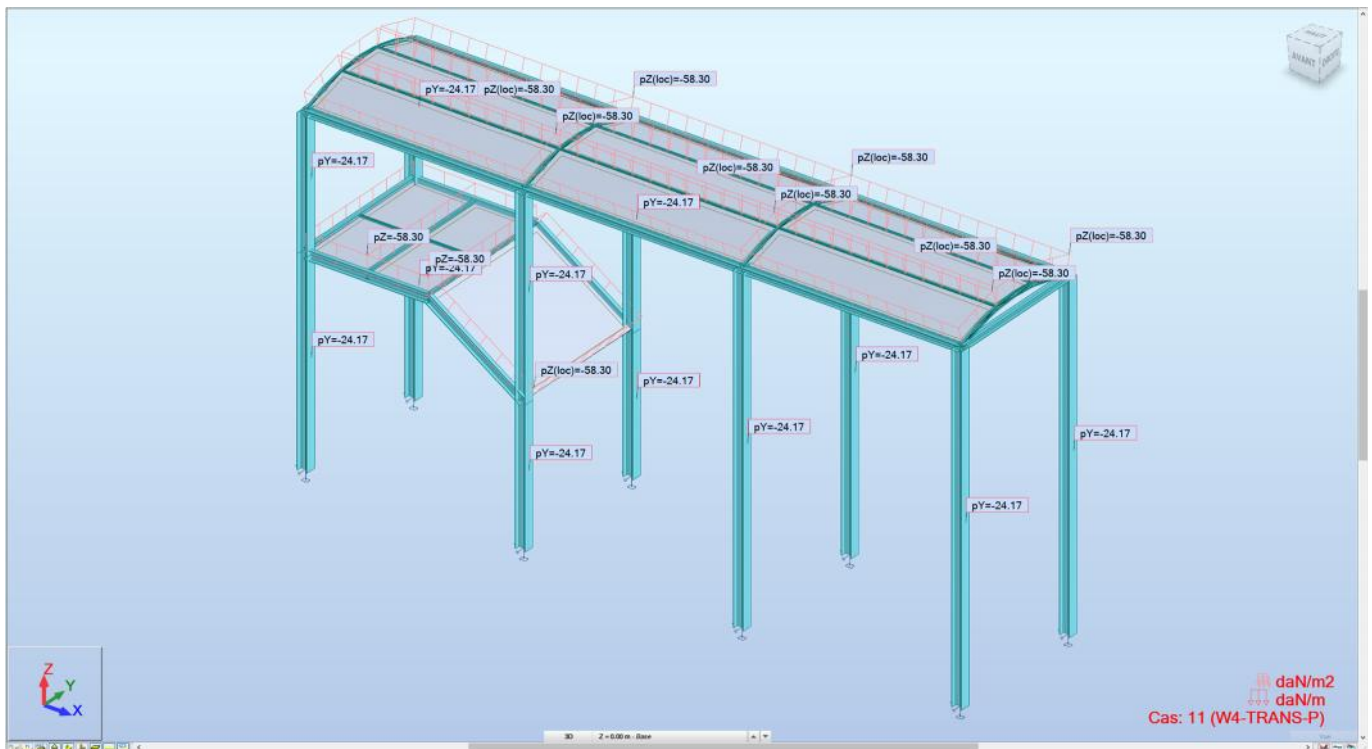
### Représentation graphique – CAS 9 :



## 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 :

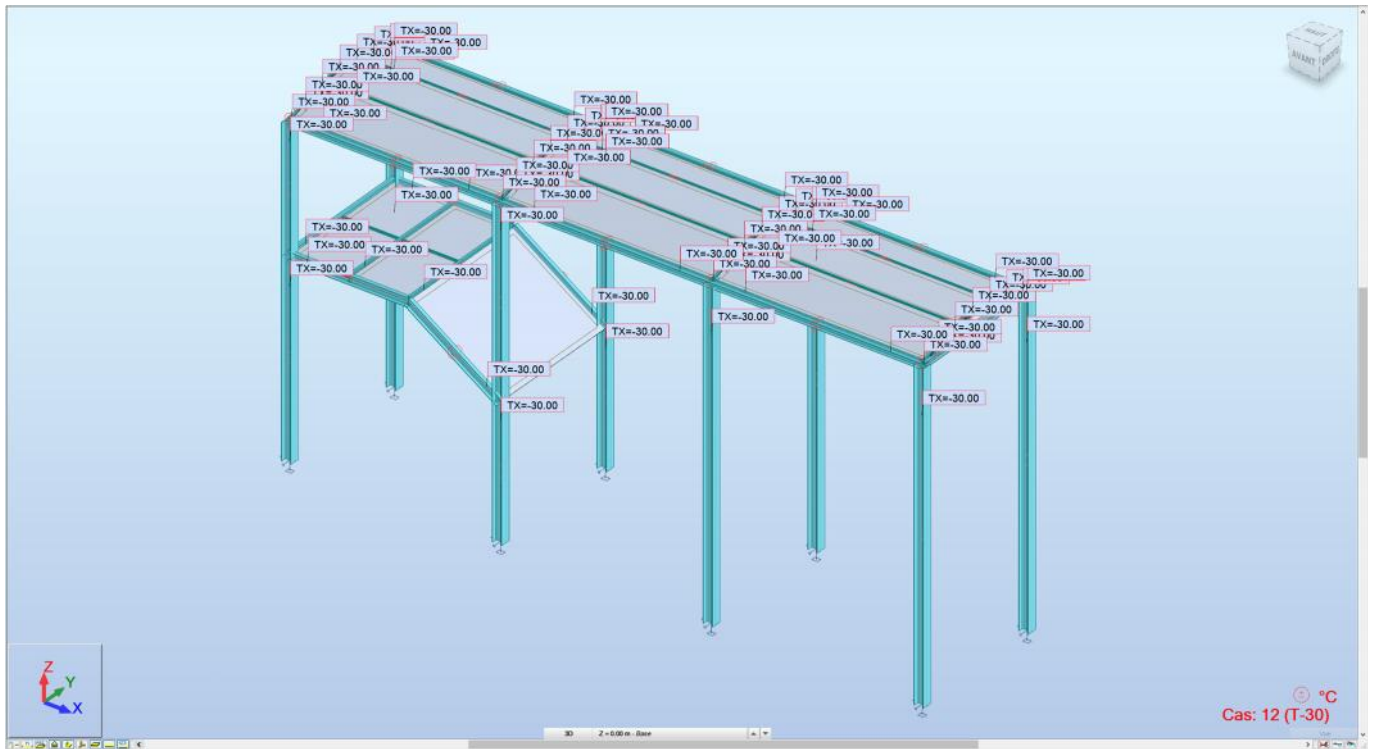
Élévation maxi :

$$T_{+30} = 40 - 10 = + 30^{\circ}\text{C}$$

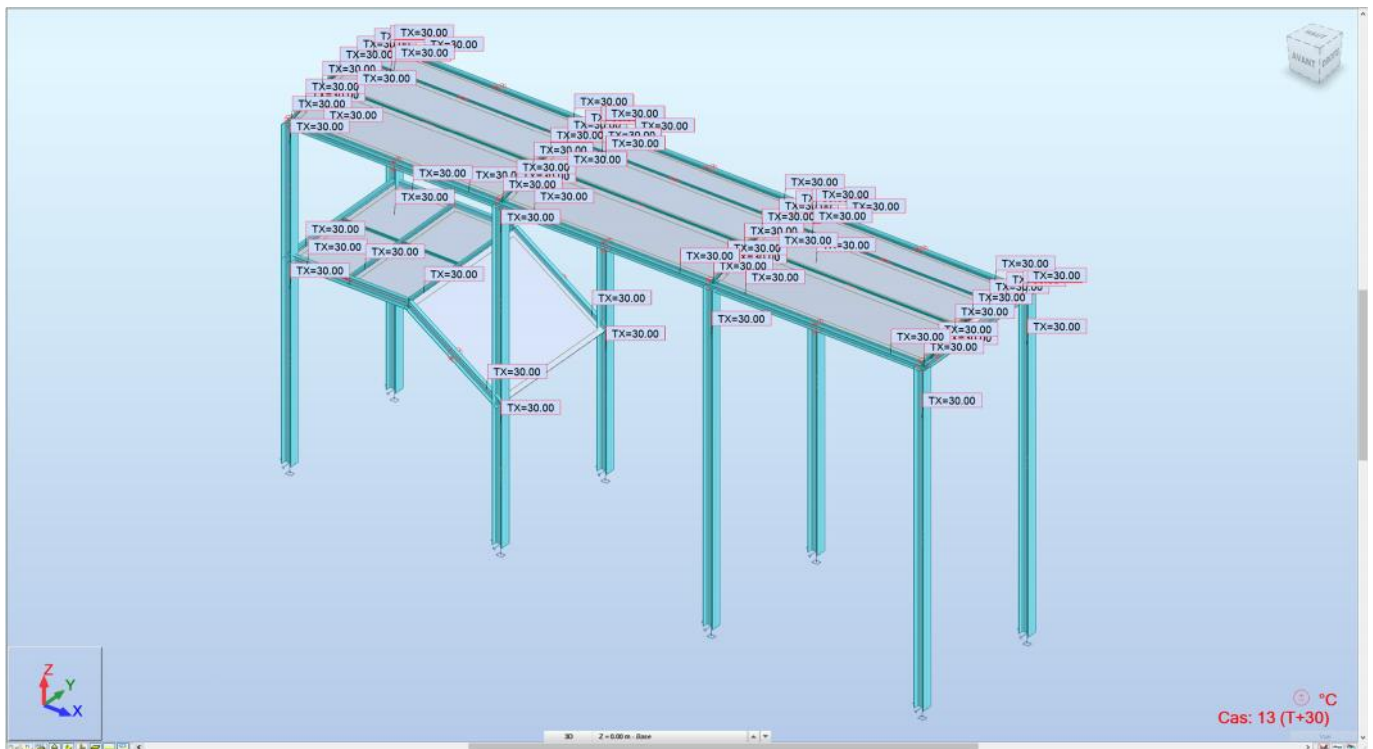
Élévation mini :

$$T_{-30} = -20 - 10 = - 30^{\circ}\text{C}$$

## 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 <sup>a)</sup>	$L/200$	$L/250$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien	$L/200$	$L/300$
Planchers en général <sup>b)</sup>	$L/200$	$L/300$
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) <sup>c)</sup>	$L/400$	$L/500$
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 <sup>a) c) d)</sup> :	
— 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 <sup>b) d)</sup> :	
— 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 <sup>c) d)</sup> :	
— 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 <sup>d)</sup> :	
— 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 <sub>1</sub>	CAS 1
POIDS TABLIER (REVÊTEMENTS, ETC.)	G <sub>2</sub>	CAS 2
POIDS COUVERTURE (REVÊTEMENTS, ETC.)	G <sub>3</sub>	CAS 3
POIDS GARDE-CORPS	G <sub>4</sub>	CAS 4
EXPLOITATION PASSERELLES	Q <sub>1</sub>	CAS 5
EXPLOITATION GARDE-CORPS	Q <sub>2</sub>	CAS 6
NEIGE UNIFORME	S <sub>N</sub>	CAS 7
VENT LONGITUDINAL AVEC SURPRESSION	W <sub>1</sub>	CAS 8
VENT TRANSVERSAL AVEC SURPRESSION	W <sub>1</sub>	CAS 9
VENT LONGITUDINAL AVEC DÉPRESSION	W <sub>1</sub>	CAS 10
VENT TRANSVERSAL AVEC DÉPRESSION	W <sub>1</sub>	CAS 11
TEMPERATURE + 30°C	T <sub>+30</sub>	CAS 12
TEMPERATURE - 30°C	T <sub>-30</sub>	CAS 13

Nota : G = G<sub>1</sub> + G<sub>2</sub> + G<sub>3</sub> + G<sub>4</sub>

Q = Q<sub>1</sub> + Q<sub>2</sub>

### 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).

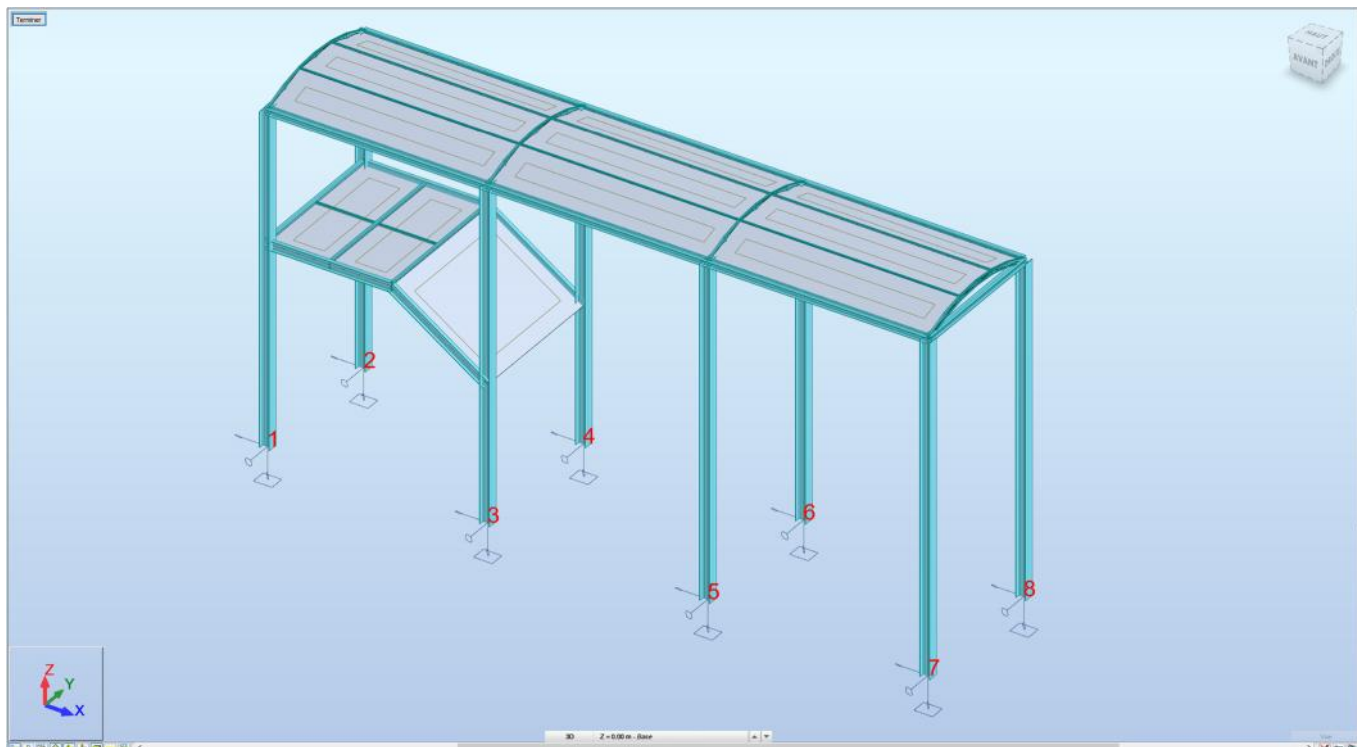
COMBINAISONS « ELU » FONDAMENTALES :

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

## 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	17.92	1.13	806.71	0.00	0.00	0.00
2	1	G1-PP	17.92	-1.13	806.71	0.00	0.00	0.00
3	1	G1-PP	-15.45	2.11	875.68	0.00	0.00	0.00
4	1	G1-PP	-15.45	-2.11	875.68	0.00	0.00	0.00
5	1	G1-PP	2.47	2.12	753.00	0.00	0.00	0.00
6	1	G1-PP	2.47	-2.12	753.00	0.00	0.00	0.00
7	1	G1-PP	-4.93	2.12	647.14	0.00	0.00	0.00
8	1	G1-PP	-4.93	-2.12	647.14	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>6 165.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	2	G2-TABLIER	77.13	5.76	566.96	0.00	0.00	0.00
2	2	G2-TABLIER	77.13	-5.76	566.96	0.00	0.00	0.00
3	2	G2-TABLIER	-95.16	0.01	742.65	0.00	0.00	-0.01
4	2	G2-TABLIER	-95.16	-0.01	742.65	0.00	0.00	0.01
5	2	G2-TABLIER	12.30	0.00	-11.97	0.00	0.00	0.01
6	2	G2-TABLIER	12.30	0.00	-11.97	0.00	0.00	-0.01
7	2	G2-TABLIER	5.74	0.00	-16.07	0.00	0.00	0.00
8	2	G2-TABLIER	5.74	0.00	-16.07	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2 563.14</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	3	G3-COUV	0.03	-0.19	261.23	0.00	0.00	0.00
2	3	G3-COUV	0.03	0.19	261.23	0.00	0.00	0.00
3	3	G3-COUV	0.09	0.04	521.84	0.00	0.00	0.00
4	3	G3-COUV	0.09	-0.04	521.84	0.00	0.00	0.00
5	3	G3-COUV	-0.06	0.04	521.87	0.00	0.00	0.00
6	3	G3-COUV	-0.06	-0.04	521.87	0.00	0.00	0.00
7	3	G3-COUV	-0.06	0.02	261.22	0.00	0.00	0.00
8	3	G3-COUV	-0.06	-0.02	261.22	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3 132.33</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	4	G4-GC	10.15	0.00	72.14	0.00	0.00	0.00
2	4	G4-GC	10.15	0.00	72.14	0.00	0.00	0.00
3	4	G4-GC	-12.52	0.00	95.01	0.00	0.00	0.00
4	4	G4-GC	-12.52	0.00	95.01	0.00	0.00	0.00
5	4	G4-GC	1.62	0.00	-1.58	0.00	0.00	0.00
6	4	G4-GC	1.62	0.00	-1.58	0.00	0.00	0.00
7	4	G4-GC	0.75	0.00	-2.11	0.00	0.00	0.00
8	4	G4-GC	0.75	0.00	-2.11	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>326.93</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	5	Q1-EXP	275.45	20.58	2 024.86	0.00	0.00	-0.01
2	5	Q1-EXP	275.45	-20.58	2 024.86	0.00	0.00	0.01
3	5	Q1-EXP	-339.85	0.03	2 652.32	0.00	0.00	-0.03
4	5	Q1-EXP	-339.85	-0.03	2 652.32	0.00	0.00	0.03
5	5	Q1-EXP	43.92	0.00	-42.74	0.00	0.00	0.03
6	5	Q1-EXP	43.92	0.00	-42.74	0.00	0.00	-0.03
7	5	Q1-EXP	20.48	0.00	-57.41	0.00	0.00	0.01
8	5	Q1-EXP	20.48	0.00	-57.41	0.00	0.00	-0.01
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>9 154.07</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	6	Q2-GC	0.00	-9.12	0.00	0.00	0.00	0.00
2	6	Q2-GC	0.00	9.12	0.00	0.00	0.00	0.00
3	6	Q2-GC	0.00	-72.67	0.00	0.00	0.00	0.00
4	6	Q2-GC	0.00	72.67	0.00	0.00	0.00	0.00
5	6	Q2-GC	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
6	6	Q2-GC	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
7	6	Q2-GC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	6	Q2-GC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	7	SN	0.02	-0.11	145.38	0.00	0.00	0.00
2	7	SN	0.02	0.11	145.38	0.00	0.00	0.00
3	7	SN	0.05	0.02	290.42	0.00	0.00	0.00
4	7	SN	0.05	-0.02	290.42	0.00	0.00	0.00
5	7	SN	-0.03	0.02	290.44	0.00	0.00	0.00
6	7	SN	-0.03	-0.02	290.44	0.00	0.00	0.00
7	7	SN	-0.03	0.01	145.38	0.00	0.00	0.00
8	7	SN	-0.03	-0.01	145.38	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1 743.23</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	8	W1-LONGI-S	-43.83	-2.85	-263.32	0.00	0.00	3.53
2	8	W1-LONGI-S	-43.83	2.85	-263.32	0.00	0.00	-3.53
3	8	W1-LONGI-S	404.66	-0.05	-1 124.20	0.00	0.00	3.52
4	8	W1-LONGI-S	404.66	0.05	-1 124.20	0.00	0.00	-3.52
5	8	W1-LONGI-S	198.81	-0.04	-540.90	0.00	0.00	3.46
6	8	W1-LONGI-S	198.81	0.04	-540.90	0.00	0.00	-3.46
7	8	W1-LONGI-S	156.79	-0.02	-491.35	0.00	0.00	3.42
8	8	W1-LONGI-S	156.79	0.02	-491.35	0.00	0.00	-3.42
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>1 432.86</b>	<b>0.00</b>	<b>-4 839.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	9	W2-TRANS-S	-56.99	180.60	-235.75	0.00	0.00	0.01
2	9	W2-TRANS-S	-57.13	186.30	-1 064.88	0.00	0.00	-0.01
3	9	W2-TRANS-S	-73.27	183.40	-501.63	0.00	0.00	0.00
4	9	W2-TRANS-S	-73.17	183.50	-1 330.05	0.00	0.00	0.00
5	9	W2-TRANS-S	-33.27	183.41	-197.26	0.00	0.00	-0.01
6	9	W2-TRANS-S	-33.24	183.49	-1 026.07	0.00	0.00	0.01
7	9	W2-TRANS-S	-19.84	183.43	172.47	0.00	0.00	0.00
8	9	W2-TRANS-S	-19.82	183.47	-656.37	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>-366.74</b>	<b>1 467.60</b>	<b>-4 839.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	10	W3-LONGI-P	58.05	2.24	897.96	0.00	0.00	3.51
2	10	W3-LONGI-P	58.05	-2.24	897.96	0.00	0.00	-3.51
3	10	W3-LONGI-P	535.42	0.04	511.22	0.00	0.00	3.53
4	10	W3-LONGI-P	535.42	-0.04	511.22	0.00	0.00	-3.53
5	10	W3-LONGI-P	258.20	0.03	551.37	0.00	0.00	3.47
6	10	W3-LONGI-P	258.20	-0.03	551.37	0.00	0.00	-3.47
7	10	W3-LONGI-P	192.21	0.02	-59.30	0.00	0.00	3.42
8	10	W3-LONGI-P	192.21	-0.02	-59.30	0.00	0.00	-3.42
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>2 087.75</b>	<b>0.00</b>	<b>3 802.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	11	W4-TRANS-P	44.90	185.69	925.53	0.00	0.00	-0.01
2	11	W4-TRANS-P	44.76	181.21	96.40	0.00	0.00	0.01
3	11	W4-TRANS-P	57.48	183.49	1 133.80	0.00	0.00	0.00
4	11	W4-TRANS-P	57.58	183.41	305.37	0.00	0.00	0.00
5	11	W4-TRANS-P	26.12	183.48	895.00	0.00	0.00	0.01
6	11	W4-TRANS-P	26.14	183.42	66.19	0.00	0.00	-0.01
7	11	W4-TRANS-P	15.58	183.47	604.52	0.00	0.00	0.00
8	11	W4-TRANS-P	15.59	183.43	-224.32	0.00	0.00	0.00
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>288.15</b>	<b>1 467.60</b>	<b>3 802.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	12	T-30	-21.91	-7.79	-8.68	0.00	0.00	0.01
2	12	T-30	-21.91	7.79	-8.68	0.00	0.00	-0.01
3	12	T-30	13.37	-0.89	3.20	0.00	0.00	0.00
4	12	T-30	13.37	0.89	3.20	0.00	0.00	0.00
5	12	T-30	2.73	-0.87	19.63	0.00	0.00	0.00
6	12	T-30	2.73	0.87	19.63	0.00	0.00	0.00
7	12	T-30	5.81	-0.87	-14.16	0.00	0.00	-0.01
8	12	T-30	5.81	0.87	-14.16	0.00	0.00	0.01
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

NŒUDS	CAS	NOM CAS	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daN]	MY [daN]	MZ [daN]
1	13	T+30	21.91	7.79	8.68	0.00	0.00	-0.01
2	13	T+30	21.91	-7.79	8.68	0.00	0.00	0.01
3	13	T+30	-13.37	0.89	-3.20	0.00	0.00	0.00
4	13	T+30	-13.37	-0.89	-3.20	0.00	0.00	0.00
5	13	T+30	-2.73	0.87	-19.63	0.00	0.00	0.00
6	13	T+30	-2.73	-0.87	-19.63	0.00	0.00	0.00
7	13	T+30	-5.81	0.87	14.16	0.00	0.00	0.01
8	13	T+30	-5.81	-0.87	14.16	0.00	0.00	-0.01
<b>SOMME TOTALE</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

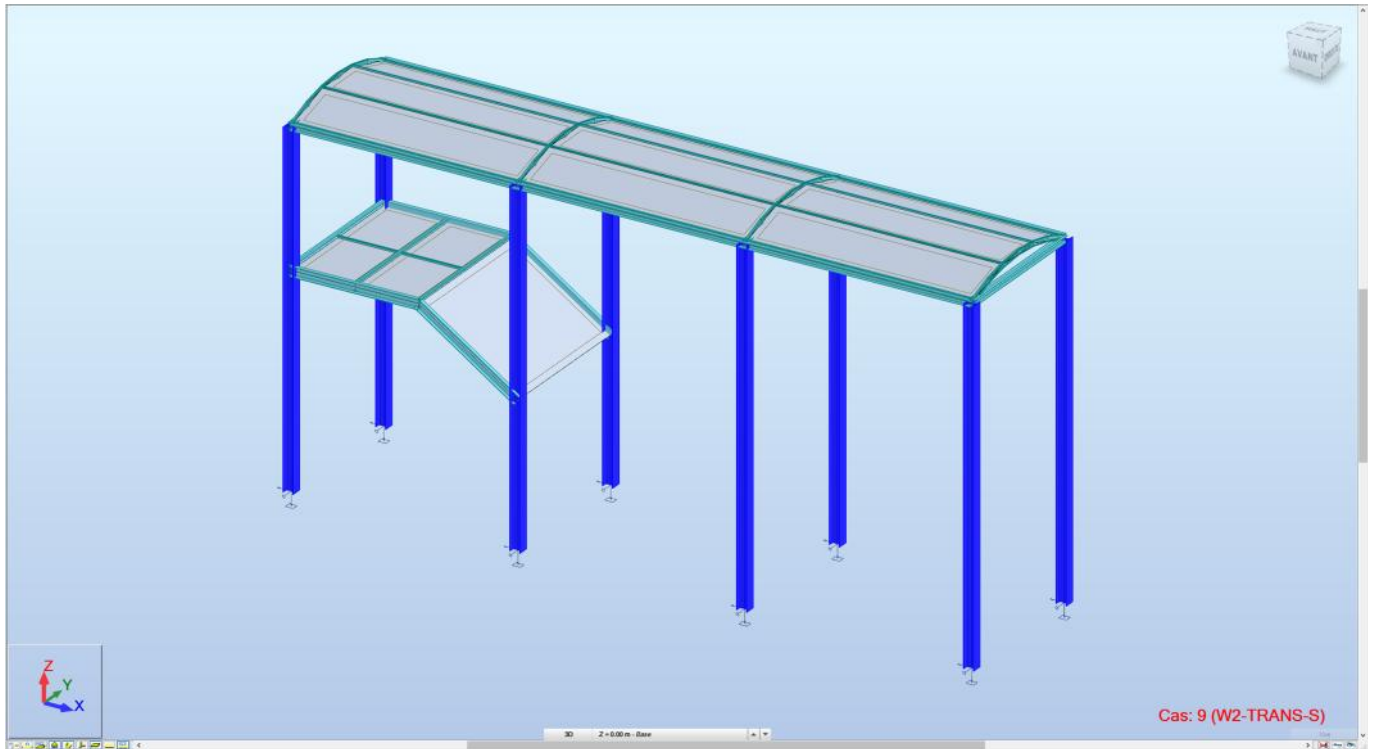


## 8 VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS EN ACIER SELON L'EUROCODE 3

### 8.1 VÉRIFICATION DES POTEAUX

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

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:** 413

**POINT:** 2

**COORDONNEE:**  $x = 0.07 L = 0.52 \text{ m}$

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif:  $60 \text{ ELU}/47 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.50 + 6 \cdot 1.50 + 11 \cdot 0.90 + 7 \dots$   
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.50 + (11+13) \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$

**MATERIAU:**

S 235 ( S 235 )  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 240**

$h = 23.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 24.0 \text{ cm}$	$A_y = 64.54 \text{ cm}^2$	$A_z = 25.18 \text{ cm}^2$	$A_x = 76.84 \text{ cm}^2$
$tw = 0.8 \text{ cm}$	$I_y = 7763.18 \text{ cm}^4$	$I_z = 2768.81 \text{ cm}^4$	$I_x = 41.74 \text{ cm}^4$
$tf = 1.2 \text{ cm}$	$W_{ply} = 744.62 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 351.69 \text{ cm}^3$	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

$N_{Ed} = 7440.08 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 330.64 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed} = -137.57 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{y,Ed} = 258.99 \text{ daN}$
$N_{c,Rd} = 180574.00 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 1952.69 \text{ daN} \cdot \text{m}$		$M_{z,Ed,max} = -737.06 \text{ daN} \cdot \text{m}$
	$V_{y,T,Rd} = 87562.25 \text{ daN}$		
$N_{b,Rd} = 12748.53 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 17498.57 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 8264.72 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,Ed} =$
$636.04 \text{ daN}$	$MN_{y,Rd} = 17498.57 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$MN_{z,Rd} = 8264.72 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,T,Rd} =$
$34162.60 \text{ daN}$	$M_{b,Rd} = 14994.66 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$T_{t,Ed} = 0.05 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
		Classe de la section = 1	



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 37837.11 \text{ daN} \cdot \text{m}$	Courbe,LT - a	$XLT = 0.86$
$L_{cr,upp} = 7.59 \text{ m}$	$Lam_{LT} = 0.68$	$fi_{LT} = 0.78$	

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$L_y = 7.59 \text{ m}$	$Lam_y = 2.54$
$L_{cr,y} = 23.93 \text{ m}$	$X_y = 0.14$
$L_{amy} = 238.07$	$k_{zy} = 0.79$



en z:

$L_z = 7.59 \text{ m}$	$Lam_z = 3.52$
$L_{cr,z} = 19.86 \text{ m}$	$X_z = 0.07$
$Lam_z = 330.87$	$k_{zz} = 1.59$

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

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

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

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

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

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

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

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

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

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

$$\lambda_{y} = 238.07 < \lambda_{max} = 400.00 \quad \lambda_{z} = 330.87 < \lambda_{max} = 400.00 \quad \text{STABLE}$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.13 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.68 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.83 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**DEPLACEMENTS LIMITES**

**Flèches (REPERE LOCAL):** Non analysé



**Déplacements (REPERE GLOBAL):**

$$v_x = 43.8 \text{ mm} > v_{x,max} = L/250.00 = 30.4 \text{ mm}$$

Non vérifié

**Cas de charge décisif:** 372 ELS: CAR/61 = 1\*1.00 + 2\*1.00 + 3\*1.00 + 4\*1.00 + 5\*0.70 + 6\*0.70 + 10...

$$(1+2+3+4+10) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 13 \cdot 0.60$$

$$v_y = 42.8 \text{ mm} > v_{y,max} = L/250.00 = 30.4 \text{ mm}$$

Non 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...

$$(1+2+3+4+9) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 12 \cdot 0.60$$

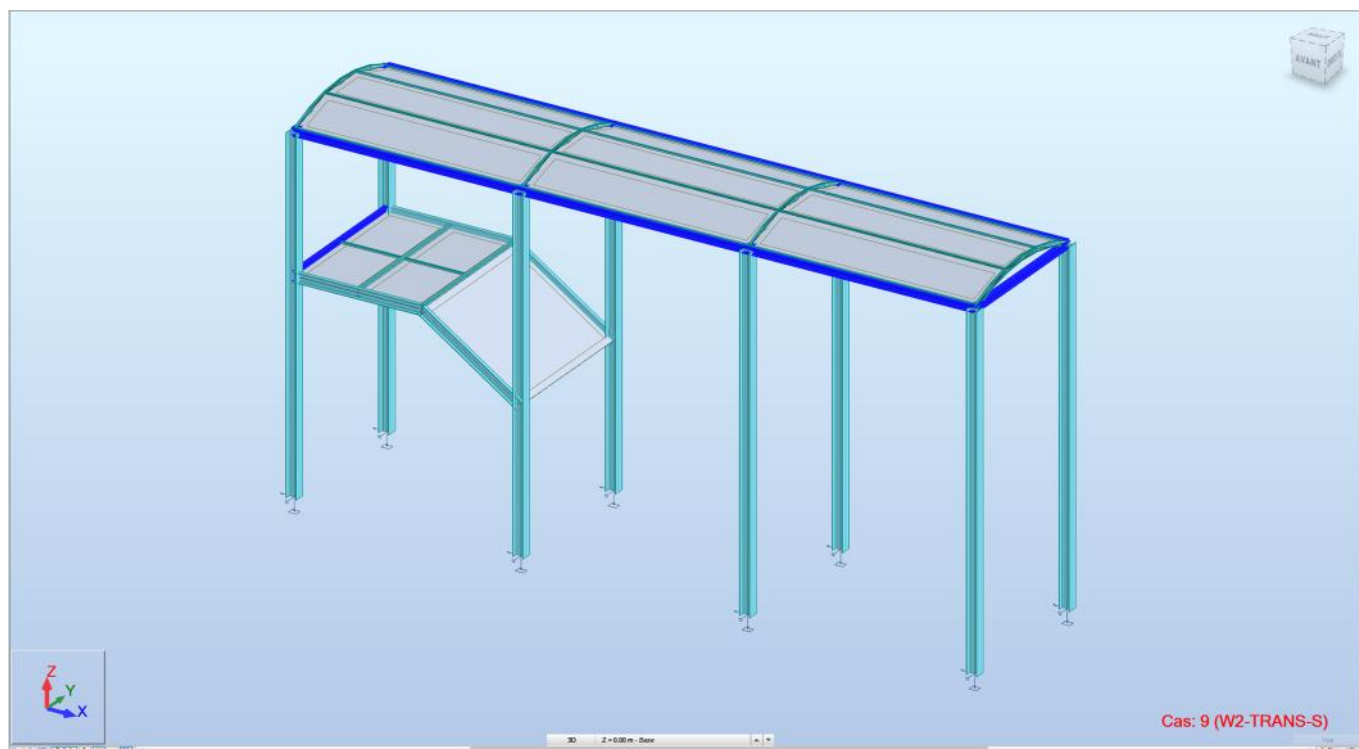
**Profil incorrect !!!**

- Les critères de déplacement de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 9.

## 8.2 VÉRIFICATION DES TRAVERSES

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

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:** 66

**POINT:** 7

**COORDONNEE:**  $x = 1.00$   $L = 5.00$  m

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif:  $128 \text{ ELU}/115 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 10 \cdot 1.50 \dots$   
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.05 + 10 \cdot 1.50 + 12 \cdot 0.90$

**MATERIAU:**

S 235 ( S 235 )  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 140**

$h = 13.3 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 14.0 \text{ cm}$	$A_y = 26.36 \text{ cm}^2$	$A_z = 10.13 \text{ cm}^2$	$A_x = 31.42 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.6 \text{ cm}$	$I_y = 1033.13 \text{ cm}^4$	$I_z = 389.32 \text{ cm}^4$	$I_x = 8.16 \text{ cm}^4$
$t_f = 0.9 \text{ cm}$	$W_{ply} = 173.50 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 84.85 \text{ cm}^3$	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

$N_{Ed} = 1.81 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 1373.41 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
$N_{c,Rd} = 73837.00 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 1373.41 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
$N_{b,Rd} = 22927.84 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 4077.25 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,Ed} = 456.98 \text{ daN}$
	$MN_{y,Rd} = 4077.25 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 13740.71 \text{ daN}$
	$M_{b,Rd} = 3662.81 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ daN} \cdot \text{m}$
		Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 12228.98 \text{ daN} \cdot \text{m}$	Courbe,LT - a	$XLT = 0.90$
$L_{cr,upp} = 5.00 \text{ m}$	$Lam_{LT} = 0.58$	$f_{i,LT} = 0.71$	

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$L_y = 5.00 \text{ m}$	$Lam_y = 0.93$
$L_{cr,y} = 5.00 \text{ m}$	$X_y = 0.64$
$Lam_y = 87.20$	$k_{yy} = 1.00$



en z:

$L_z = 5.00 \text{ m}$	$Lam_z = 1.51$
$L_{cr,z} = 5.00 \text{ m}$	$X_z = 0.31$
$Lam_z = 142.04$	$k_{zy} = 0.52$

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

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.34 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

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

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

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

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

$$\lambda_{y,Ed} = 87.20 < \lambda_{y,max} = 400.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 142.04 < \lambda_{z,max} = 400.00 \quad \text{STABLE}$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.37 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.38 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.19 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

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

$$u_y = 0.0 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 25.0 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 374 \text{ ELS: CAR/63} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 11 \cdot (1+2+3+4+11) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 7 \cdot 0.50 + 12 \cdot 0.60$$

$$u_z = 2.4 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 25.0 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 371 \text{ ELS: CAR/60} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 10 \cdot (1+2+3+4+10) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 12 \cdot 0.60$$

$$u_{inst,y} = 0.0 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 16.7 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 0.7 \cdot 5 + 0.7 \cdot 6 + 0.6 \cdot 12 + 1 \cdot 11$$

$$u_{inst,z} = 2.0 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 16.7 \text{ mm}$$

Vérifié

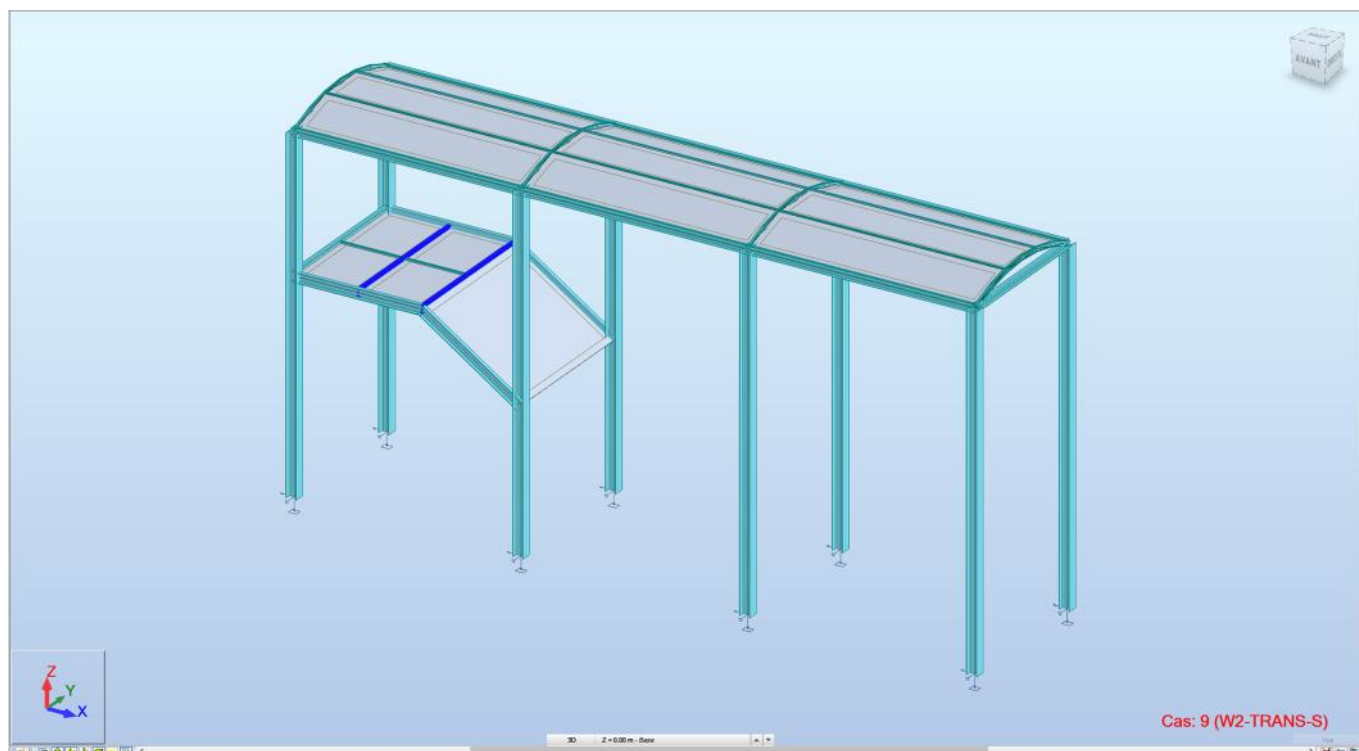
$$\text{Cas de charge décisif: } 0.7 \cdot 5 + 1 \cdot 10 + 0.7 \cdot 6 + 0.6 \cdot 12$$

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

### 8.3 VÉRIFICATION DES POUTRES

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

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:** 14

**POINT:** 7

**COORDONNEE:**  $x = 0.50 L = 1.68 \text{ m}$

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif:  $59 \text{ ELU}/46 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.50 + 6 \cdot 1.50 + 11 \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$   
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.50 + (11+12) \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$

**MATERIAU:**

S 235 ( S 235 )  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



**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:**

$N_{Ed} = 671.91 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 2014.99 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed} = 2.95 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{y,Ed} = -1.76 \text{ daN}$	
$N_{c,Rd} = 47211.50 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 2014.99 \text{ daN} \cdot \text{m}$		$M_{z,Ed,max} = 2.95 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{y,c,Rd} =$
$18628.50 \text{ daN}$				
$N_{b,Rd} = 10435.28 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 2910.71 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 613.35 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,Ed} = 8.30 \text{ daN}$	
	$MN_{y,Rd} = 2910.71 \text{ daN} \cdot \text{m}$		$MN_{z,Rd} = 613.35 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,c,Rd} =$
$13101.00 \text{ daN}$				
	$M_{b,Rd} = 2505.66 \text{ daN} \cdot \text{m}$			

Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 6460.43 \text{ daN} \cdot \text{m}$	Courbe,LT - a	$XLT = 0.86$
$L_{cr,upp} = 1.68 \text{ m}$	$\lambda_{m,LT} = 0.67$	$f_{i,LT} = 0.77$	

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$L_y = 3.36 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 0.54$
$L_{cr,y} = 3.36 \text{ m}$	$X_y = 0.91$
$\lambda_{m,y} = 51.08$	$k_{yy} = 1.05$



en z:

$L_z = 3.36 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 1.94$
$L_{cr,z} = 3.36 \text{ m}$	$X_z = 0.22$
$\lambda_{m,z} = 182.22$	$k_{yz} = 0.84$



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

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.69 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.48 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

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

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

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

$$\lambda_{y,Ed} = 51.08 < \lambda_{y,max} = 400.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 182.22 < \lambda_{z,max} = 400.00 \quad \text{STABLE}$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.80 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.86 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.51 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

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

$$u_y = 0.2 \text{ mm} < u_{y,max} = L/250.00 = 13.4 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 451 \text{ ELS: CAR/140} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 11 \dots$$

$$(1+2+3+4+12) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 11 \cdot 0.60$$

$$u_z = 8.8 \text{ mm} < u_{z,max} = L/250.00 = 13.4 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 332 \text{ ELS: CAR/21} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 1.00 + 6 \cdot 1.00 + 10 \dots$$

$$(1+2+3+4+5+6) \cdot 1.00 + (10+12) \cdot 0.60 + 7 \cdot 0.50$$

$$u_{inst,y} = 0.2 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 11.2 \text{ mm}$$

Vérifié

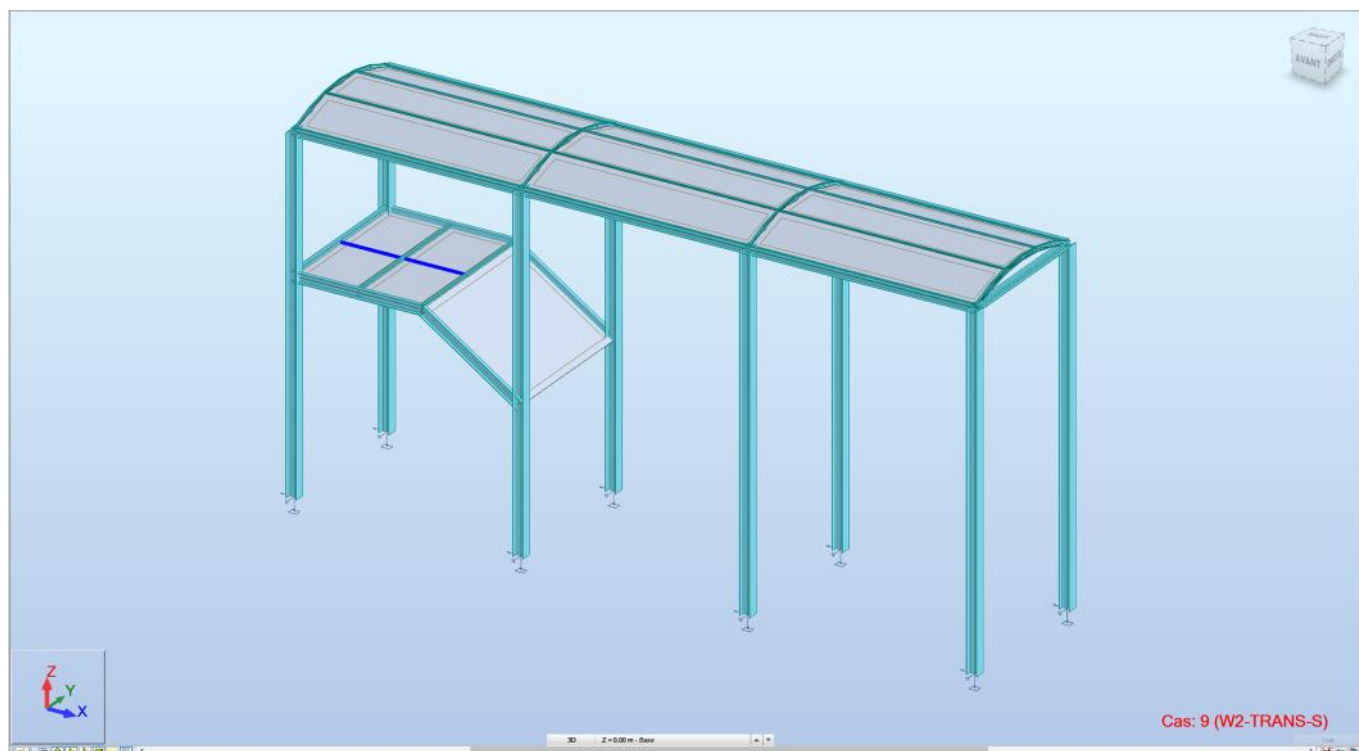
$$\text{Cas de charge décisif: } 0.7 \cdot 5 + 0.7 \cdot 6 + 1 \cdot 12 + 0.6 \cdot 11$$

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

## 8.4 VÉRIFICATION DES ENTRETOISES

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

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:** 20 ENTRETOISE\_20

**POINT:** 4

**COORDONNEE:** x = 0.50 L = 0.70 m

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif:  $286 \text{ ELU}/273 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 11 \cdot 0.90 + \dots$   
 $(1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.05 + 11 \cdot 0.90 + 12 \cdot 1.50$

**MATERIAU:**

S 235 ( S 235 )  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 100**

$h = 10.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 5.5 \text{ cm}$	$A_y = 7.26 \text{ cm}^2$	$A_z = 5.08 \text{ cm}^2$	$A_x = 10.32 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.4 \text{ cm}$	$I_y = 171.01 \text{ cm}^4$	$I_z = 15.92 \text{ cm}^4$	$I_x = 1.21 \text{ cm}^4$
$t_f = 0.6 \text{ cm}$	$W_{ply} = 39.41 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 9.15 \text{ cm}^3$	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

$N_{Ed} = 25.47 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 2.93 \text{ daN} \cdot \text{m}$
$N_{c,Rd} = 24252.00 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 2.93 \text{ daN} \cdot \text{m}$
$N_{b,Rd} = 11491.16 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 926.13 \text{ daN} \cdot \text{m}$
	$MN_{y,Rd} = 926.13 \text{ daN} \cdot \text{m}$
	$M_{b,Rd} = 715.25 \text{ daN} \cdot \text{m}$

Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 1313.73 \text{ daN} \cdot \text{m}$	Courbe,LT - a	$XLT = 0.77$
$L_{cr,upp} = 1.41 \text{ m}$	$Lam_{LT} = 0.84$	$f_{i,LT} = 0.92$	

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$L_y = 1.41 \text{ m}$	$Lam_y = 0.37$
$L_{cr,y} = 1.41 \text{ m}$	$X_y = 0.96$
$Lam_y = 34.61$	$k_{yy} = 1.00$



en z:

$L_z = 1.41 \text{ m}$	$Lam_z = 1.21$
$L_{cr,z} = 1.41 \text{ m}$	$X_z = 0.47$
$Lam_z = 113.44$	$k_{zy} = 0.53$

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

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

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

$$\lambda_{y} = 34.61 < \lambda_{y,max} = 400.00 \quad \lambda_{z} = 113.44 < \lambda_{z,max} = 400.00 \quad \text{STABLE}$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.01 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

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

$$u_y = 0.0 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 7.0 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 364 \text{ ELS: CAR/53} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 9 \cdot 1.00 \quad (1+2+3+4+9) \cdot 1.00$$

$$u_z = 0.0 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 7.0 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 312 \text{ ELS: CAR/1} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 1.00 + 6 \cdot 1.00 + 7 \cdot 0.50 \\ (1+2+3+4+5+6) \cdot 1.00 + 7 \cdot 0.50$$

$$u_{inst,y} = 0.0 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 4.7 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 0.7 \cdot 5 + 0.7 \cdot 6 + 0.6 \cdot 12 + 1 \cdot 11$$

$$u_{inst,z} = 0.0 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 4.7 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 1 \cdot 5 + 0.6 \cdot 10 + 0.5 \cdot 7 + 1 \cdot 6 + 0.6 \cdot 12$$

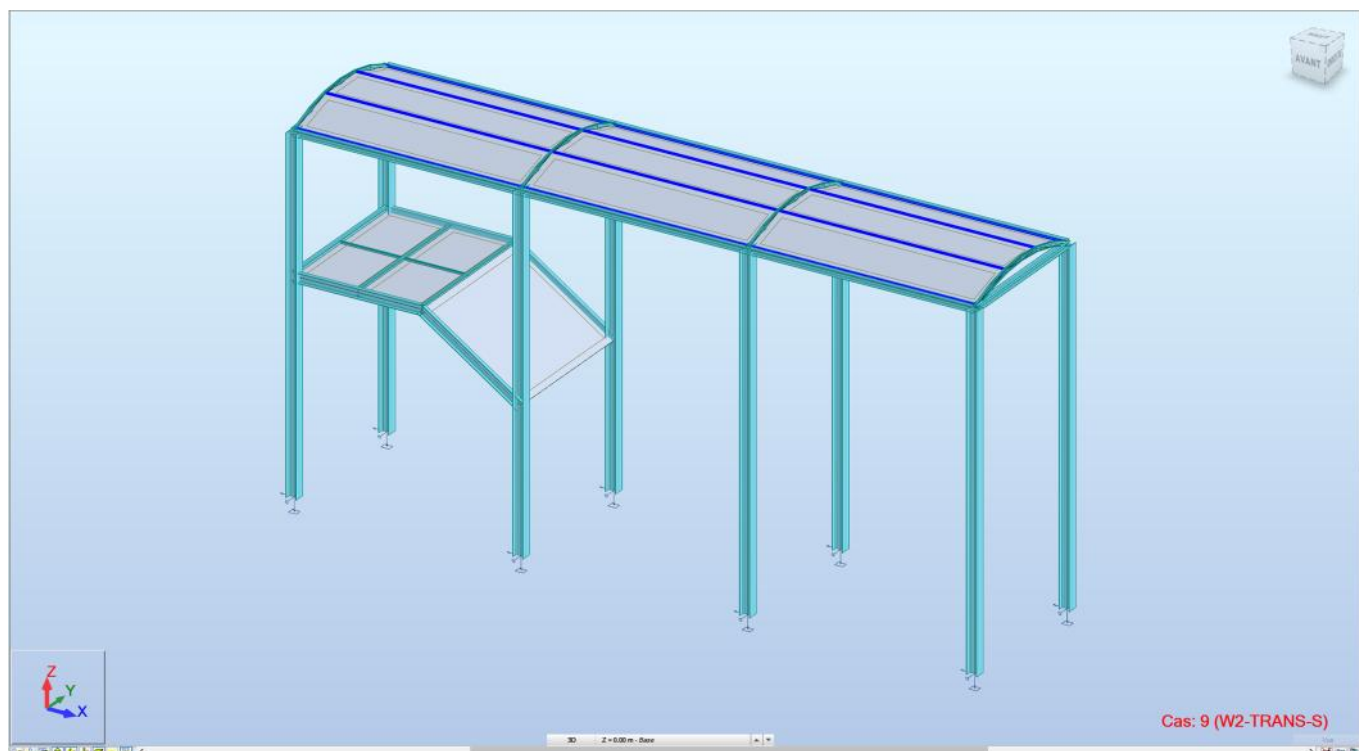
**Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé****Profil correct !!!**



## 8.5 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:** 24

**POINT:** 4

**COORDONNEE:**  $x = 0.50 \text{ L} = 2.50 \text{ m}$

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif:  $132 \text{ ELU}/119 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.05 + 6 \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot (1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.05 + 11 \cdot 1.50 + 7 \cdot 0.75 + 13 \cdot 0.90$

**MATERIAU:**

S 235 ( S 235 )  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 80\_-8**

$h = 8.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 4.6 \text{ cm}$	$A_y = 5.38 \text{ cm}^2$	$A_z = 3.57 \text{ cm}^2$	$A_x = 7.64 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.4 \text{ cm}$	$I_y = 80.14 \text{ cm}^4$	$I_z = 8.49 \text{ cm}^4$	$I_x = 0.70 \text{ cm}^4$
$t_f = 0.5 \text{ cm}$	$W_{ply} = 23.22 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 5.82 \text{ cm}^3$	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

$N_{Ed} = 2.54 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 707.31 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed} = 57.18 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
$N_{c,Rd} = 17954.00 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 707.31 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 57.18 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
$N_{b,Rd} = 659.59 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 545.67 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 136.77 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
	$MN_{y,Rd} = 545.67 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$MN_{z,Rd} = 136.77 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
	$M_{b,Rd} = 181.59 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$T_{t,Ed} = 0.01 \text{ daN} \cdot \text{m}$	
		Classe de la section = 1	



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 212.82 \text{ daN} \cdot \text{m}$	Courbe,LT - a	$X_{LT} = 0.33$
$L_{cr,upp} = 5.00 \text{ m}$	$\lambda_{m,LT} = 1.60$	$f_{i,LT} = 1.93$	

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$L_y = 5.00 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 1.64$
$L_{cr,y} = 5.00 \text{ m}$	$X_y = 0.32$
$\lambda_{my} = 154.38$	$k_{yy} = 1.16$



en z:

$L_z = 5.00 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 5.05$
$L_{cr,z} = 5.00 \text{ m}$	$X_z = 0.04$
$\lambda_{mz} = 474.31$	$k_{yz} = 0.75$

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

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 1.30 > 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.42 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 2.10 > 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

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

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

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

$$\lambda_{y,Ed} = 154.38 < \lambda_{max} = 400.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 474.31 > \lambda_{max} = 400.00 \quad \text{INSTABLE}$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 3.90 > 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 4.83 > 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 2.48 > 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

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

$$u_y = 73.3 \text{ mm} > u_{y,max} = L/200.00 = 25.0 \text{ mm} \quad \text{Non vérifié}$$

$$\text{Cas de charge décisif: } 396 \text{ ELS: CAR/85} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 8 \cdot 0.60 \dots$$

$$(1+2+3+4+7) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + (8+13) \cdot 0.60$$

$$u_z = 76.6 \text{ mm} > u_{z,max} = L/200.00 = 25.0 \text{ mm} \quad \text{Non vérifié}$$

$$\text{Cas de charge décisif: } 367 \text{ ELS: CAR/56} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 10 \dots$$

$$(1+2+3+4+10) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 7 \cdot 0.50$$

$$u_{inst,y} = 24.9 \text{ mm} > u_{inst,max,y} = L/250.00 = 20.0 \text{ mm} \quad \text{Non vérifié}$$

$$\text{Cas de charge décisif: } 0.7 \cdot 5 + 1 \cdot 7 + 0.6 \cdot 9 + 0.7 \cdot 6$$

$$u_{inst,z} = 40.2 \text{ mm} > u_{inst,max,z} = L/250.00 = 20.0 \text{ mm} \quad \text{Non vérifié}$$

$$\text{Cas de charge décisif: } 0.7 \cdot 5 + 1 \cdot 10 + 0.5 \cdot 7 + 0.7 \cdot 6$$

**Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé**

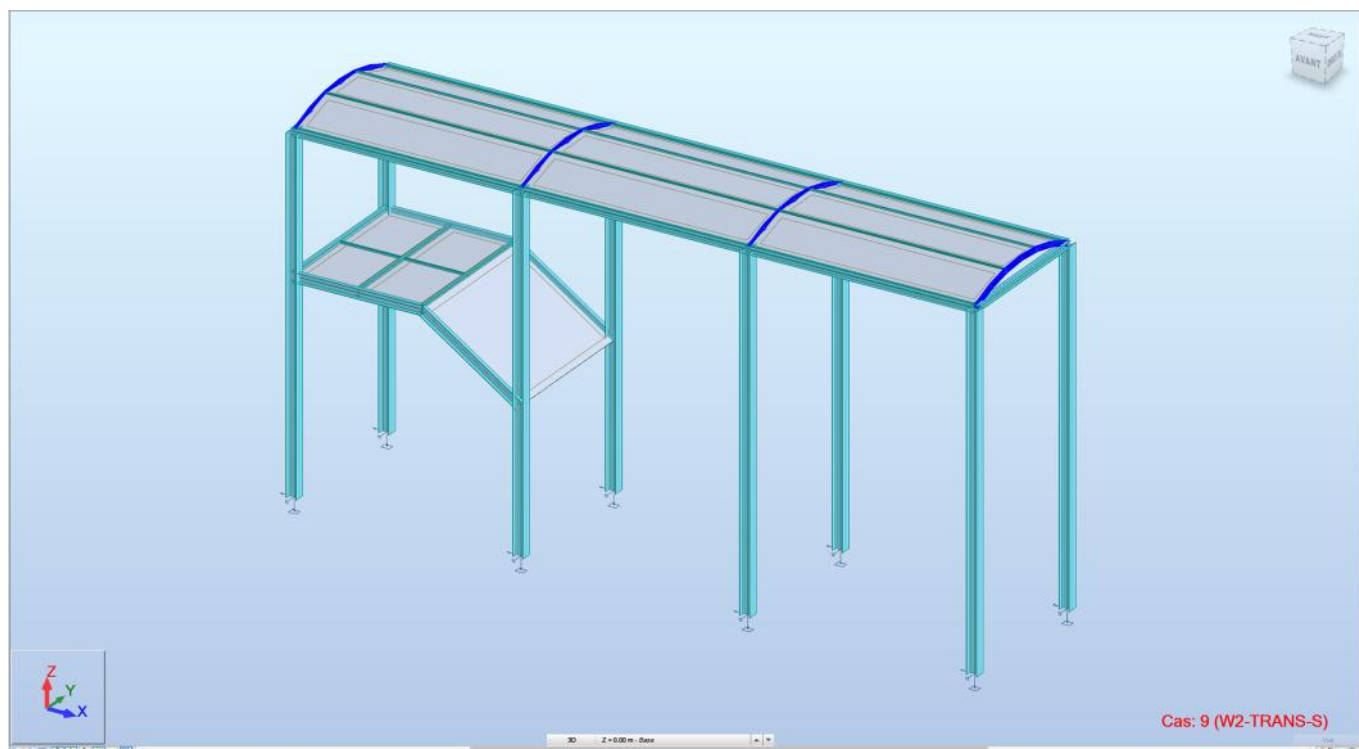
**Profil incorrect !!!**

- ➔ Les critères de résistance, stabilité et flèche de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 9.

## 8.6 VÉRIFICATION DES SUPPORTS DE PANNES

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des supports de 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: **1001 ARC 2**POINT: **6**COORDONNEE: **x = 1.00 L = 3.46 m**

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 137 ELU/124=1\*1.35+2\*1.35+3\*1.35+4\*1.35+10\*1.50+7\*0.75+12\*0.90 (1+2+3+4)\*1.35+10\*1.50+7\*0.75+12\*0.90

MATERIAU:

S 235 ( S 235 )  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$ 

PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 100

h=10.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=5.5 cm

Ay=7.26 cm<sup>2</sup>Az=5.08 cm<sup>2</sup>Ax=10.32 cm<sup>2</sup>

tw=0.4 cm

Iy=171.01 cm<sup>4</sup>Iz=15.92 cm<sup>4</sup>Ix=1.21 cm<sup>4</sup>

tf=0.6 cm

Wply=39.41 cm<sup>3</sup>Wplz=9.15 cm<sup>3</sup>

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 3920.13 daN

My,Ed = 1.37 daN\*m

Mz,Ed = 0.82 daN\*m

Vy,Ed = 68.14 daN

Nc,Rd = 24252.00 daN

My,Ed,max = 119.94 daN\*m

Mz,Ed,max = 42.50 daN\*m

Vy,T,Rd = 7930.55 daN

Nb,Rd = 8421.46 daN

My,c,Rd = 926.13 daN\*m

Mz,c,Rd = 215.03 daN\*m

Vz,Ed = -113.28 daN

MN,y,Rd = 926.13 daN\*m

MN,z,Rd = 215.03 daN\*m

Vz,T,Rd = 5958.17 daN

Mb,Rd = 836.85 daN\*m

Tt,Ed = -12.67 daN\*m

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00

Mcr = 2925.08 daN\*m

Courbe,LT - a

XLT = 0.90

Lcr,upp=1.73 m

Lam\_LT = 0.56

fi,LT = 0.70

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 3.47 m

Lam\_y = 0.91



en z:

Lcr,y = 3.47 m

Xy = 0.73

Lz = 3.47 m

Lam\_z = 1.49

Lamy = 85.19

kzy = 0.85

Lcr,z = 1.73 m

Xz = 0.35

Lamz = 139.60

kzz = 2.11

flambement par torsion:

Courbe,T=b

alfa,T=0.34

flambement en flexion-torsion

Lt=3.47 m

fi,T=0.79

Courbe,TF=b

alfa,TF=0.34

Ncr,T=57322.65 daN

X,T=0.81

Ncr,y=29473.79 daN

fi,TF=1.03

Lam\_T=0.65

Nb,T,Rd=19666.88 daN

Ncr,TF=29473.79 daN

X,TF=0.66

Lam\_TF=0.91

Nb,TF,Rd=15924.22 daN

## FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.16 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^1 = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

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

$$\tau_{ty,Ed}/(\tau_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.44 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(\tau_z/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.32 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{y} = 85.19 < \lambda_{y,max} = 400.00 \quad \lambda_{z} = 139.60 < \lambda_{z,max} = 400.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.47 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

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

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.87 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

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

## DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPÈRE LOCAL):

$$u_y = 47.3 \text{ mm} > u_{y,max} = L/200.00 = 17.3 \text{ mm}$$

Non vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 372 \text{ ELS: CAR/61} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 0.70 + 6 \cdot 0.70 + 10 \dots (1+2+3+4+10) \cdot 1.00 + (5+6) \cdot 0.70 + 13 \cdot 0.60$$

$$u_z = 1.1 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 17.3 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 380 \text{ ELS: CAR/69} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 10 \cdot 1.00 + 7 \cdot 0.50 + 12 \cdot 0.60 (1+2+3+4+10) \cdot 1.00 + 7 \cdot 0.50 + 12 \cdot 0.60$$

$$u_{inst,y} = 47.2 \text{ mm} > u_{inst,max,y} = L/250.00 = 13.9 \text{ mm}$$

Non vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 0.7 \cdot 5 + 1 \cdot 10 + 0.7 \cdot 6 + 0.6 \cdot 13$$

$$u_{inst,z} = 0.6 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/250.00 = 13.9 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 1 \cdot 10 + 0.5 \cdot 7 + 0.6 \cdot 12$$



Déplacements (REPÈRE GLOBAL): Non analysé

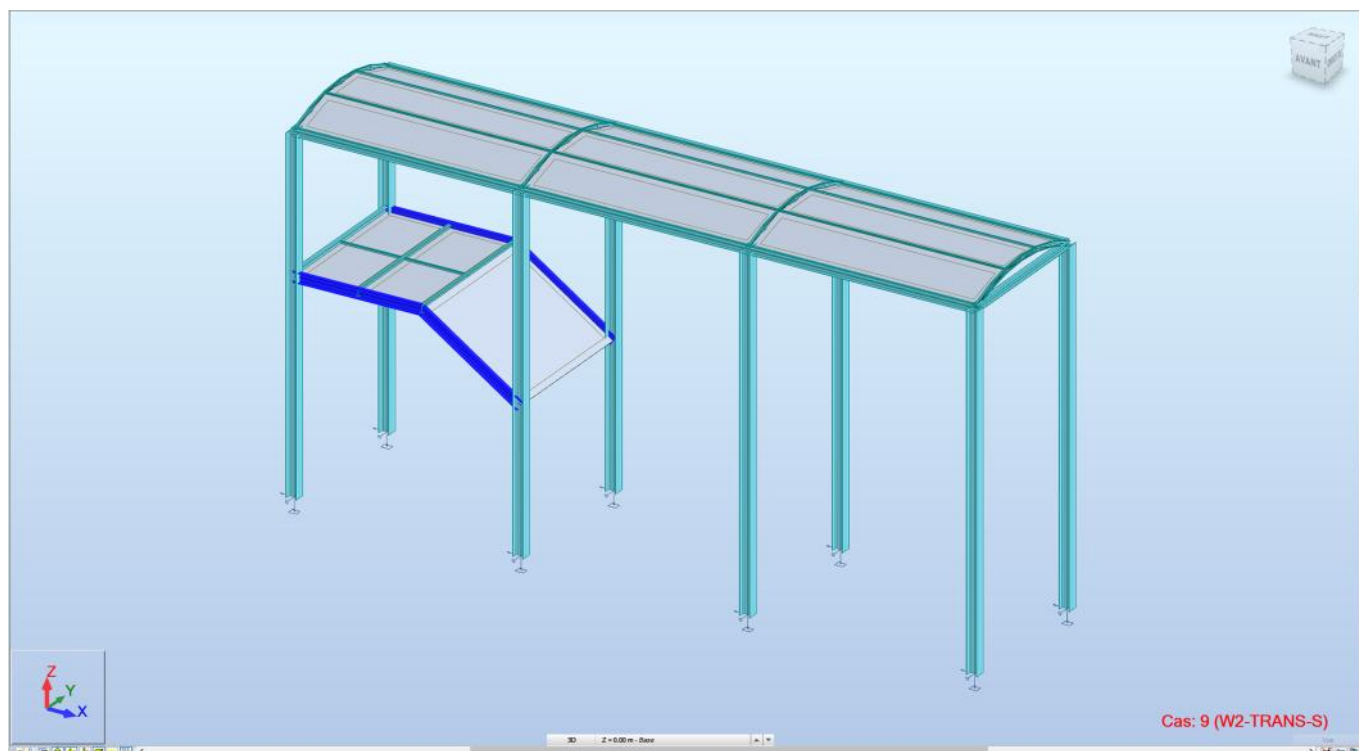
**Profil incorrect !!!**

➔ Les critères de flèche de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 9.

## 8.7 VÉRIFICATION DES LIMONS D'ESCALIER

On détaille dans ce qui suit la vérification réglementaire des limons d'escalier.

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: 1004 LIM 1

POINT: 1

COORDONNEE:  $x = 0.52 L = 2.81 \text{ m}$ 

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif:  $53 \text{ ELU}/40 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.35 + 4 \cdot 1.35 + 5 \cdot 1.50 + 6 \cdot 1.50 + 10 \cdot 0.90 + 7 \cdot (1+2+3+4) \cdot 1.35 + (5+6) \cdot 1.50 + (10+12) \cdot 0.90 + 7 \cdot 0.75$ 

MATERIAU:

S 235 ( S 235 )  $f_y = 235.00 \text{ MPa}$ 

PARAMETRES DE LA SECTION: UPE 220\_180

$h = 22.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 8.5 \text{ cm}$	$A_y = 22.85 \text{ cm}^2$	$A_z = 15.84 \text{ cm}^2$	$A_x = 33.90 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.7 \text{ cm}$	$I_y = 2682.00 \text{ cm}^4$	$I_z = 246.00 \text{ cm}^4$	$I_x = 12.10 \text{ cm}^4$
$t_f = 1.2 \text{ cm}$	$W_{ely} = 243.82 \text{ cm}^3$	$W_{elz} = 42.41 \text{ cm}^3$	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 1009.47 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = -5118.80 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed} = -883.52 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{y,Ed} = -861.45 \text{ daN}$
$N_{c,Rd} = 79665.00 \text{ daN}$	$M_{y,el,Rd} = 5729.73 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,el,Rd} = 996.72 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 980.38 \text{ daN}$
$N_{b,Rd} = 13744.86 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 5729.73 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 996.72 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,Ed} = 510.57 \text{ daN}$
		$M_{z,V,Rd} = 597.34 \text{ daN} \cdot \text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 13049.64 \text{ daN}$
	$M_{b,Rd} = 2187.99 \text{ daN} \cdot \text{m}$		$T_{t,Ed} = -199.31 \text{ daN} \cdot \text{m}$
			Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

$z = 1.00$	$M_{cr} = 4073.81 \text{ daN} \cdot \text{m}$	Courbe,LT - d	$X_{LT} = 0.38$
$L_{cr,low} = 5.45 \text{ m}$	$L_{am\_LT} = 1.19$	$f_{i,LT} = 1.58$	

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 5.45 \text{ m}$	$L_{am\_y} = 0.65$
$L_{cr,y} = 5.45 \text{ m}$	$X_y = 0.75$
$L_{am\_y} = 61.26$	$k_{yy} = 1.04$



en z:

$L_z = 5.45 \text{ m}$	$L_{am\_z} = 2.15$
$L_{cr,z} = 5.45 \text{ m}$	$X_z = 0.17$
$L_{am\_z} = 202.27$	$k_{yz} = 1.00$

flambement par torsion:

Courbe,T=c	$\alpha_{fa,T} = 0.49$
$L_t = 5.45 \text{ m}$	$f_{i,T} = 1.10$
$N_{cr,T} = 94012.39 \text{ daN}$	$X_{T} = 0.59$
$L_{am\_T} = 0.92$	$N_{b,T,Rd} = 46784.42 \text{ daN}$

flambement en flexion-torsion

Courbe,TF=c	$\alpha_{fa,TF} = 0.49$
$N_{cr,y} = 187226.81 \text{ daN}$	$f_{i,TF} = 1.21$
$N_{cr,TF} = 78406.92 \text{ daN}$	$X_{TF} = 0.54$
$L_{am\_TF} = 1.01$	$N_{b,TF,Rd} = 42645.94 \text{ daN}$

## FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,V,Rd} = 2.37 > 1.00 \quad (6.2.8)$$

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 1.79 > 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3(\tau_{xy,Ed})^2}/(f_y/g_{M0}) = 2.31 > 1.00 \quad (6.2.1(5))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.88 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}g_{M0})) = 1.46 > 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}g_{M0})) = 0.79 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{b,y} = 61.26 < \lambda_{b,max} = 400.00 \quad \lambda_{b,z} = 202.27 < \lambda_{b,max} = 400.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.07 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 2.34 > 1.00 \quad (6.3.2.1(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed}/(X_{LT} M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 3.33 > 1.00 \quad (6.3.3(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed}/(X_{LT} M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 3.23 > 1.00 \quad (6.3.3(4))$$

## DEPLACEMENTS LIMITES



Flèches (REPÈRE LOCAL):

$$u_y = 3.6 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 27.2 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 338 \text{ ELS: CAR/27} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 1.00 + 6 \cdot 1.00 + 11 \dots (1+2+3+4+5+6) \cdot 1.00 + (11+12) \cdot 0.60 + 7 \cdot 0.50$$

$$u_z = 18.6 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 27.2 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 332 \text{ ELS: CAR/21} = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 + 5 \cdot 1.00 + 6 \cdot 1.00 + 10 \dots (1+2+3+4+5+6) \cdot 1.00 + (10+12) \cdot 0.60 + 7 \cdot 0.50$$

$$u_{inst,y} = 3.6 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 18.2 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 1 \cdot 5 + 0.5 \cdot 7 + 1 \cdot 6 + 0.6 \cdot 12 + 0.6 \cdot 11$$

$$u_{inst,z} = 14.1 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 18.2 \text{ mm}$$

Vérifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 1 \cdot 5 + 0.6 \cdot 10 + 0.5 \cdot 7 + 1 \cdot 6 + 0.6 \cdot 12$$



Déplacements (REPÈRE GLOBAL): Non analysé

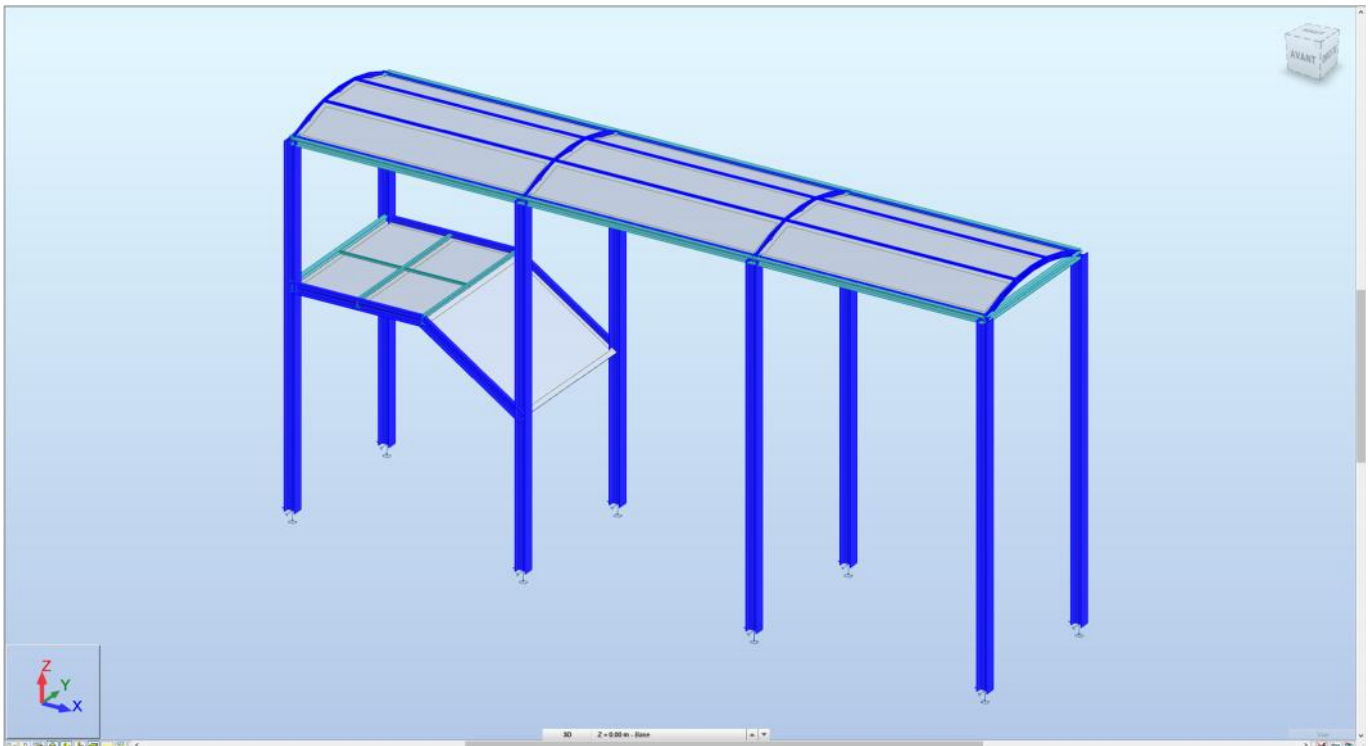
**Profil incorrect !!!**

- ➔ Les critères de résistance et stabilité de l'Eurocode 3 ne sont pas respectés. Des pistes de renforcement sont données au chapitre 9.



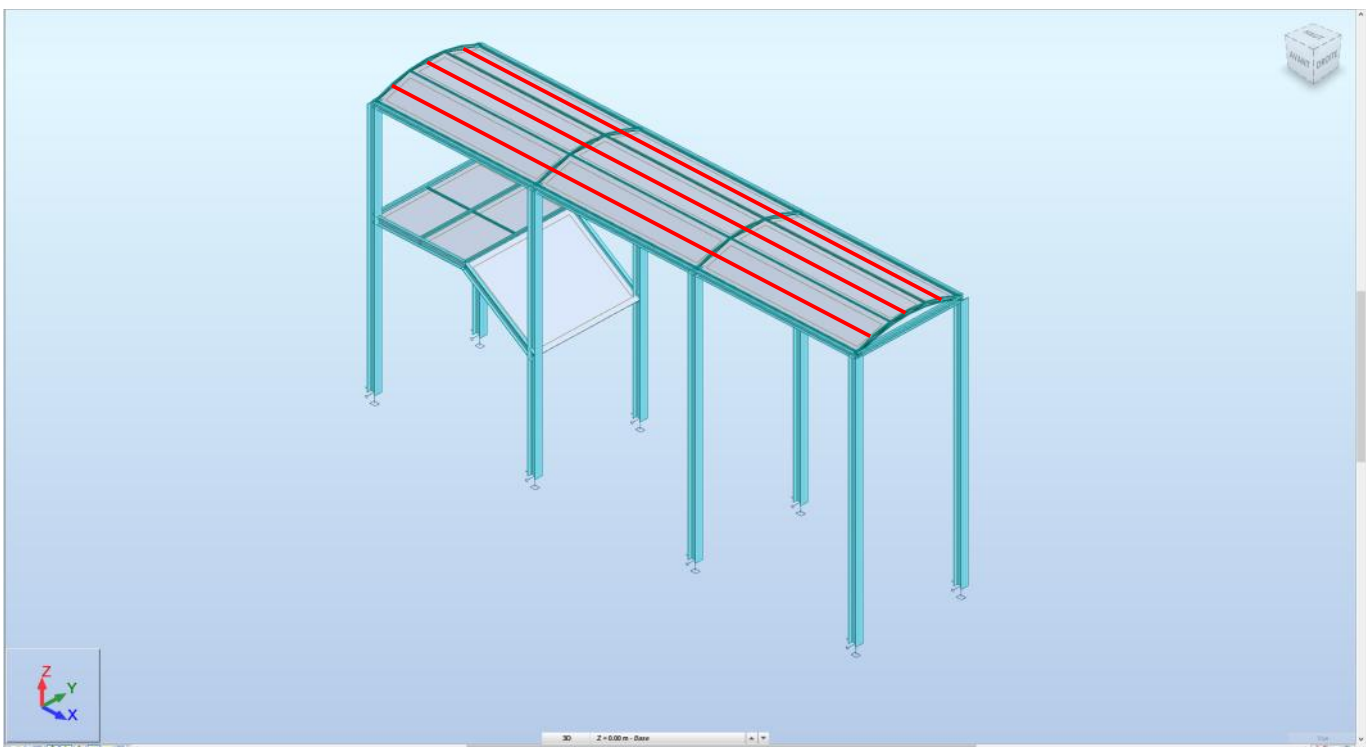
## 9 CONCLUSION ET PROPOSITIONS DE STRATÉGIES DE RENFORCEMENT

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 :

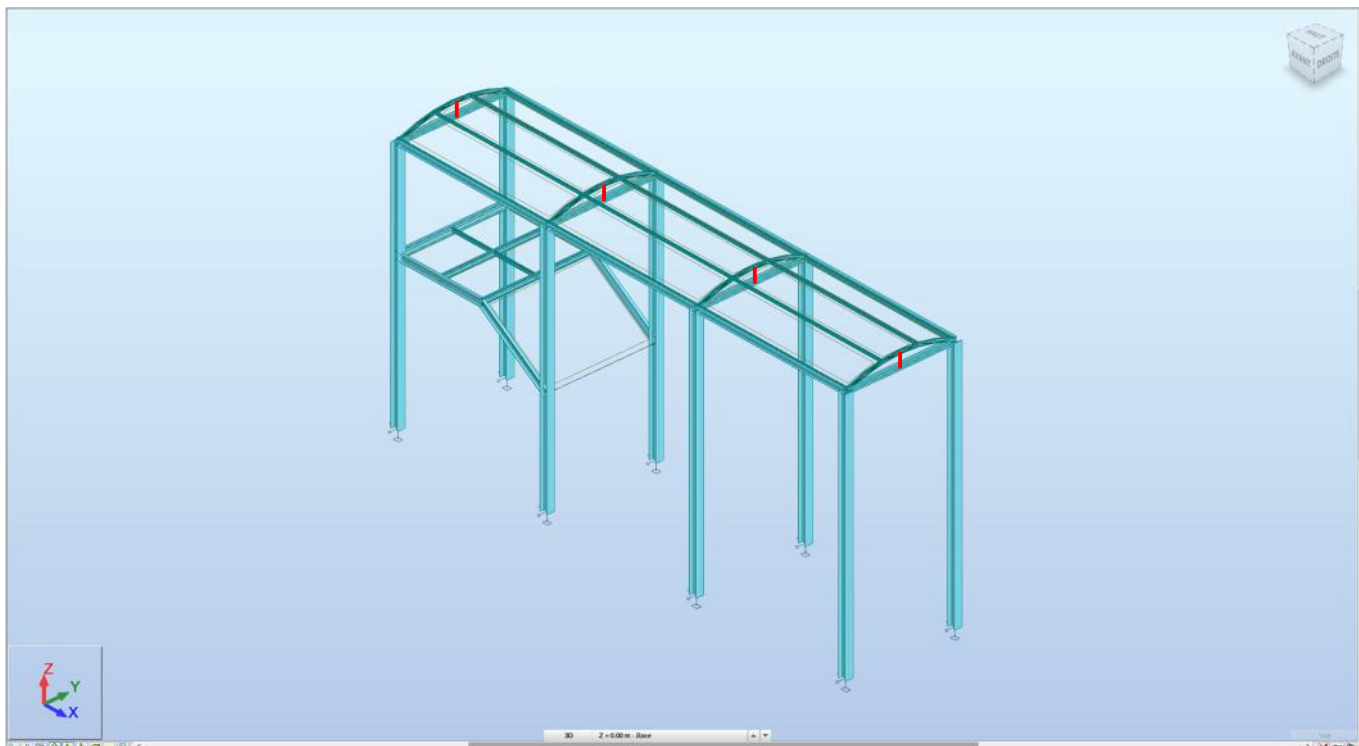


En plus du remplacement des éléments corrodés (profilés métallique, boulonnerie, etc.) ainsi que l'application d'un système de peinture anti-corrosion, nous préconisons les stratégies de renforcement suivantes en phase projet :

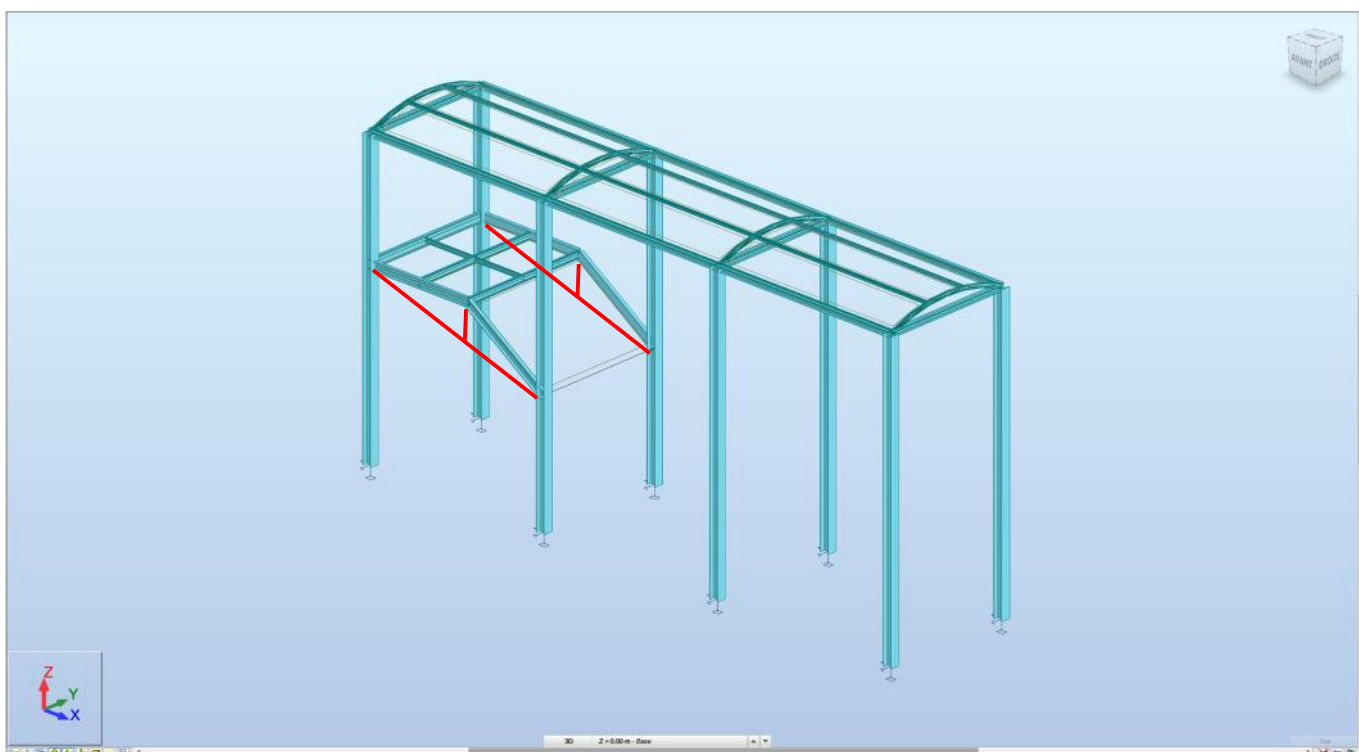
En toiture, nous pouvons préconiser l'ajout de 3 files de pannes. Ce dispositif permettra de diviser par 2 les sollicitations dans les pannes existantes :



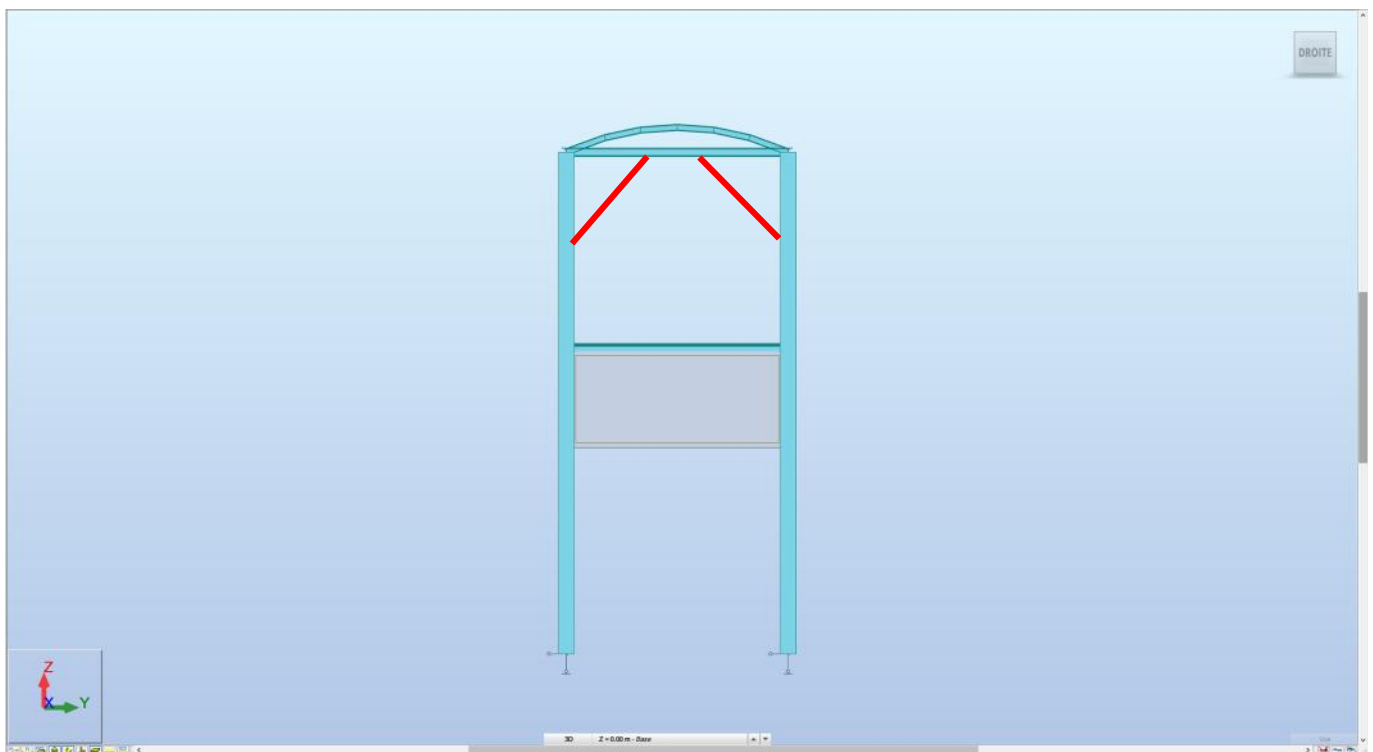
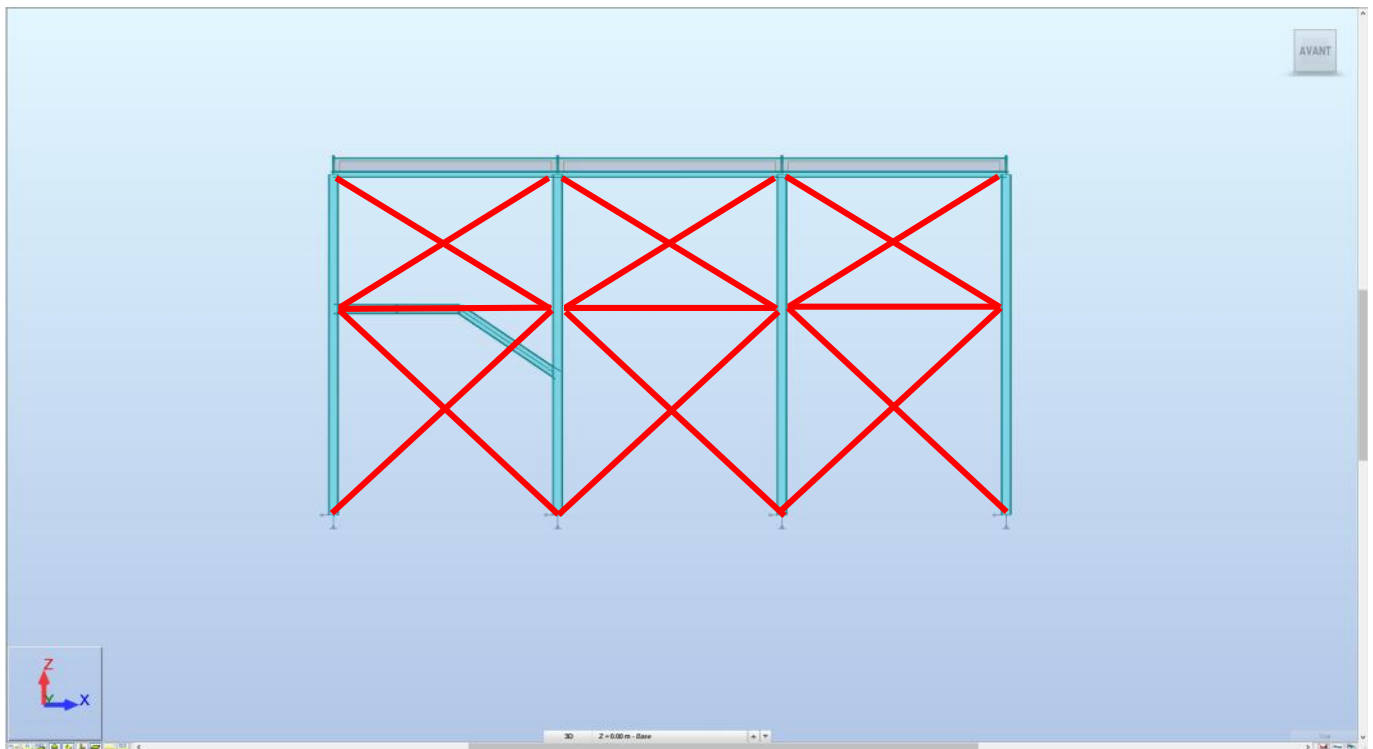
Ajout de contrefiche aux arcs supports de pannes pour réduire les déformations :



Ajout d'une sous-tension pour diminuer les sollicitations dans les limons et ainsi faire respecter le critère de résistance de l'Eurocode 3 :



La structures étant très souple (stabilité assurée par des portiques dans les deux sens), l'ajout de stabilité permettra de rigidifier la structure et faire respecter les critères de déplacement de l'Eurocode 3 :



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