

RAPPORT DE DIAGNOSTIC

Vérification des éléments de charpente support de couverture

Affaire : E1201 / Document : RD001-A

B2EB – FACULTE DES METIERS BRUZ

Réfection de couverture

35 - Bruz

Indice	Date	Commentaires	Rédigé par	Vérifié par
A	29/06/2023	Première diffusion	FP	TL

Titulaire du lot

B2EB

32 rue de l'Etoile du matin
44600 SAINT-NAZAIRE
Tel : 02.40.61.16.65

SOMMAIRE

1. PREAMBULE	3
1.1 Objet du document	3
1.2 Contexte / Repérage des zones.....	3
2. HYPOTHESES DE CALCULS.....	4
2.1 Description de la structure.....	4
2.2 Données d'entrée.....	4
2.3 Analyse de la stabilité du bâtiment.....	4
2.4 Normes appliquées	4
2.5 Définition des actions.....	5
2.6 Combinaisons d'actions	9
2.7 Déformations admissibles	9
2.8 Matériaux	9
2.9 Points particuliers.....	10
3. ETUDE DES PANNES	11
3.1 Typologie de panne	11
3.2 Chargement et résultats.....	11
3.3 Conclusion	14
4. ETUDE DES PORTIQUES – BARETTES DE 1 à 7.....	15
4.1 Vues du modèle.....	15
4.2 Chargements	17
4.3 Vérification des barres	22
6. CONCLUSION.....	45
6.1 Préambule	45
6.2 Synthèse de la faisabilité.....	46

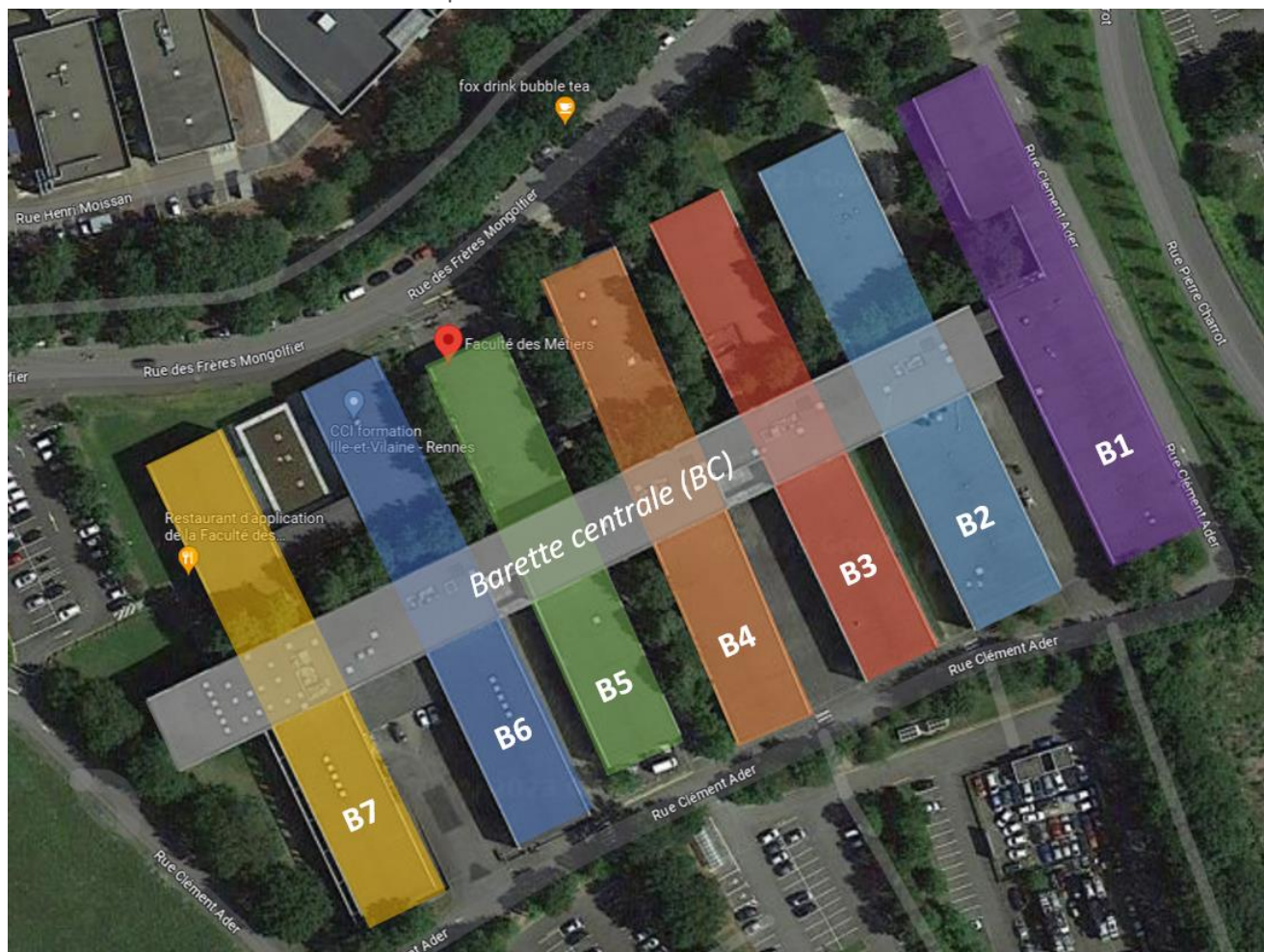
1. PREAMBULE

1.1 Objet du document

Ce document a pour objet la vérification de la charpente existante concernée par le projet de rénovation de la couverture et l'installation de panneaux photovoltaïques. Cette note comprend la définition des hypothèses de calculs, la vérification des barres et des préconisations concernant les scénarii à retenir.

1.2 Contexte / Repérage des zones

L'ensemble du bâtiment est concerné par l'étude.



NOTA : Il est important de préciser que cette étude phase diagnostic ne se substitue pas aux études d'exécution.

2. HYPOTHESES DE CALCULS

2.1 Description de la structure

2.1.1 Localisation géographique

La construction est située à Bruz dans le département de l'Ille et Vilaines (35).

2.1.2 Dimensions d'ensemble

La structure est organisée en 8 barrettes distinctes. Les barrettes 2 à 6 sont perpendiculaires à la barrette centrale. La barrette 1 est indépendante.

2.2 Données d'entrée

2.2.1 Plans et documents

- Plans DOE des charpentes métalliques de l'ensemble des barrettes.

2.2.2 Visite et relevé de cote

Une visite sur site et un relevé de cote ont été effectués le 20/06/23.

2.3 Analyse de la stabilité du bâtiment

2.3.1 Stabilité verticale

La stabilité verticale est assurée par des pannes, des traverses isostatiques et des poteaux pour les barrettes 1 à 7, des portiques pour la barrette centrale et des voiles occasionnellement.

2.3.2 Stabilité transversale

La stabilité transversale est assurée par des palées de contreventement en toiture et des voiles pour les barrettes 1 à 7, les portiques pour la barrette centrale.

2.3.3 Stabilité Longitudinale

La stabilité longitudinale est assurée par les palées de contreventement en toiture et des voiles.

2.4 Normes appliquées

2.4.1 Eurocodes EN (normes homologuées)

NF EN 1990 <i>I d C : P06-100-1</i> <i>Mars 2003</i>	Eurocode - Bases de calcul des structures - (2e tirage - Avril 2003)
NF P06-100-2 <i>Juin 2004</i>	Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures - Annexe nationale à l'EN 1990
NF EN 1991-1-1 <i>I d C : P06-111-1</i> <i>Mars 2003</i>	Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-1 : actions générales – Poids volumiques, poids propres et charges d'exploitation des bâtiments – (2e tirage – Avril 2003)
NF P06-111-2 <i>Juin 2004</i>	Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures - Annexe nationale à l'EN1991-1-1 - Poids volumiques, poids propres et charges d'exploitation des bâtiments
NF EN 1991-1-3 <i>I d C : P06-113-1</i> <i>Avril 2004</i>	Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 1-3 : actions générales – Charges de neige

NF EN 1991-1-3/NA <i>I d C : P06-113-1/NA</i> <i>Mai 2007</i>	Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 1-3 : actions générales – Charges de neige - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3 : actions générales – Charges de neige
NF EN 1991-1-4 <i>I d C : P06-114-1</i> <i>Novembre 2005</i>	Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent
NF EN 1991-1-4/NA <i>I d C : P06-114-1/NA</i> <i>Mars 2008</i>	Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 : actions générales - Actions du Vent
CNC2M <i>Juillet 2017</i>	Recommandations pour l'application de la NF EN 1991-1-4 aux charpentes et ossatures en acier de bâtiment
NF EN 1993-1-1 <i>I d C : P22-311-1</i> <i>Octobre 2005</i>	Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments - (2e tirage)
NF EN 1993-1-1/NA <i>I d C : P22-311-1/NA</i> <i>Mai 2007</i>	Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments – Annexe Nationale à la NF EN 1993-1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments

2.5 Définition des actions

2.5.1 Charges permanentes (G)

Poids propre de la structure	7850 kg/m ³
Pannes IPE180 et HEA160	90.6 et 89.1 kg/m ²
Faux plafonds	4 kg/m ²
Isolant LDV	2.5 kg/m ²
Eclairage et divers	2 kg/m ²
Flocage sur pannes et traverses	250 kg/m ³

➤ Couverture et étanchéité

Scénario 1 : réfection sans arrachage

- Bac support C32S
- Laine de roche ép 75mm
- Etanchéité bicouche
- Polyuréthane ép 150mm
- Etanchéité bicouche

Poids total : 41,6g => R= 8,80

Scénario 2 : réfection avec arrachage

- Bac support C32S
- Fesco ép 50mm
- Polyuréthane ép 80mm
- Etanchéité bicouche

Poids total : 25,4g => R= 4,60

Scénario 3 : réfection Haute performance avec arrachage

- Bac support C32S
- Fesco ép 50mm
- Polyuréthane ép 180mm (en 2 lits de 90mm)
- Etanchéité bicouche

Poids total : 28,7g => R= 9,10

Scénario 3 Bis : réfection Haute performance avec arrachage

- Cellule photovoltaïque
- Bac support C32S
- Fesco ép 50mm
- Polyuréthane ép 180mm (en 2 lits de 90mm)
- Etanchéité bicouche

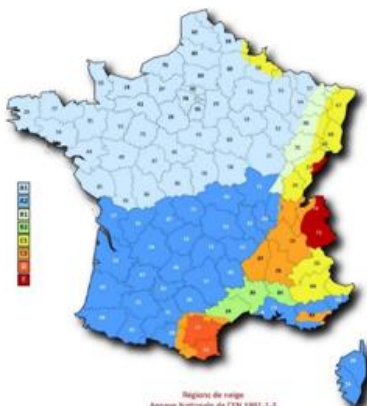
Poids total : 33,7g

2.5.2 Surcharges de Neige (S)

Charge de neige au sol

Région de Neige : A1

Altitude : 26 m
 $S_k = 45 \text{ daN/m}^2$
 $\Delta s_1 = 0,0 \text{ daN/m}^2$
 $S_{k_0} = 45,0 \text{ daN/m}^2$



Pas de neige exceptionnelle

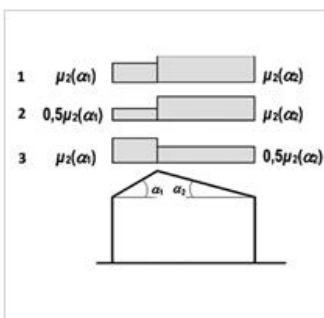
Charge de neige sur la toiture

$C_e = 1$
 $C_t = 1$

Type de toiture : Toiture à deux versants

$\alpha_1 = 1,83^\circ$
 $\alpha_2 = 1,83^\circ$

$\mu_2(\alpha_1) = 0,80$
 $\mu_2(\alpha_2) = 0,80$



Sans accumulation			
<i>cas (i)</i>	$s(\alpha_1) =$	36,0 daN/m ²	
	$s(\alpha_2) =$	36,0 daN/m ²	
Avec accumulation			
<i>cas (ii)</i>	$0,5*s(\alpha_1) =$	18,0 daN/m ²	
	$s(\alpha_2) =$	36,0 daN/m ²	
<i>cas (iii)</i>	$0,5*s(\alpha_2) =$	18,0 daN/m ²	
	$s(\alpha_1) =$	36,0 daN/m ²	

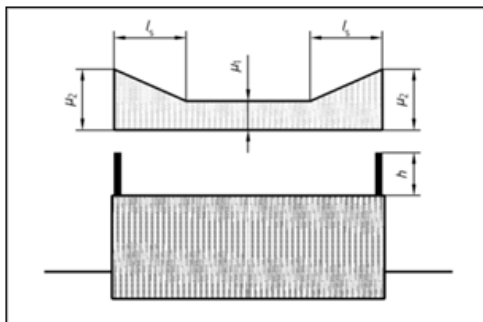
6.2 Accumulation au droit de saillies et d'obstacles

Pour les toitures quasi horizontales

☒ Cas de deux acrotères

$h = 0,40 \text{ m}$
 $\gamma = 200 \text{ daN/m}^3$
 $\mu_1 = 0,8$
 $\mu_2 = 1,60$

$s(\mu_2) = 72 \text{ daN/m}^2$
 $l_s = 5,00 \text{ m}$



NOTA : Les acrotères engendrant une accumulation de neige sont uniquement sur la barrette centrale.

2.5.3 Surcharges de Vent (W)

REGION

Département : Ille-et-Vilaine

Commune : Bruz

Région de vent = 2

Cseason = 1

vb,0 = 24 m/s



RUGOSITE

Zone = IIIb (zone indus)

Cercle de rugosité :

Rayon = 300 m

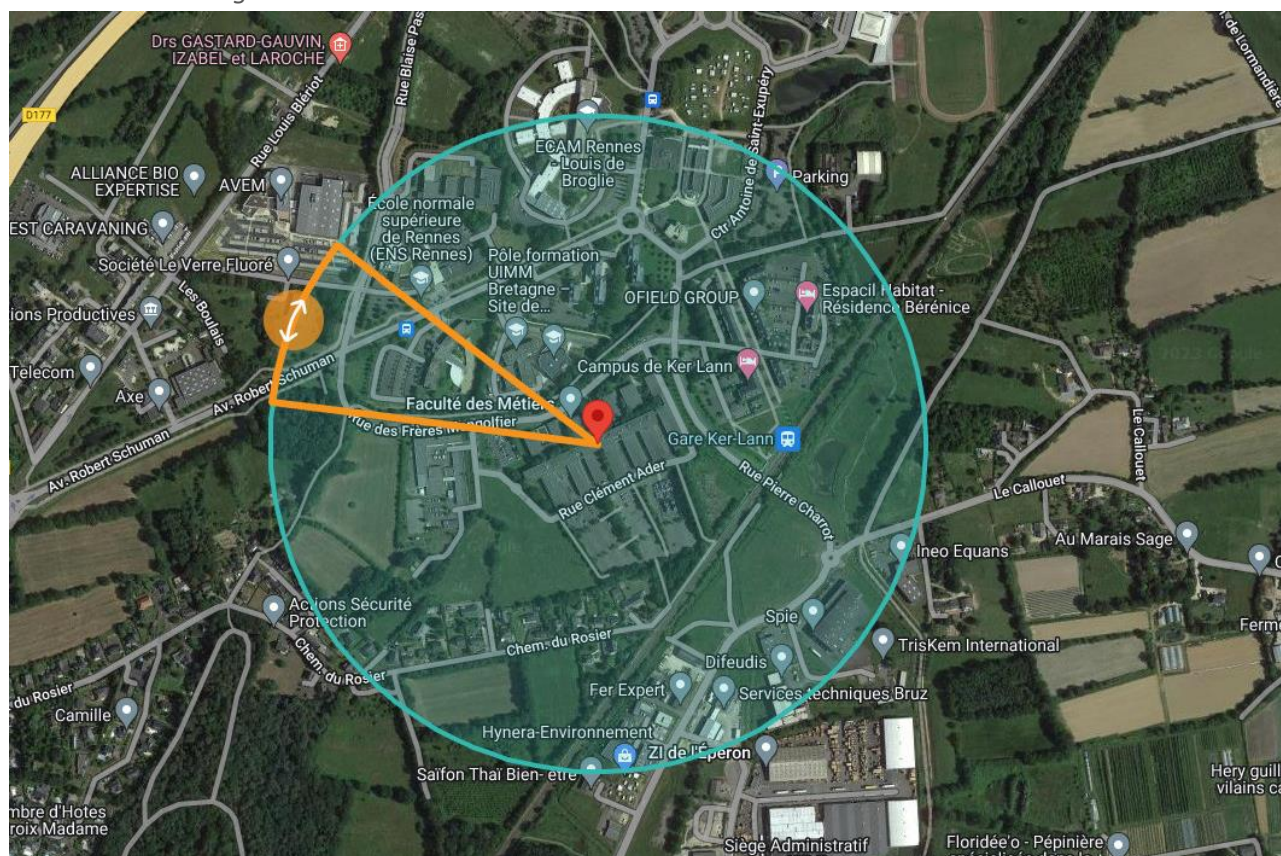


OROGRAPHIE

Valeur par défaut

co (z) = 1,00

➤ Cercle de rugosité



Vent longitudinal [90°]

h = 6,38
b = 116

Cas $h \leq b$

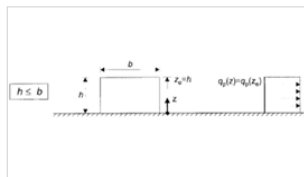
Cdir = 1

CsCd = 0,75

Kdc = 0,85

vb = 24 m/s

qb = 35,3 daN/m²



Vent transversal [0°]

h = 6,38 m
b = 20 m

Cas $h \leq b$

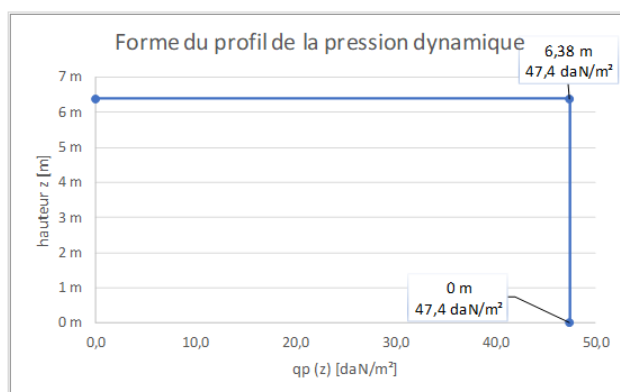
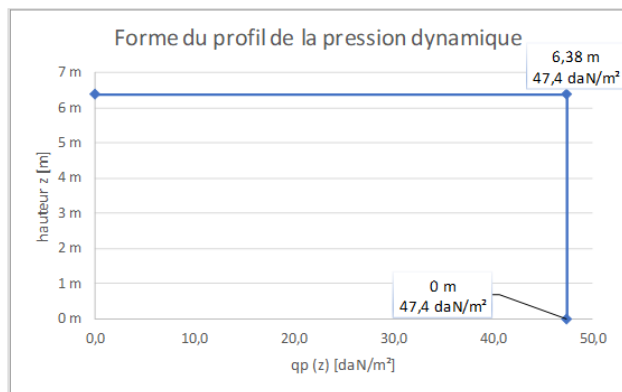
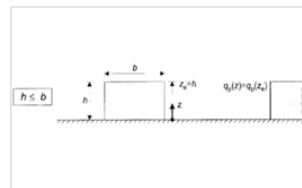
Cdir = 1

CsCd = 0,87

Kdc = 0,85

vb = 24 m/s

qb = 35,3 daN/m²



2.5.4 Action sismique (S_{Ad})

Sans objet, d'après l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques.

2.6 Combinaisons d'actions

Les combinaisons ELS, ELU et Accidentelles seront conformes à la norme « NF EN 1990 - Mars 2003- Base de calcul des structures » et son Annexe Nationale.

2.7 Déformations admissibles

Flèche limite des éléments de toiture sous charges globales (pannes, arbalétriers, ...)

L/200

Déplacement limite entre étage

$H_i/300$

2.8 Matériaux

2.8.1 Nuances d'acier

Sauf indication contraire on considère que la nuance d'acier des éléments vérifiés est S235 pour l'ensemble de la structure sauf les poteaux de portique en S275, et conforme à la norme NF EN 10025 de février 2005.

2.8.2 Etat des aciers

La structure est floquée et ne présente aucun signe de dégradation susceptible de remettre en cause les caractéristiques de sections relevées.

2.9 Points particuliers

2.9.1 Limite de prestation

Dans le cadre du projet de réfection de couverture, seuls les éléments supports de couverture sont analysés. Les éléments qui ne sont pas dimensionnés par la charge verticale apportée (poteaux des barrettes 1 à 7) sont considérés comme valides.

Les études de fondation, de structure planchers et de façades ne sont pas à notre charge et la mise en plans des ouvrages ou renforts ne sont pas compris dans la présente étude.

2.9.2 Logiciel de calculs

Autodesk Robot Structural Analysis 2021

3. ETUDE DES PANNES

3.1 Typologie de panne

3.1.1 Géométrie

Angle de toiture = 1.83°

Section	Barrette	Portée (m)	BDC (m)
IPE160	Barrette centrale	5,40	2,25
IPE180	Toutes	7,20	2,70
IPE200	Barrette centrale	7,58	2,25
IPE220	B2 B3 B6 B7	7,20	2,70
IPE220	Barrette centrale	9,00	2,25
IPE270	Barrette centrale	11,76	2,25

3.1.2 Condition d'appuis

Les pannes sont sur 2 appuis (de ce fait le coefficient de continuité global sur les portiques est de 1, c'est-à-dire sans pondération particulière).

3.1.3 Blocaje des instabilités

Les pannes sont liernées, à mi-portée.

De plus, les pannes sont fixées à la couverture, ce qui permet de considérer l'aile supérieure comme étant maintenue. On considère les pannes comme n'étant pas sujettes aux instabilités de par l'effet diaphragme de la couverture.

3.2 Chargement et résultats

3.2.1 Cas de chargements

La neige accumulé (Sacc) est prise en compte seulement pour les pannes de la barrette centrale.

SCENARIO 1		
Préfixe	Nom	Charge (daN/m²)
G1	Faux plafond	4,00
G2	Charges suspendus et diverses	2,00
G3	Isolant	2,50
G4	Couverture/étanchéité	41,60
Sn	Neige normale	36,00
Sacc	Neige accumulée (BC)	19,80
W	Vent	22,47

SCENARIO 3 BIS		
Préfixe	Nom	Charge (daN/m²)
G1	Faux plafond	4,00
G2	Charges suspendus et diverses	2,00
G3	Isolant	2,50
G3	Cellules photovoltaïques	5,00
G5	Couverture/étanchéité	28,70
Sn	Neige normale	36,00
Sacc	Neige accumulée (BC)	19,80
W	Vent	22,47

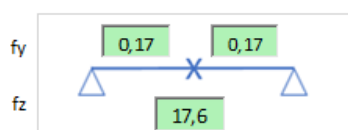
- Flocage : R90 et SF 1H30

Flocage sur pannes (daN/ml)	
IPE160	5,97
IPE180	7,10
IPE200	8,23
IPE220	9,44
IPE270	12,40

3.2.2 Résultats

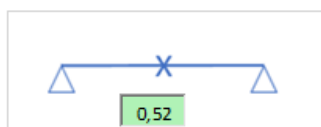
- IPE160 – Scénario 1

FLECHES



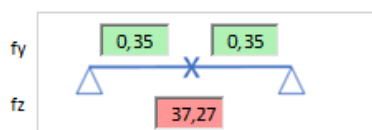
RESISTANCE EN SECTION

FLEXION ET EFFORT NORMAL



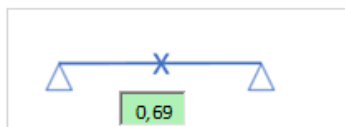
- IPE 180 – Scénario 1

FLECHES



RESISTANCE EN SECTION

FLEXION ET EFFORT NORMAL

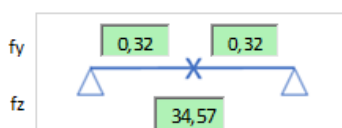


La flèche relative de la panne est $L/193$, on peut donc la considérer comme admissible.

- IPE 180 (BC)

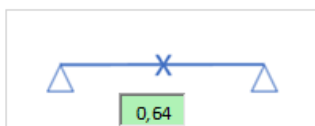
- Scénario 3bis sans accumulation de neige.

FLECHES



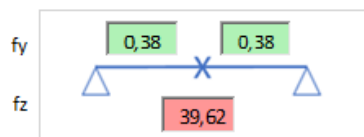
RESISTANCE EN SECTION

FLEXION ET EFFORT NORMAL



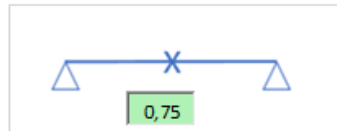
- Scénario 3 (sans cellule photovoltaïques) et avec accumulation de neige.

FLECHES



RESISTANCE EN SECTION

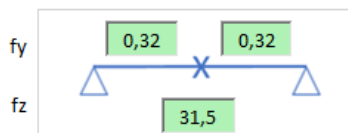
FLEXION ET EFFORT NORMAL



La flèche réelle de la panne est $L/181$, on peut donc la considérée comme admissible.

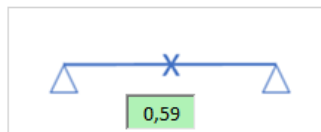
- IPE 200 – Scénario 1

FLECHES



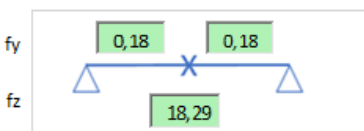
RESISTANCE EN SECTION

FLEXION ET EFFORT NORMAL



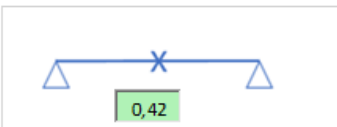
- IPE220 – Scénario 1

FLECHES



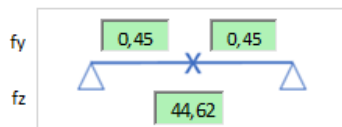
RESISTANCE EN SECTION

FLEXION ET EFFORT NORMAL



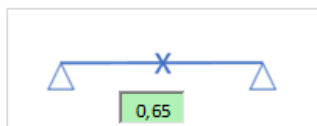
➤ IPE 220 (BC) – Scénario 1

FLECHES



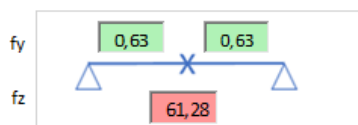
RESISTANCE EN SECTION

FLEXION ET EFFORT NORMAL



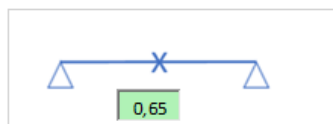
➤ IPE 270 – Scénario 3bis

FLECHES



RESISTANCE EN SECTION

FLEXION ET EFFORT NORMAL



La flèche réelle de la panne est $L/192$, on peut donc la considérée comme admissible.

3.3 Conclusion

3.3.1 Barrette centrale

Le scénario 1 n'est pas admissible, le scénario 3bis est envisageable hors de la zone d'accumulation de neige.

3.3.2 Barrette 1 à 7

Tous les scénarii sont admissibles.

4. ETUDE DES PORTIQUES – BARETTES DE 1 à 7

4.1 Vues du modèle

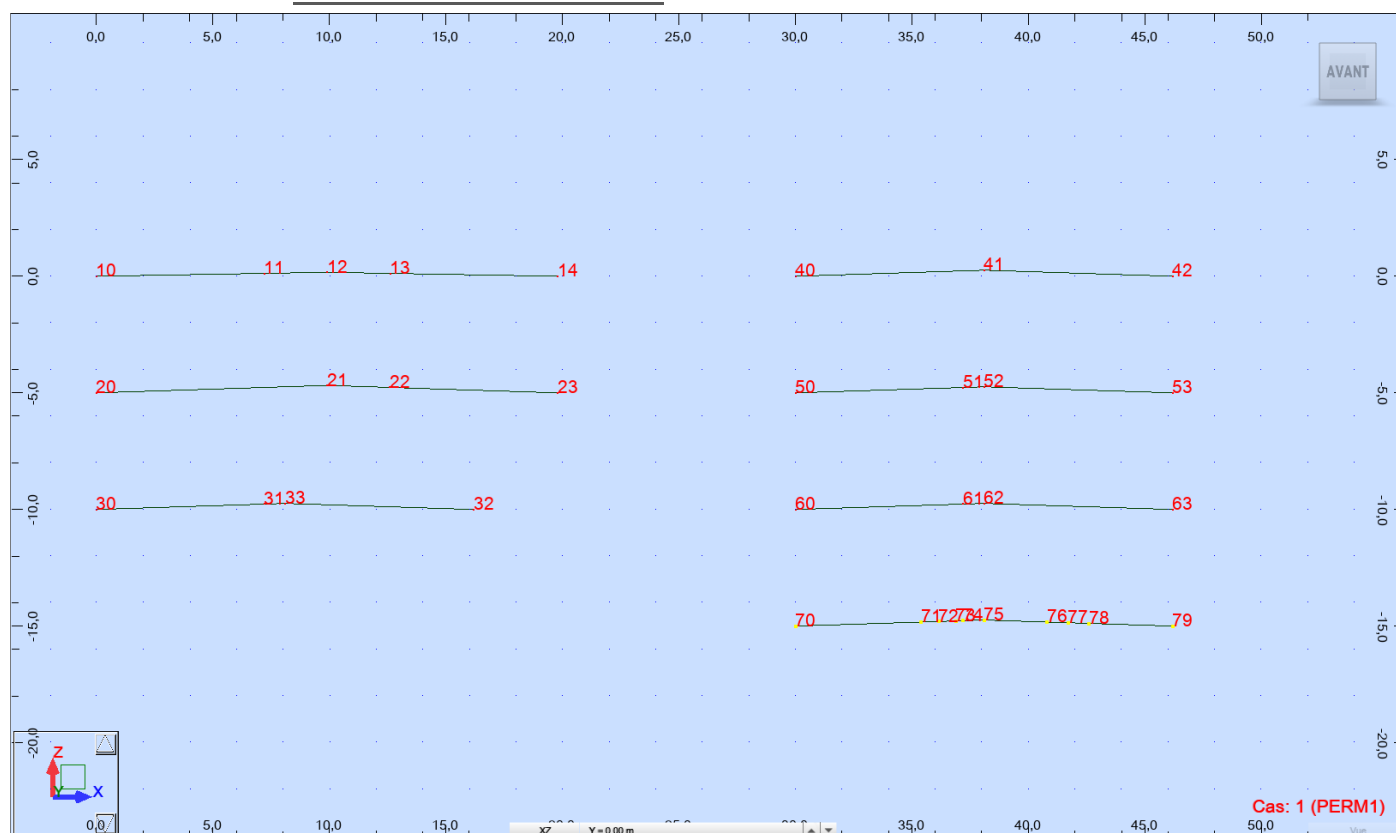
4.1.1 Préambule

Les portiques sont vérifiés pour le scénario le plus défavorable, soit le scénario 1.

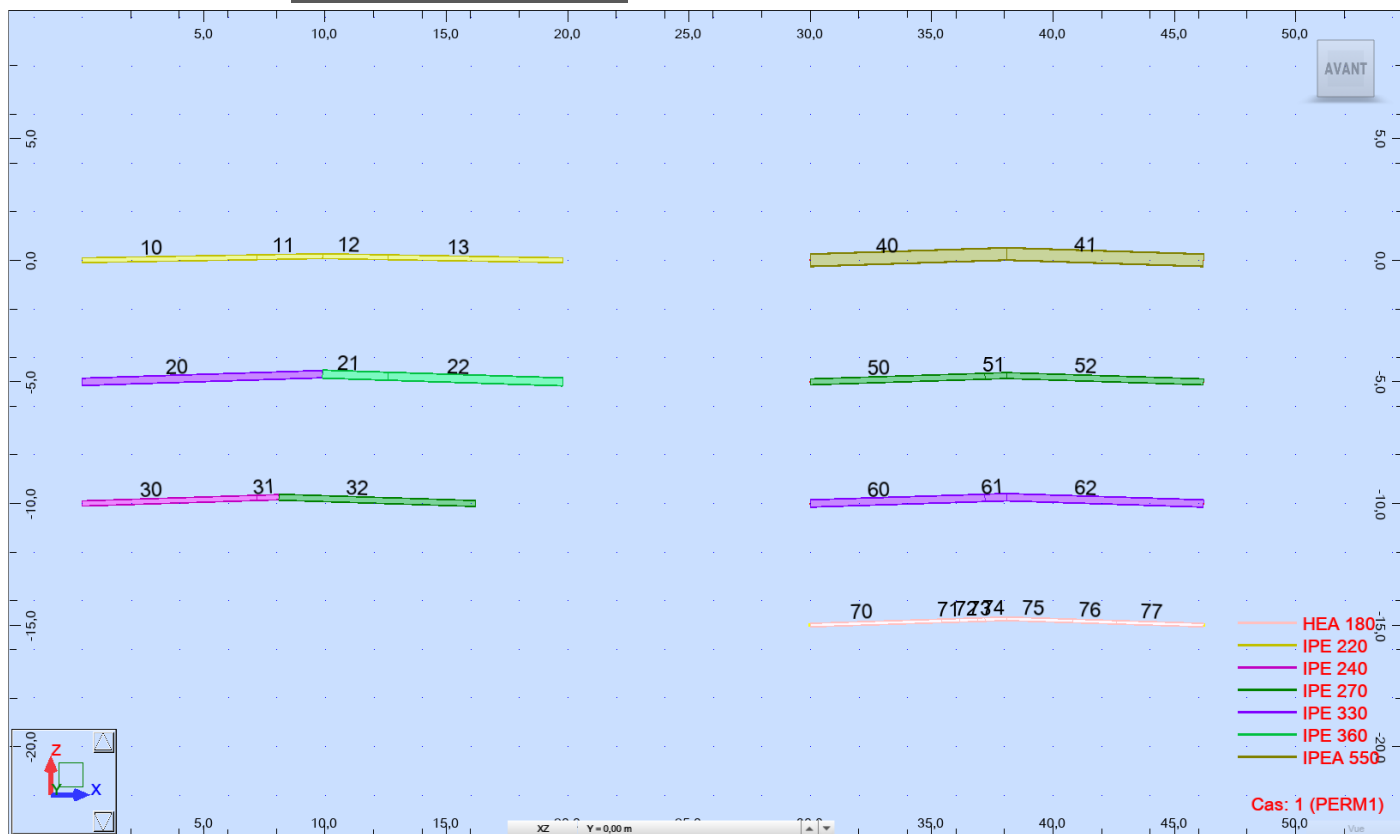
4.1.2 Définition des barres

Barre ROBOT	Barrette	Nb. appuis	Sections arba.	Nb. Pannes
10A13	B1 B2	4	2 IPE220	9
20A22	B1 B2	3	IPE330/360	9
30A32	B1 B3 B4 B5 B6 B7	3	IPE240/270	7
40A41	B5	2	2 IPEA550	7
50A52	B4	3	2 IPE270	7
60A62	B4 B5 B7 B6	3	2 IPE330	7
70A77	B7	3 + 2 voiles	2 IPE180	7

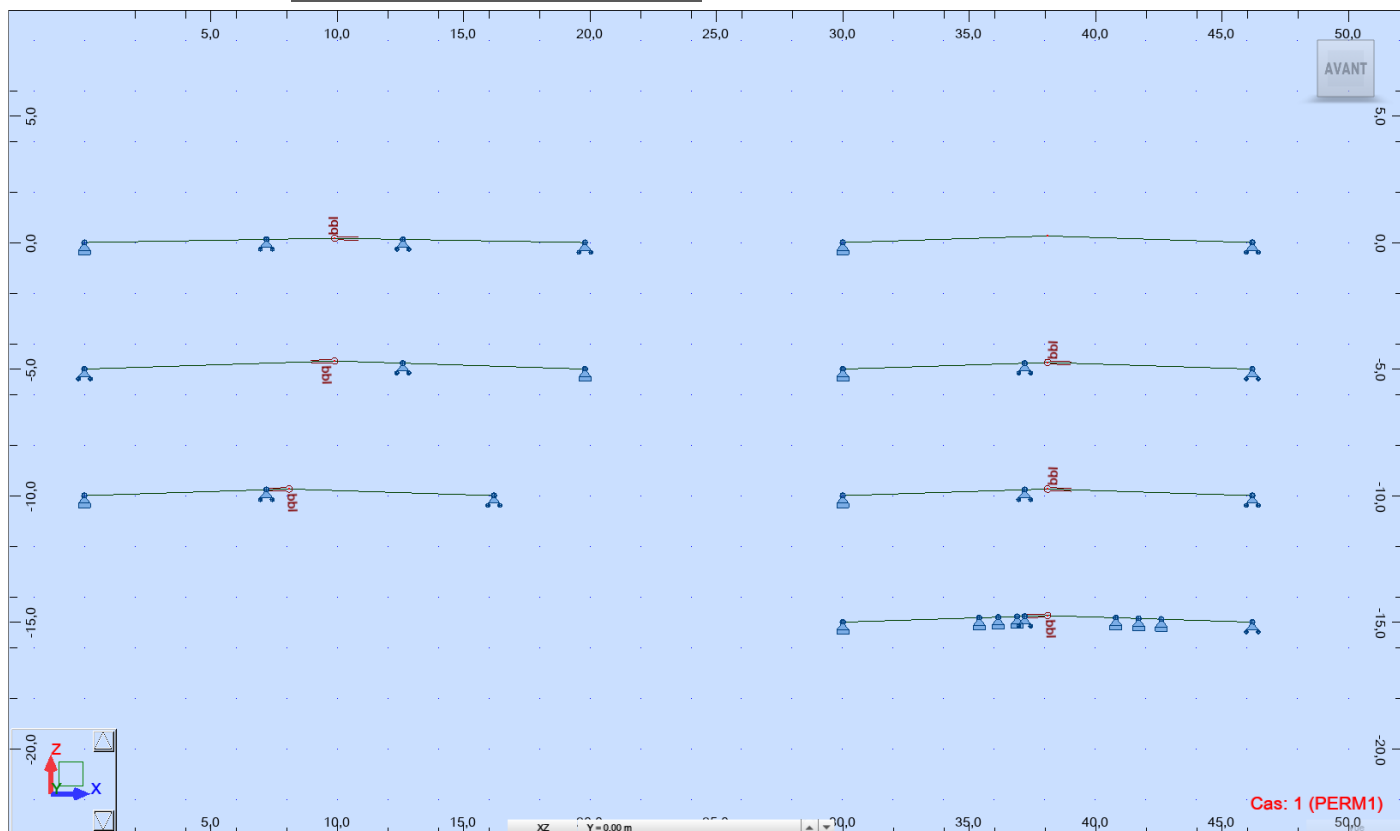
4.1.3 Géométrie et vue des nœuds



4.1.4 Vue des barres et sections



4.1.5 Vue des relâchements et appuis



4.2 Chargements

4.2.1 Cas de charges

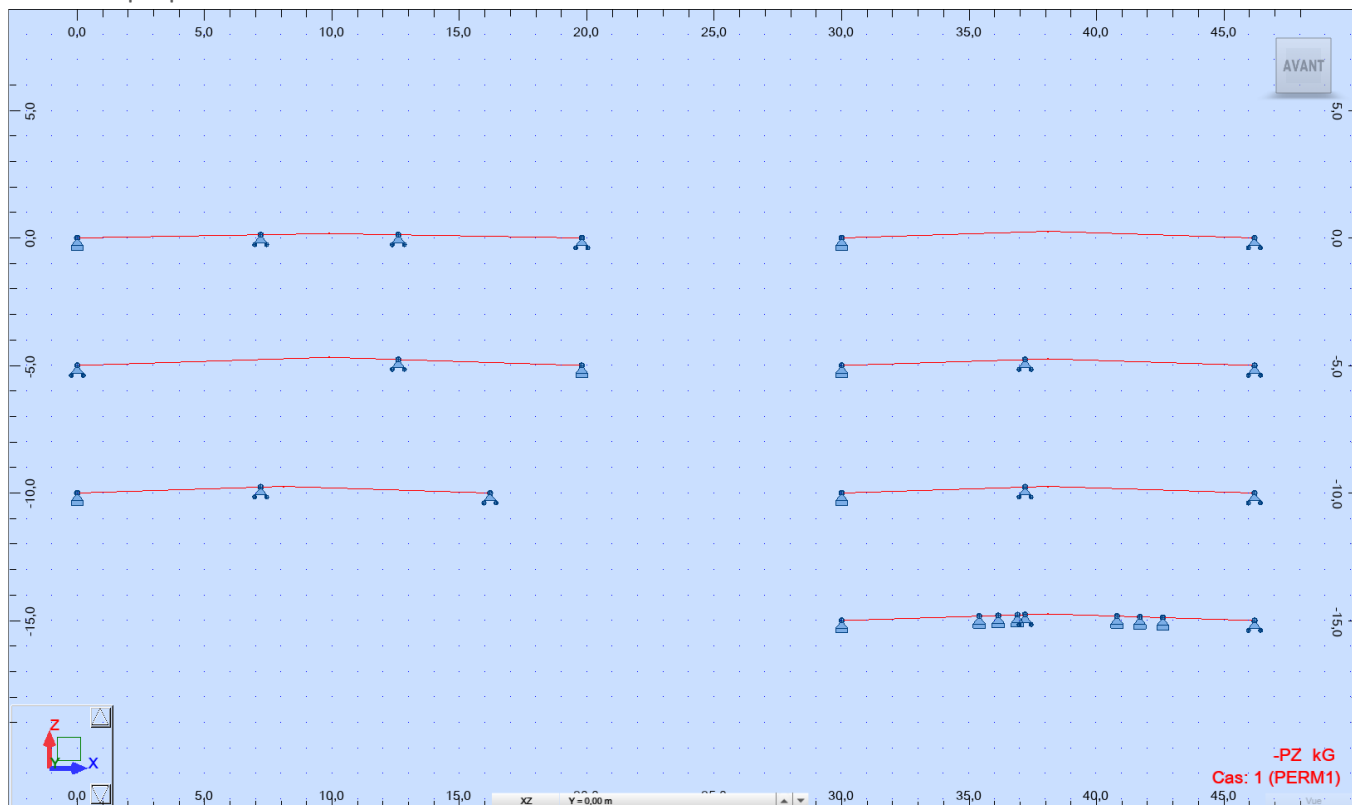
Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
1	Pp1	Poids propre	Structurelle	Statique linéaire
2	G2	Plafond suspendu	Structurelle	Statique linéaire
3	G3	Isolant	Structurelle	Statique linéaire
4	G4	Charges suspendus diverses	Structurelle	Statique linéaire
5	G5	Flocage	Structurelle	Statique linéaire
6	G6	Couverture	Structurelle	Statique linéaire
7	G7	Pannes	Structurelle	Statique linéaire
10		G	Structurelle	Combinaison linéaire
21	Sn	Sn	neige	Statique linéaire
31	W	W	vent	Statique linéaire

4.2.2 Combinaisons de charges

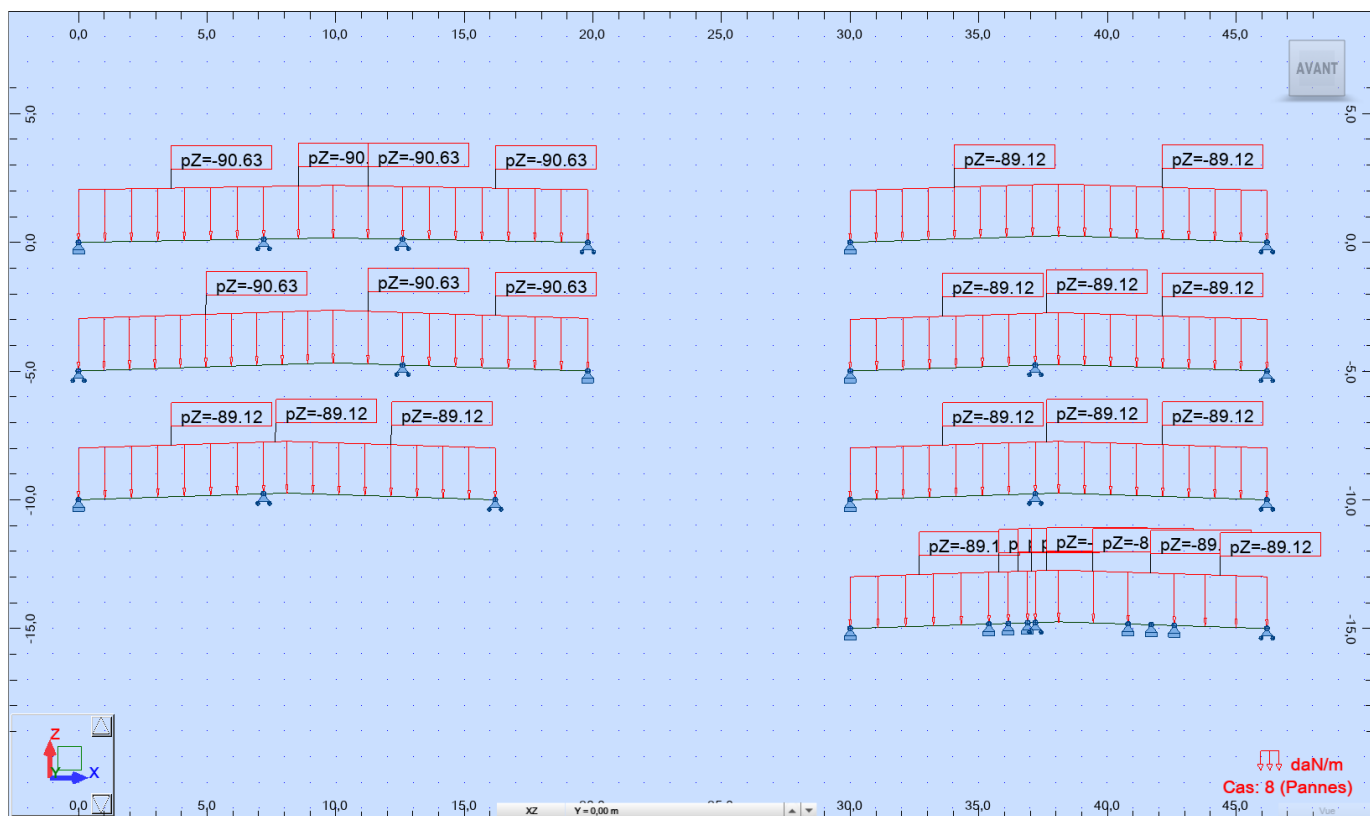
Combinaison	Nom	Type d'analyse	Type de la	Nature du cas	Définition
10 (C)	G	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(1+2+3+4+5+6+7)*1.00$
101 (C)	G+Sn	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(10+21)*1.00$
102 (C)	G+Sn+0.6W	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(10+21)*1.00+31*0.60$
103 (C)	G+W	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(10+31)*1.00$
104 (C)	G+W+0.5Sn	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(10+31)*1.00+21*0.50$
201 (C)	1.35G+1.5Sn	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$10*1.35+21*1.50$
202 (C)	1.35G+1.5W	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$10*1.35+31*1.50$
203 (C)	1.35G+1.5Sn+0.9W	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$10*1.35+21*1.50+31*0.90$
204 (C)	1.35G+1.5W+0.75Sn	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$10*1.35+31*1.50+21*0.75$

4.2.3 Vues des chargements

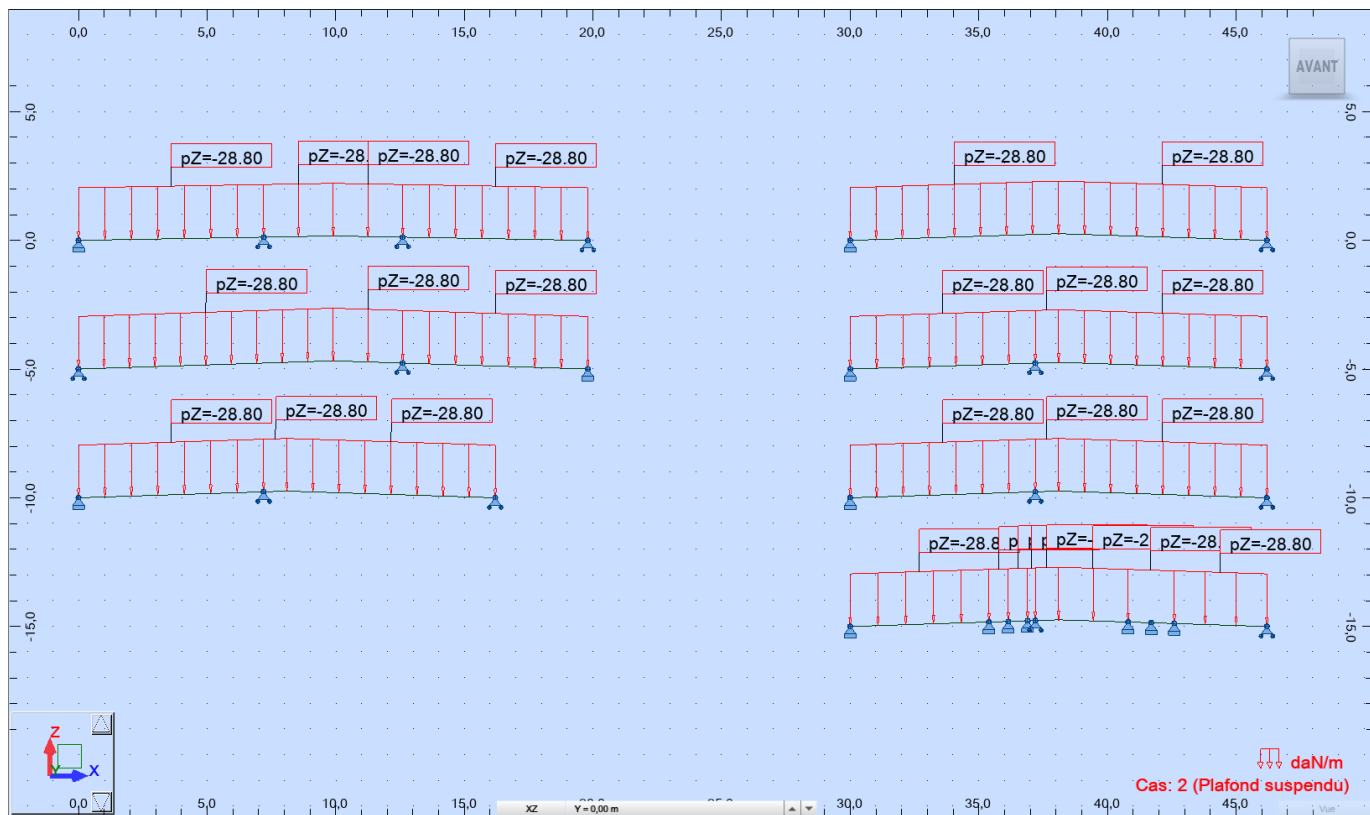
➤ Poids propre



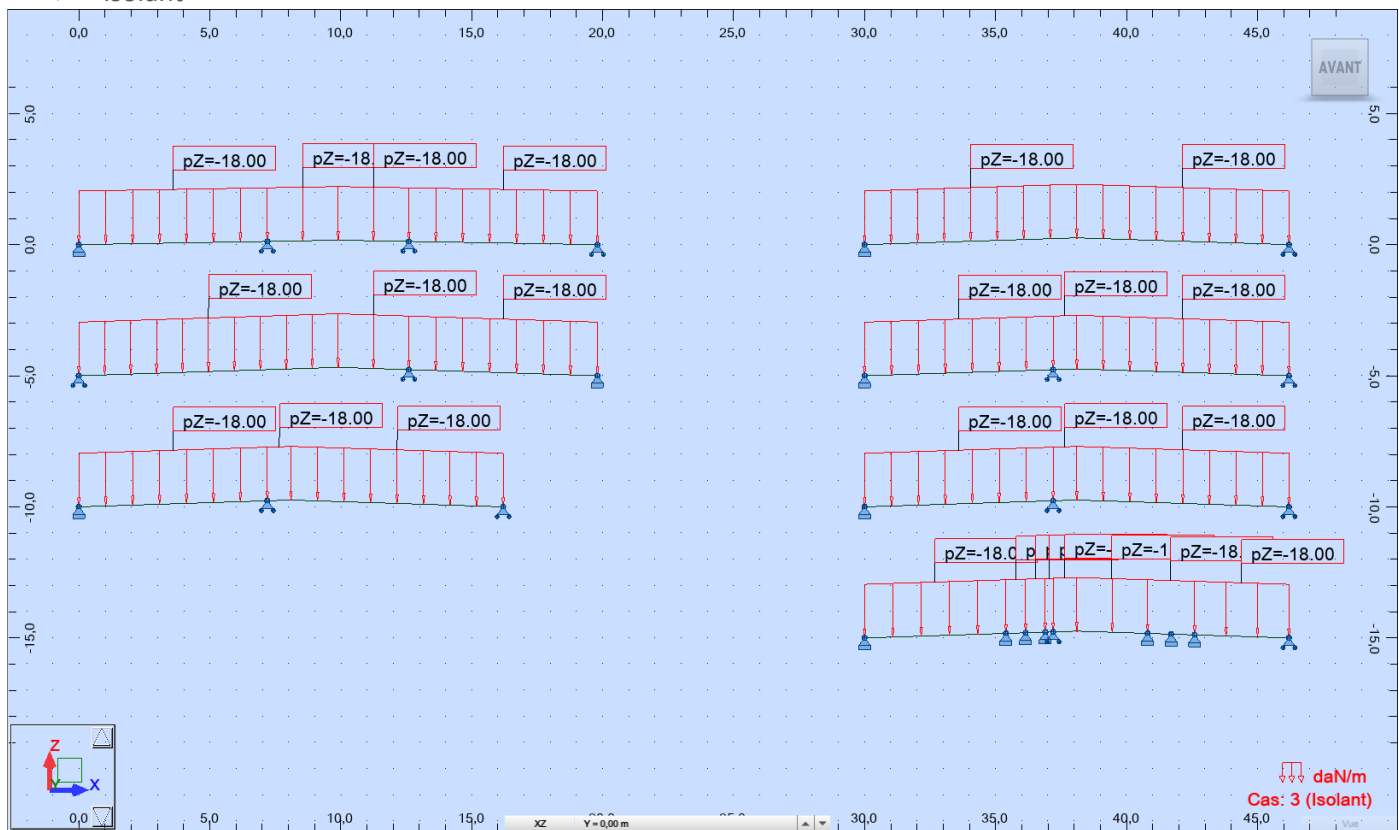
➤ Pannes



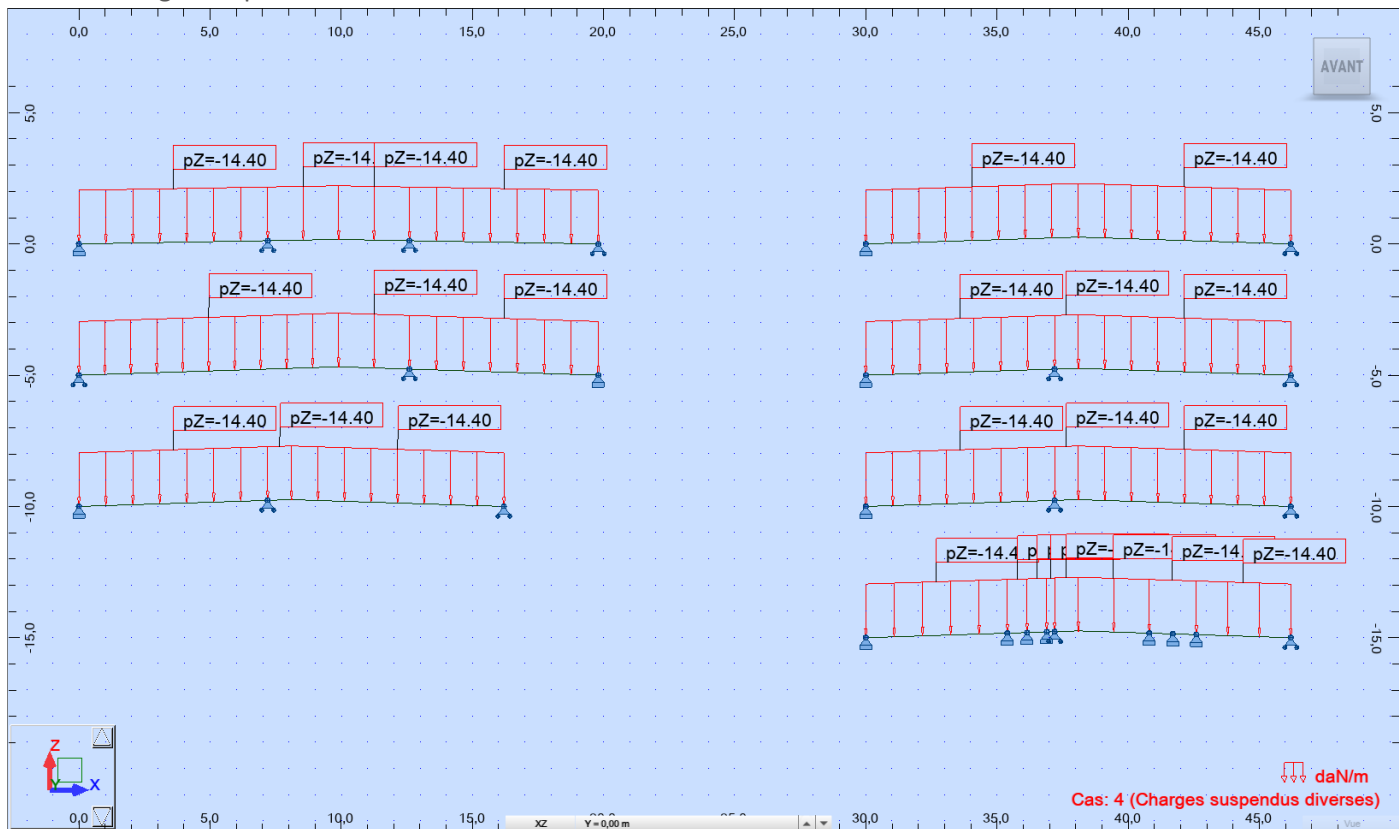
➤ Plafond suspendu



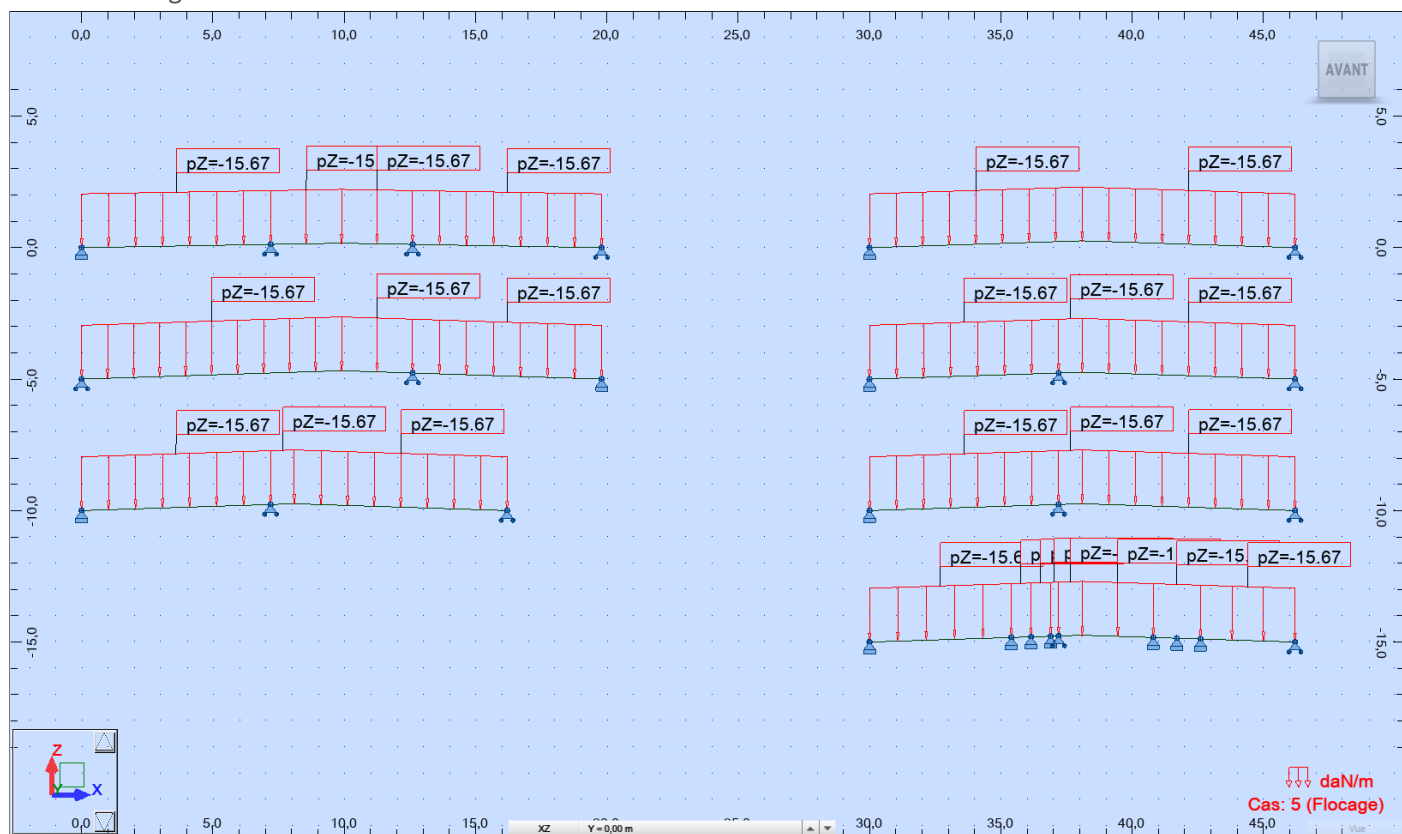
➤ Isolant



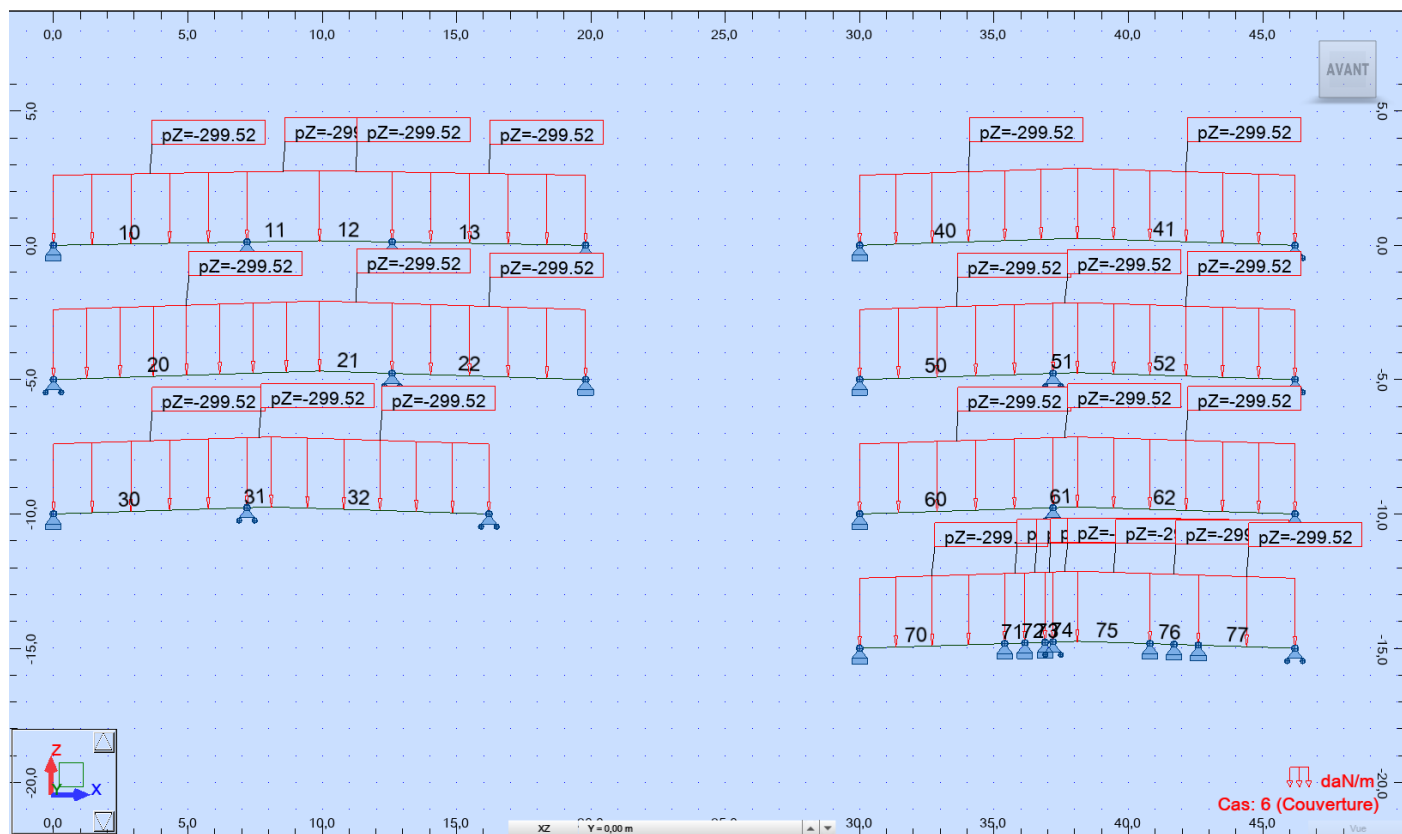
➤ Charges suspendues diverses



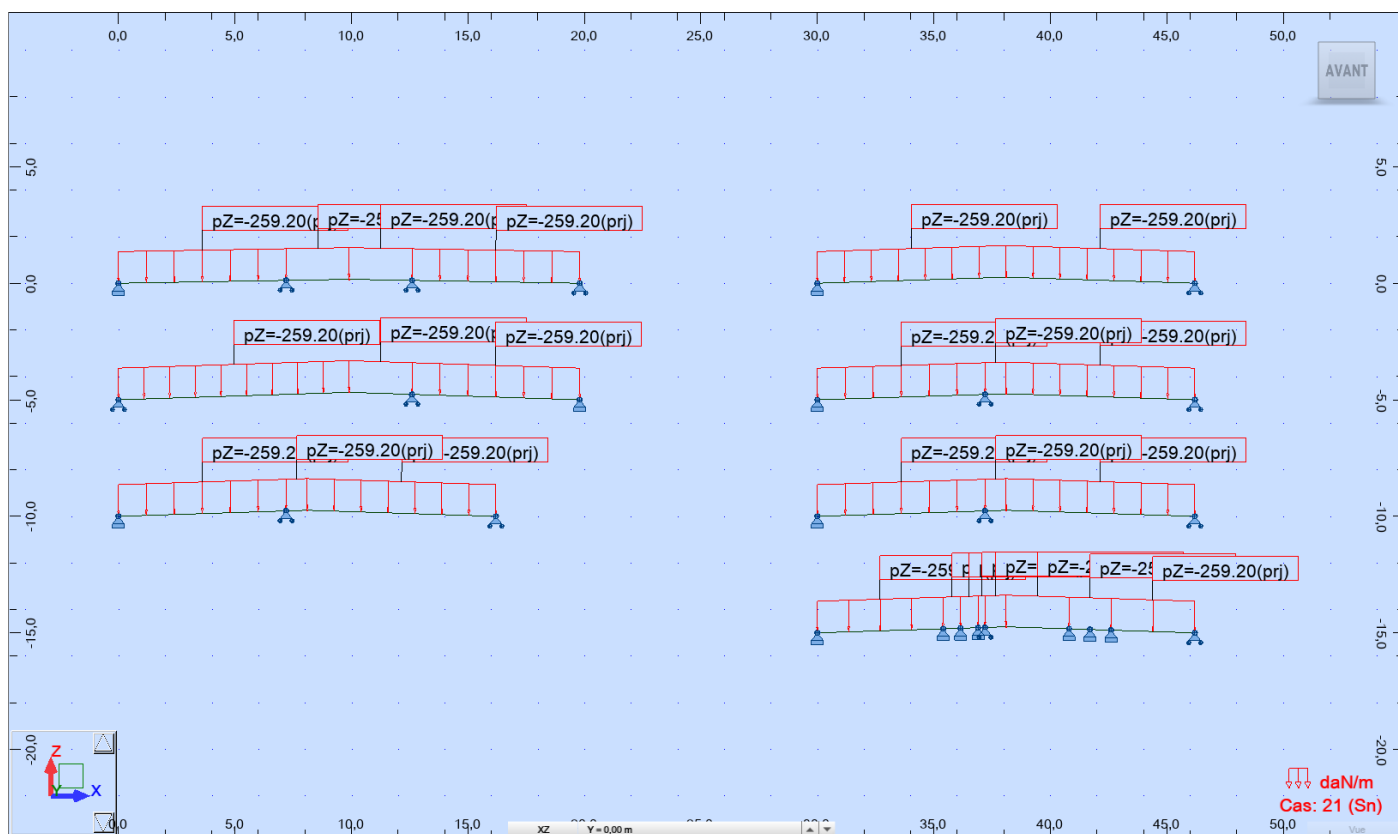
Flocage



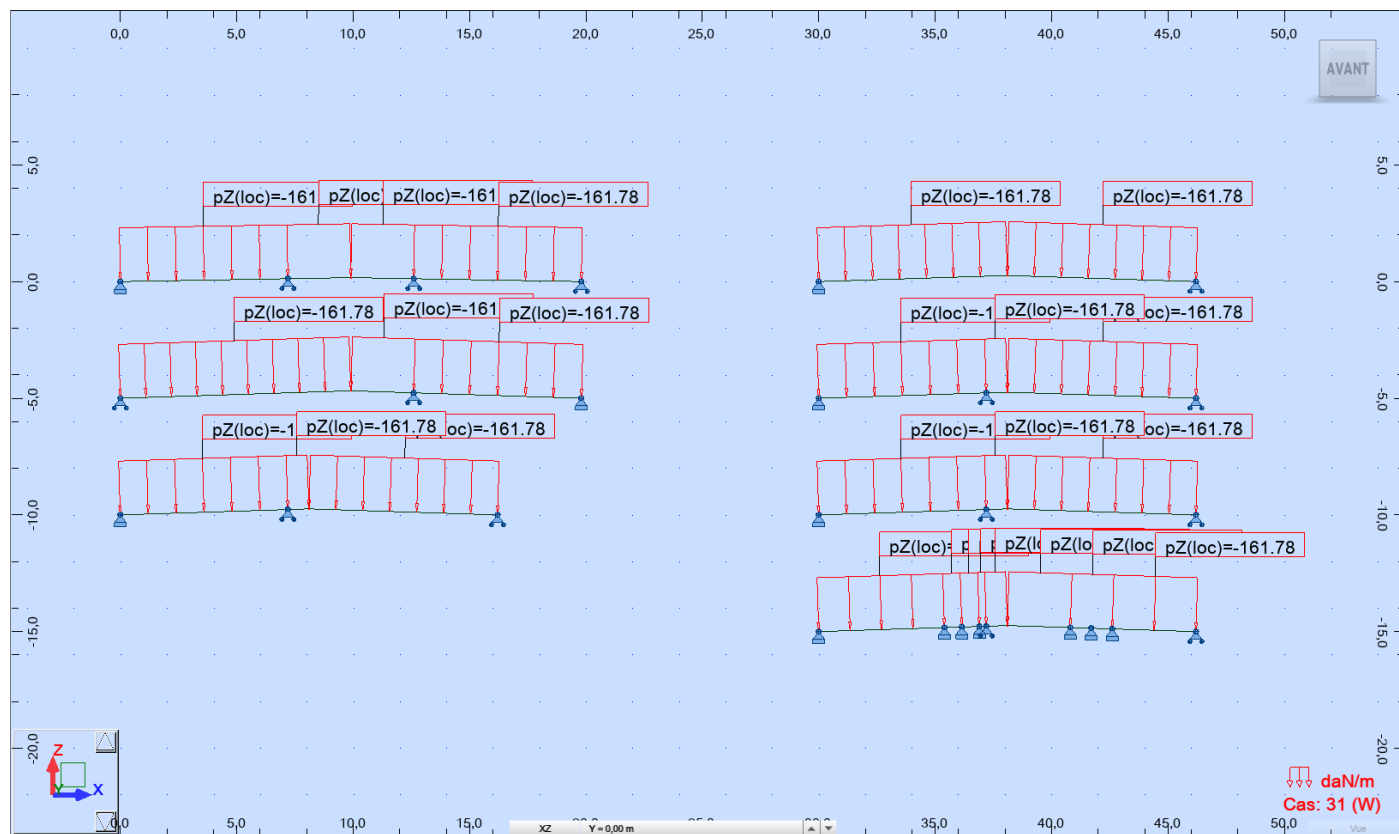
Couverture



➤ Neige normale

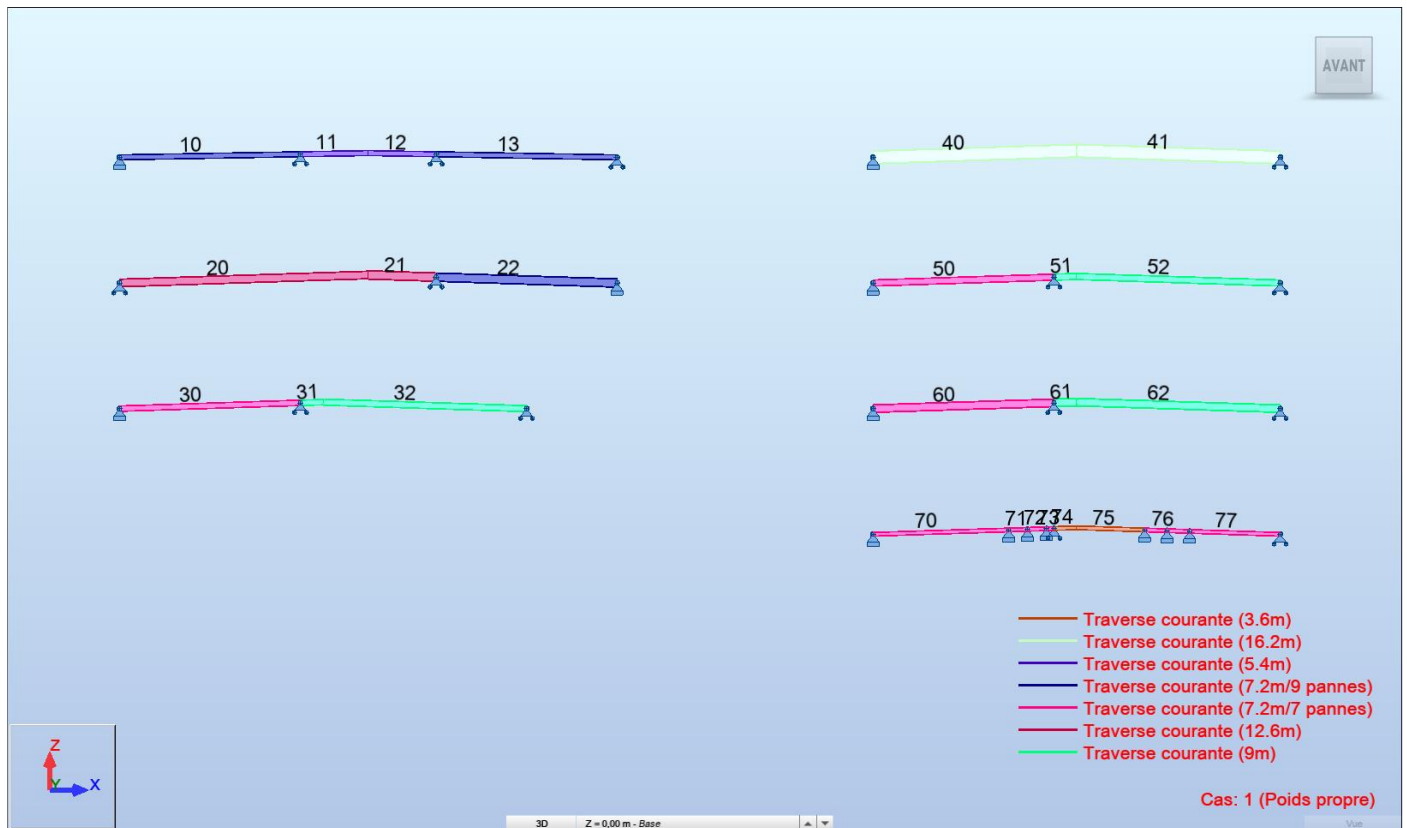


➤ Vent





4.3 Vérification des barres

4.3.1 Types de barres



4.3.2 Résultats ELU

➤ Traverse courante (3.6m)

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
74	 HEA 180	ACIER	48.33	53.09	0.19	203 1.35G+1.5Sn+0.
75	 HEA 180	ACIER	48.33	53.09	0.14	203 1.35G+1.5Sn+0.

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: 74

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 203 1.35G+1.5Sn+0.9W 10*1.35+21*1.50+31*0.90

MATERIAU:

ACIER $f_y = 23.50 \text{ daN/mm}^2$



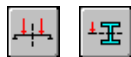
PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 180

h=171.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=180.0 mm	Ay=3793.14 mm ²	Az=1447.14 mm ²	Ax=4525.14 mm ²
tw=6.0 mm	Iy=25102900.00 mm ⁴	Iz=9246050.00 mm ⁴	Ix=142000.00 mm ⁴
tf=9.5 mm	Wply=324875.00 mm ³	Wplz=156497.00 mm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 1452.71 daN	My,Ed = -1366.96 daN*m	
Nc,Rd = 106340.79 daN	My,Ed,max = -1366.96 daN*m	
Nb,Rd = 85681.15 daN	My,c,Rd = 7634.56 daN*m	Vz,Ed = 2004.11 daN
	MN,y,Rd = 7634.56 daN*m	Vz,c,Rd = 19634.41 daN
	Mb,Rd = 7634.56 daN*m	

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 0.00	Mcr = 130844.02 daN*m	Courbe,LT -	XLT = 1.00
Lcr,low=2.40 m	Lam_LT = 0.24	fi,LT = 0.52	XLT,mod = 1.00

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 3.60 m	Lam_y = 0.51
Lcr,y = 3.60 m	Xy = 0.88
Lamy = 48.33	ky = 1.00



en z:

Lz = 2.40 m	Lam_z = 0.57
Lcr,z = 2.40 m	Xz = 0.81
Lamz = 53.09	kzy = 0.52

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:



N,Ed/Nc,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/My,c,Rd = 0.18 < 1.00 (6.2.5.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.10 < 1.00 (6.2.6.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 48.33 < Lambda,max = 210.00	Lambda,z = 53.09 < Lambda,max = 210.00	STABLE
My,Ed,max/Mb,Rd = 0.18 < 1.00 (6.3.2.1.(1))		
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.19 < 1.00 (6.3.3.(4))		
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.11 < 1.00 (6.3.3.(4))		

Profil correct !!!

➤ Traverse courante (16.2m)

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
40	 IPEA 550	ACIER	71.64	52.70	0.68	203 1.35G+1.5Sn+0.
41	 IPEA 550	ACIER	71.64	52.70	0.68	203 1.35G+1.5Sn+0.

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: 40

POINT: 2

COORDONNEE: x = 0.17 L = 1.35 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 203 1.35G+1.5Sn+0.9W 10*1.35+21*1.50+31*0.90

MATERIAU:

ACIER fy = 23.50 daN/mm2



PARAMETRES DE LA SECTION: IPEA 550

h=547.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=210.0 mm	Ay=7520.40 mm2	Az=6029.70 mm2	Ax=11728.80 mm2
tw=9.0 mm	Iy=599794000.00 mm4	Iz=24322400.00 mm4	Ix=865324.00 mm4
tf=15.7 mm	Wply=2474870.00 mm3	Wplz=361512.00 mm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 258.55 daN	My,Ed = 11675.42 daN*m	
Nc,Rd = 275626.80 daN	My,Ed,max = 38206.01 daN*m	
Nb,Rd = 224982.03 daN	My,c,Rd = 58159.45 daN*m	Vz,Ed = 7858.08 daN
	MN,y,Rd = 58159.45 daN*m	Vz,c,Rd = 81809.35 daN
	Mb,Rd = 56511.90 daN*m	

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 0.00	Mcr = 422990.98 daN*m	Courbe,LT -	XLT = 0.94
Lcr,upp=2.40 m	Lam_LT = 0.37	fi,LT = 0.59	XLT,mod = 0.97

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 16.20 m	Lam_y = 0.76
Lcr,y = 16.20 m	Xy = 0.82
Lamy = 71.64	kyy = 1.00



en z:

Lz = 2.40 m	Lam_z = 0.56
Lcr,z = 2.40 m	Xz = 0.86
Lamz = 52.70	kzy = 0.52

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:



N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/My,c,Rd = 0.20 < 1.00 (6.2.5.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.10 < 1.00 (6.2.6.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 71.64 < Lambda,max = 210.00	Lambda,z = 52.70 < Lambda,max = 210.00	STABLE
My,Ed,max/Mb,Rd = 0.68 < 1.00 (6.3.2.1.(1))		
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.68 < 1.00 (6.3.3.(4))		
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.35 < 1.00 (6.3.3.(4))		

Profil correct !!!

➤ Traverse courante (5.4m)

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
11	 IPE 220	ACIER	59.25	96.86	0.64	203 1.35G+1.5Sn+0.
12	 IPE 220	ACIER	59.25	96.86	0.64	203 1.35G+1.5Sn+0.

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: 11

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 203 1.35G+1.5Sn+0.9W 10*1.35+21*1.50+31*0.90

MATERIAU:

ACIER $f_y = 23.50 \text{ daN/mm}^2$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 220

h=220.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=110.0 mm	Ay=2289.21 mm ²	Az=1588.13 mm ²	Ax=3337.05 mm ²
tw=5.9 mm	Iy=27718400.00 mm ⁴	Iz=2048860.00 mm ⁴	Ix=88600.00 mm ⁴
tf=9.2 mm	Wply=285426.00 mm ³	Wplz=58111.90 mm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 67.96 daN	My,Ed = -3928.86 daN*m	
Nc,Rd = 78420.68 daN	My,Ed,max = -3928.86 daN*m	
Nb,Rd = 45268.62 daN	My,c,Rd = 6707.51 daN*m	Vz,Ed = 2909.12 daN
	MN,y,Rd = 6707.51 daN*m	Vz,c,Rd = 21547.32 daN
	Mb,Rd = 6174.98 daN*m	

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 0.00	Mcr = 25395.97 daN*m	Courbe,LT -	XLT = 0.89
Lcr,low=2.40 m	Lam_LT = 0.51	fi,LT = 0.68	XLT,mod = 0.92

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 5.40 m	Lam_y = 0.63
Lcr,y = 5.40 m	Xy = 0.88
Lamy = 59.25	kyy = 1.00



en z:

Lz = 2.40 m	Lam_z = 1.03
Lcr,z = 2.40 m	Xz = 0.58
Lamz = 96.86	kzy = 0.52

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/My,c,Rd = 0.59 < 1.00 (6.2.5.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.14 < 1.00 (6.2.6.(1))




Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 59.25 < Lambda,max = 210.00	Lambda,z = 96.86 < Lambda,max = 210.00	STABLE
My,Ed,max/Mb,Rd = 0.64 < 1.00 (6.3.2.1.(1))		
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.64 < 1.00 (6.3.3.(4))		
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.33 < 1.00 (6.3.3.(4))		

Profil correct !!!



➤ Traverse courante (7.2m/9pannes)

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
10	 IPE 220	ACIER	79.00	108.97	0.82	203 1.35G+1.5Sn+0.
13	 IPE 220	ACIER	79.00	108.97	0.82	203 1.35G+1.5Sn+0.
22	 IPE 360	ACIER	48.18	71.28	0.84	203 1.35G+1.5Sn+0.

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: 10

POINT: 2

COORDONNEE: $x = 0.17 L = 1.20 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisiif: 203 1.35G+1.5Sn+0.9W 10*1.35+21*1.50+31*0.90

MATERIAU:

ACIER $f_y = 23.50 \text{ daN/mm}^2$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 220

$h=220.0 \text{ mm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=110.0 \text{ mm}$	$A_y=2289.21 \text{ mm}^2$	$A_z=1588.13 \text{ mm}^2$	$A_x=3337.05 \text{ mm}^2$
$tw=5.9 \text{ mm}$	$I_y=27718400.00 \text{ mm}^4$	$I_z=2048860.00 \text{ mm}^4$	$I_x=88600.00 \text{ mm}^4$
$tf=9.2 \text{ mm}$	$W_{ply}=285426.00 \text{ mm}^3$	$W_{plz}=58111.90 \text{ mm}^3$	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 38.02 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 3222.49 \text{ daN}\cdot\text{m}$		
$N_{c,Rd} = 78420.68 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 5148.24 \text{ daN}\cdot\text{m}$		
$N_{b,Rd} = 39221.50 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 6707.51 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 2039.19 \text{ daN}$	
	$M_{N,y,Rd} = 6707.51 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,c,Rd} = 21547.32 \text{ daN}$	
	$M_{b,Rd} = 6290.81 \text{ daN}\cdot\text{m}$		
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

$z = 0.00$	$M_{cr} = 30042.04 \text{ daN}\cdot\text{m}$	Courbe,LT -	$X_{LT} = 0.90$
$L_{cr,upp}=2.70 \text{ m}$	$Lam_{LT} = 0.47$	$f_{i,LT} = 0.65$	$X_{LT,mod} = 0.94$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 7.20 \text{ m}$	$Lam_y = 0.84$
$L_{cr,y} = 7.20 \text{ m}$	$X_y = 0.77$
$Lam_y = 79.00$	$k_{yy} = 1.00$



en z:

$L_z = 2.70 \text{ m}$	$Lam_z = 1.16$
$L_{cr,z} = 2.70 \text{ m}$	$X_z = 0.50$
$Lam_z = 108.97$	$k_{zy} = 0.52$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

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

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.48 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.09 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\Lambda_{\lambda,y} = 79.00 < \Lambda_{\lambda,max} = 210.00 \quad \Lambda_{\lambda,z} = 108.97 < \Lambda_{\lambda,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$










$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.82 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.82 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.43 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Profil correct !!!

➤ Traverse courante (7.2m/7pannes)

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio▲	Cas
30	 IPE 240	ACIER	72.18	89.13	0.62	203 1.35G+1.5Sn+0.
71	 HEA 180	ACIER	10.07	53.09	0.46	203 1.35G+1.5Sn+0.
70	 HEA 180	ACIER	72.50	53.09	0.46	203 1.35G+1.5Sn+0.
50	 IPE 270	ACIER	64.14	79.39	0.46	203 1.35G+1.5Sn+0.
60	 IPE 330	ACIER	52.52	67.64	0.28	203 1.35G+1.5Sn+0.
73	 HEA 180	ACIER	4.03	53.09	0.21	203 1.35G+1.5Sn+0.
76	 HEA 180	ACIER	24.17	53.09	0.19	203 1.35G+1.5Sn+0.
77	 HEA 180	ACIER	48.33	53.09	0.19	203 1.35G+1.5Sn+0.
72	 HEA 180	ACIER	10.07	53.09	0.11	203 1.35G+1.5Sn+0.

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: 30

POINT: 2

COORDONNEE: $x = 0.17 \text{ L} = 1.20 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 203 1.35G+1.5Sn+0.9W 10*1.35+21*1.50+31*0.90

MATERIAU:

ACIER $f_y = 23.50 \text{ daN/mm}^2$



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 240

$h=240.0 \text{ mm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=120.0 \text{ mm}$	$A_y=2731.14 \text{ mm}^2$	$A_z=1914.38 \text{ mm}^2$	$A_x=3911.62 \text{ mm}^2$
$tw=6.2 \text{ mm}$	$I_y=38916300.00 \text{ mm}^4$	$I_z=2836340.00 \text{ mm}^4$	$I_x=116000.00 \text{ mm}^4$
$tf=9.8 \text{ mm}$	$W_{ply}=366679.00 \text{ mm}^3$	$W_{plz}=73926.70 \text{ mm}^3$	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 69.24 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 3158.31 \text{ daN}\cdot\text{m}$		
$N_{c,Rd} = 91923.07 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 4973.00 \text{ daN}\cdot\text{m}$		
$N_{b,Rd} = 57876.18 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 8616.96 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 1982.42 \text{ daN}$	
	$MN_{y,Rd} = 8616.96 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,c,Rd} = 25973.79 \text{ daN}$	
	$M_{b,Rd} = 8101.59 \text{ daN}\cdot\text{m}$		

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

$z = 0.00$	$M_{cr} = 39545.63 \text{ daN}\cdot\text{m}$	Courbe,LT -	$X_{LT} = 0.91$
$L_{cr,upp}=2.40 \text{ m}$	$\lambda_{m_LT} = 0.47$	$f_{i,LT} = 0.65$	$X_{LT,mod} = 0.94$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 7.20 \text{ m}$	$\lambda_{m_y} = 0.77$
$L_{cr,y} = 7.20 \text{ m}$	$X_y = 0.81$
$\lambda_{my} = 72.18$	$k_{yy} = 1.00$



en z:

$L_z = 2.40 \text{ m}$	$\lambda_{m_z} = 0.95$
$L_{cr,z} = 2.40 \text{ m}$	$X_z = 0.63$
$\lambda_{mz} = 89.13$	$k_{zy} = 0.52$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

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

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.37 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{m,y} = 72.18 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 89.13 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$



$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.61 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{c,Rd}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rd}/gM1) = 0.62 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{c,Rd}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rd}/gM1) = 0.32 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Profil correct !!!

➤ Traverse courante (12.6m)

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
20 Traverse cour	 IPE 330	ACIER	91.98	76.10	0.85	203 1.35G+1.5Sn+0.
21	 IPE 360	ACIER	84.32	71.28	0.84	203 1.35G+1.5Sn+0.

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 Traverse courante (12.6m)_20
= 1.65 m

POINT: 2

COORDONNEE: x = 0.17 L

CHARGEMENTS:

Cas de charge déciséf: 203 1.35G+1.5Sn+0.9W 10*1.35+21*1.50+31*0.90

MATERIAU:

ACIER fy = 23.50 daN/mm²



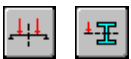
PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 330

h=330.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=160.0 mm	Ay=4228.12 mm ²	Az=3080.87 mm ²	Ax=6260.62 mm ²
tw=7.5 mm	Iy=117669000.00 mm ⁴	Iz=7881430.00 mm ⁴	Ix=257000.00 mm ⁴
tf=11.5 mm	Wply=804399.00 mm ³	Wplz=153683.00 mm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 125.90 daN	My,Ed = 7541.79 daN*m	
Nc,Rd = 147124.57 daN	My,Ed,max = 13575.21 daN*m	
Nb,Rd = 100038.49 daN	My,c,Rd = 18903.38 daN*m	Vz,Ed = 3654.71 daN
	MN,y,Rd = 18903.38 daN*m	Vz,c,Rd = 41800.42 daN
	Mb,Rd = 16095.41 daN*m	

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 0.00	Mcr = 46990.54 daN*m	Courbe,LT -	XLT = 0.83
Lcr,upp=2.70 m	Lam_LT = 0.63	fi,LT = 0.77	XLT,mod = 0.85

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 12.61 m	Lam_y = 0.98
Lcr,y = 12.61 m	Xy = 0.68
Lamy = 91.98	kyy = 1.00



en z:

Lz = 2.70 m	Lam_z = 0.81
Lcr,z = 2.70 m	Xz = 0.72
Lamz = 76.10	kzy = 0.52

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:







N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/My,c,Rd = 0.40 < 1.00 (6.2.5.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.09 < 1.00 (6.2.6.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 91.98 < Lambda,max = 210.00	Lambda,z = 76.10 < Lambda,max = 210.00	STABLE
My,Ed,max/Mb,Rd = 0.84 < 1.00 (6.3.2.1.(1))		
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.85 < 1.00 (6.3.3.(4))		
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) = 0.44 < 1.00 (6.3.3.(4))		

Profil correct !!!

➤ Traverse courante (9m)

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio▲	Cas
52 Traverse cour	 IPE 270	ACIER	80.17	79.39	0.93	203 1.35G+1.5Sn+0.
32 Traverse cour	 IPE 270	ACIER	80.17	79.39	0.93	203 1.35G+1.5Sn+0.
31	 IPE 240	ACIER	90.23	89.13	0.56	203 1.35G+1.5Sn+0.
62 Traverse cour	 IPE 330	ACIER	65.65	67.64	0.55	203 1.35G+1.5Sn+0.
51	 IPE 270	ACIER	80.17	79.39	0.42	203 1.35G+1.5Sn+0.
61	 IPE 330	ACIER	65.65	67.64	0.25	203 1.35G+1.5Sn+0.

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: 52 Traverse courante (9m)_52 **POINT:** 6

COORDONNEE: x = 0.83 L = 6.75 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 203 1.35G+1.5Sn+0.9W 10*1.35+21*1.50+31*0.90

MATERIAU:

ACIER fy = 23.50 daN/mm²



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 270

h=270.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=135.0 mm	Ay=3145.14 mm ²	Az=2213.82 mm ²	Ax=4594.50 mm ²
tw=6.6 mm	Iy=57897800.00 mm ⁴	Iz=4198690.00 mm ⁴	Ix=149300.00 mm ⁴
tf=10.2 mm	Wply=484035.00 mm ³	Wplz=96953.00 mm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = 100.79 daN	My _{Ed} = 4969.64 daN*m	
N _{c,Rd} = 107970.75 daN	My _{Ed,max} = 8945.36 daN*m	
N _{b,Rd} = 75155.67 daN	My _{c,Rd} = 11374.82 daN*m	Vz _{Ed} = -2943.46 daN
	MN _{y,Rd} = 11374.82 daN*m	Vz _{c,Rd} = 30036.51 daN
	Mb _{Rd} = 9600.97 daN*m	

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 0.00	Mcr = 26844.01 daN*m	Courbe,LT -	XLT = 0.82
Lcr,upp=2.40 m	Lam_LT = 0.65	fi,LT = 0.78	XLT,mod = 0.84

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 9.00 m	Lam_y = 0.85
Lcr,y = 9.00 m	Xy = 0.76
Lamy = 80.17	kyy = 1.00



en z:

Lz = 2.40 m	Lam_z = 0.85
Lcr,z = 2.40 m	Xz = 0.70
Lamz = 79.39	kzy = 0.52

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

N _{Ed} /N _{c,Rd} = 0.00 < 1.00 (6.2.4.(1))
My _{Ed} /My _{c,Rd} = 0.44 < 1.00 (6.2.5.(1))
Vz _{Ed} /Vz _{c,Rd} = 0.10 < 1.00 (6.2.6.(1))

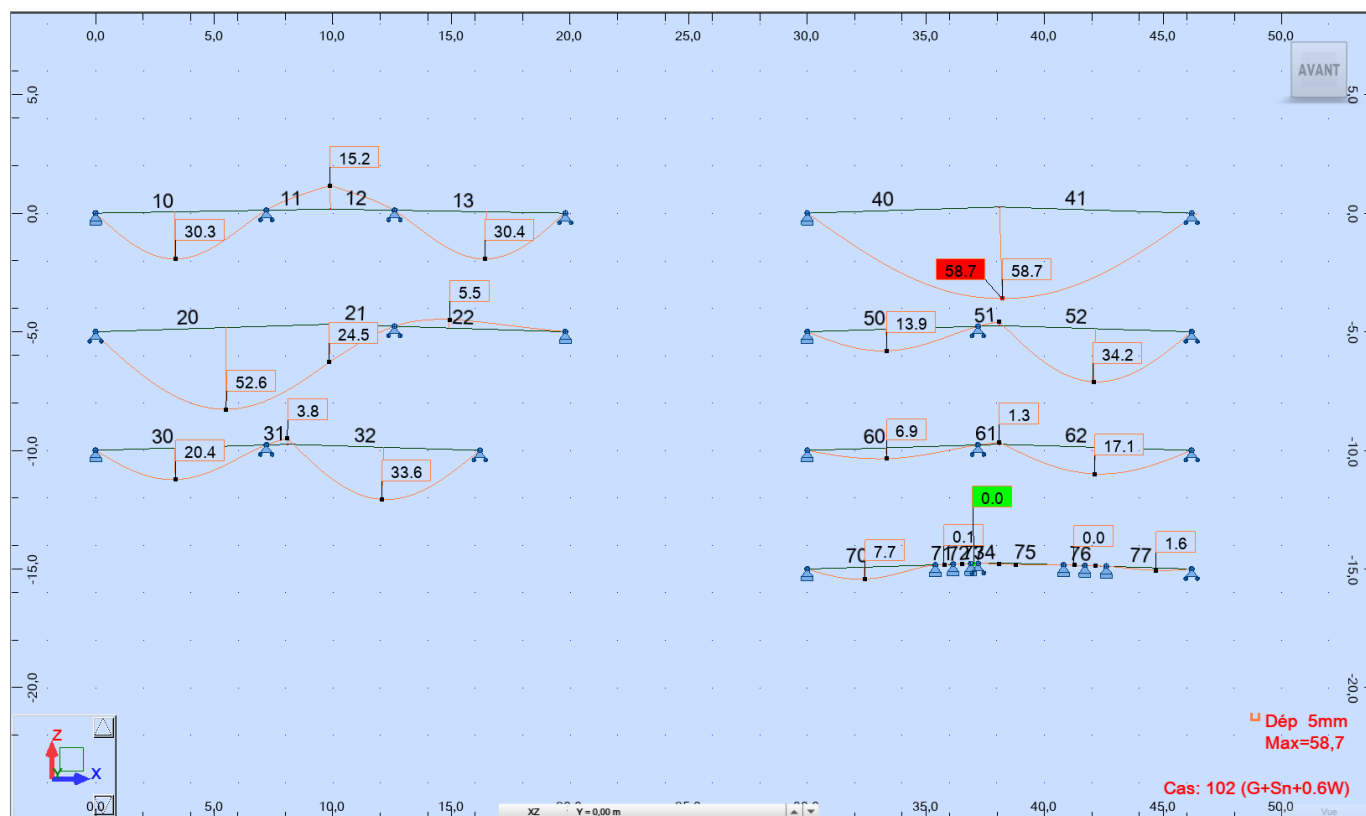
Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda _y = 80.17 < Lambda _{max} = 210.00	Lambda _z = 79.39 < Lambda _{max} = 210.00	STABLE
My _{Ed,max} /Mb _{Rd} = 0.93 < 1.00 (6.3.2.1.(1))		
N _{Ed} /(Xy*N _{Rk} /gM1) + kyy*My _{Ed,max} /(XLT*My _{Rk} /gM1) = 0.93 < 1.00 (6.3.3.(4))		
N _{Ed} /(Xz*N _{Rk} /gM1) + kzy*My _{Ed,max} /(XLT*My _{Rk} /gM1) = 0.49 < 1.00 (6.3.3.(4))		

Profil correct !!!

4.3.3 Résultat ELS

➤ Vue des déformées globales



➤ Tableau de résultats

Portiques	Flèche	Flèche max	
10A13	30,4	36	OK
20A22	52,6	63,05	OK
30A32	33,6	40,5	OK
40A41	58,7	81	OK
50A52	34,2	40,5	OK
60A62	17,1	40,5	OK
70A77	7,7	27	OK

L'ensemble des portiques des barrettes 1 à 7 sont validés au scénario 1. Ainsi, l'ensemble des scénarii sont vérifiés.

5. ETUDE DES PORTIQUES – BARRE CENTRALE

5.1 Détermination du cas critique

5.1.1 Analyse primaire

Etant donné les nombreuses variations de typologies de portiques selon les files étudiées, il est intéressant de chercher à vérifier uniquement la file critique et non la totalité des files. Les constats suivants permettent de simplifier l'analyse :

- Les poteaux sont tous de la même section HEA240 (E36), la variation de section ne concerne donc que les traverses
- Pour une même section de traverse, les files de portiques (portée 16200mm de poteau à poteau) ont toujours des contraintes plus importantes que les files tronquées (dont une extrémité de traverse repose sur un mur béton).

On peut donc déjà retenir une file par section de traverse, à laquelle on associe la bande de charge maximum pour ladite section :

N° file	Section	Portée	BdC max
4	IPE360	16200	3787,5
25	HEA340	16200	8100
11	HEA320	16200	9450
15	HEA300	16200	9365,75
5	HEA280	16200	7387,5
8b	HEA240	16200	4285
23b	HEA200	10450	1520
14a	HEB280	16200	4500

Nota : les files dont la traverse est en HEA200 sont les seules à ne jamais être de typologie portique, cette file tronquée sera donc nécessairement analysée puisque de géométrie différente.

5.1.2 Analyse ELU

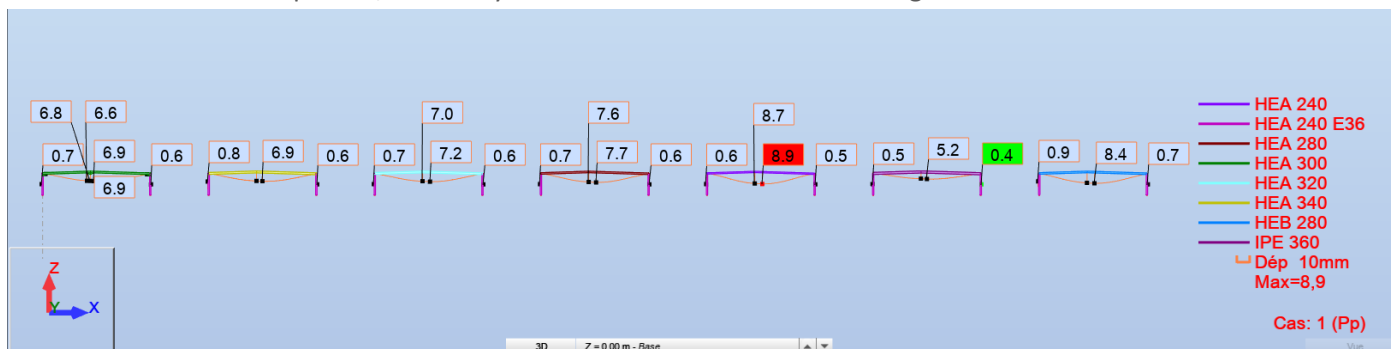
En considérant le moment comme proportionnel à la bande de charge de chaque file, on peut comparer chacune des files en faisant un rapport $BdC/W_{pl,y}$:

N° file	Section	Portée	BdC max	$W_{pl,y}$	$BdC/W_{pl,y}$
4	IPE360	16200	3787,5	1019,1	3,72
25	HEA340	16200	8100	1850,5	4,38
11	HEA320	16200	9450	1628,1	5,80
15	HEA300	16200	9365,75	1383,3	6,77
5	HEA280	16200	7387,5	1112,2	6,64
8b	HEA240	16200	4285	744,6	5,75
23b	HEA200	10450	1520		
14a	HEB280	16200	4500	1534,4	2,93

Ainsi on a mis en évidence que la file de portique critique est la file 15, dont la traverse est en HEA300

5.1.3 Analyse ELS

Pour trouver le cas critique ELS, une analyse des flèches sous un cas de chargement fictif a été effectuée.



En considérant la charge comme proportionnelle à la bande de charge, on peut comparer chacune des files avec le rapport $BdC \cdot F(\text{cas fictif})$:

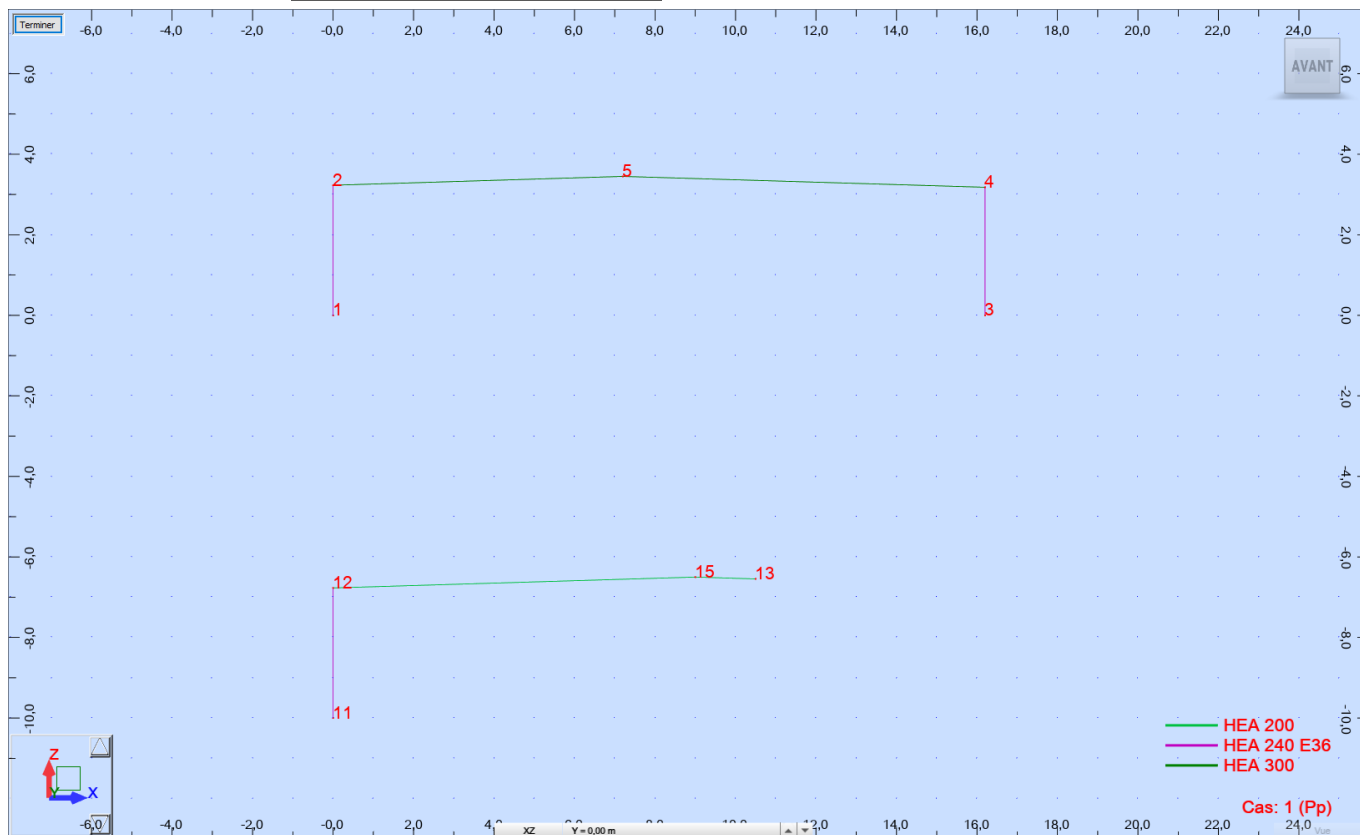
N° file	Section	Portée	BdC max	f fictif	ratio bdc
4	IPE360	16200	3787,5	92,3	350
25	HEA340	16200	8100	66,8	541
11	HEA320	16200	9450	74,8	707
15	HEA300	16200	9365,75	86	805
5	HEA280	16200	7387,5	103,1	762
8b	HEA240	16200	4285	150,3	644
23b	HEA200	10450	1520		
14a	HEB280	16200	4500	83,1	374

Ainsi on a mis en évidence que le cas critique ELS est le même que le cas critique ELU, soit la file 15.

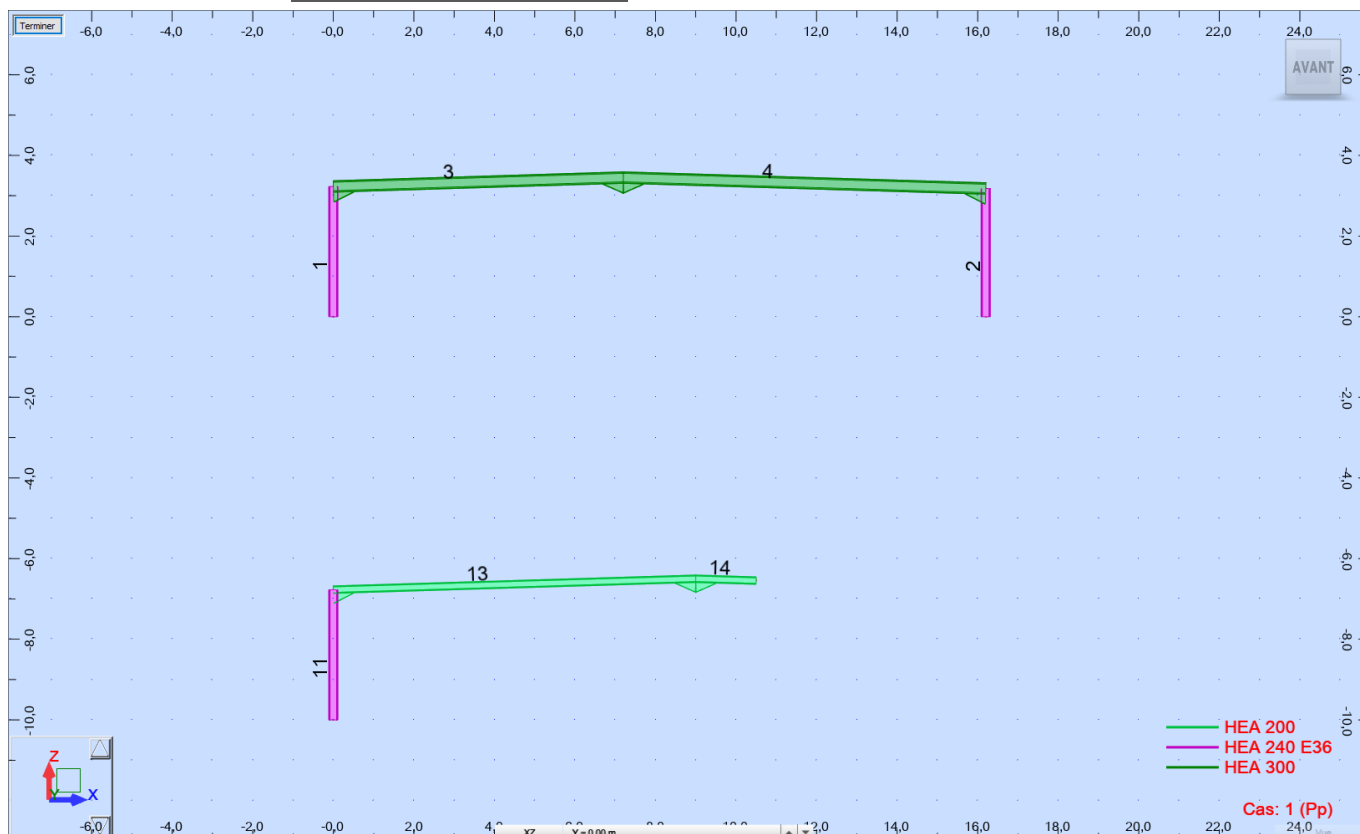
On a donc repéré 2 files critiques, la file 15 en portique et la file 23b (portique tronqué).

5.2 Vues du modèle

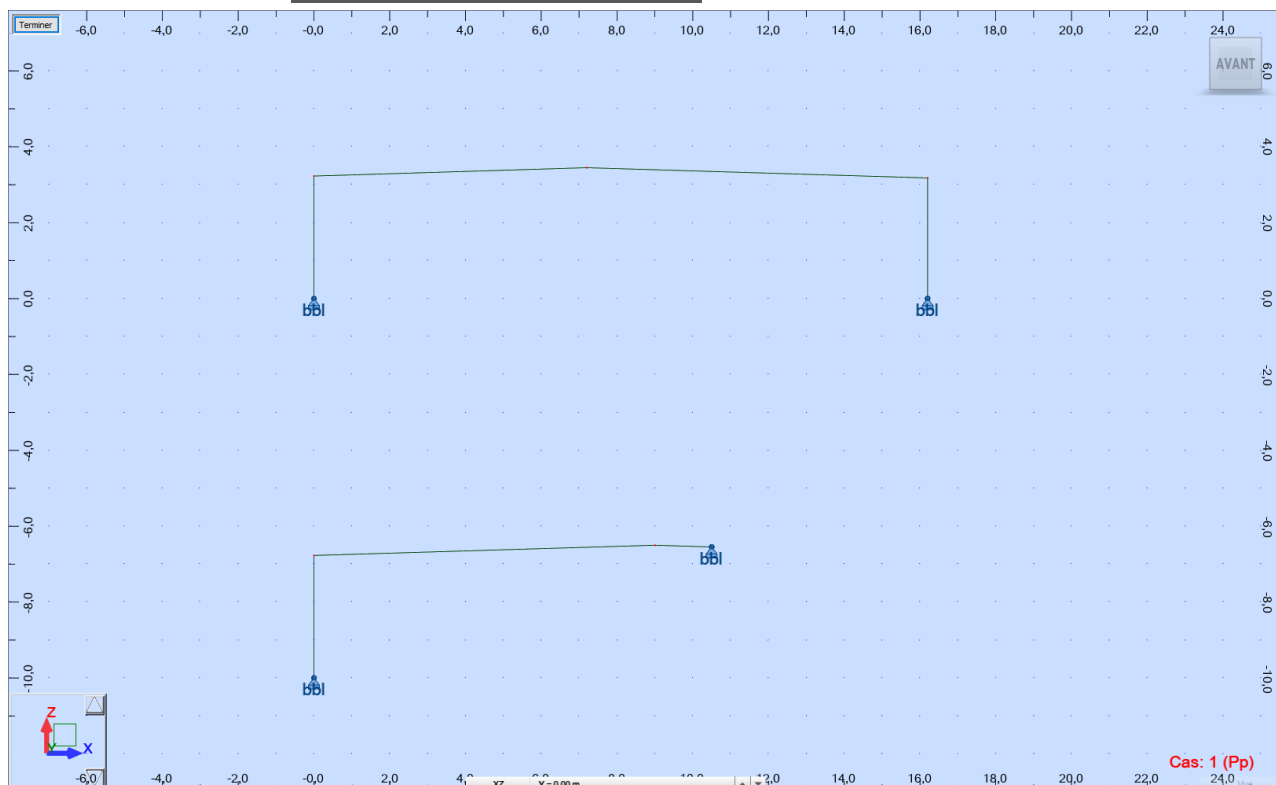
5.2.1 Géométrie et vue des nœuds



5.2.2 Vue des barres et sections



5.2.3 Vue des relâchements et appuis



Nota : il n'y a pas de relâchement de barre

5.3 Chargements

5.3.1 Cas de charges

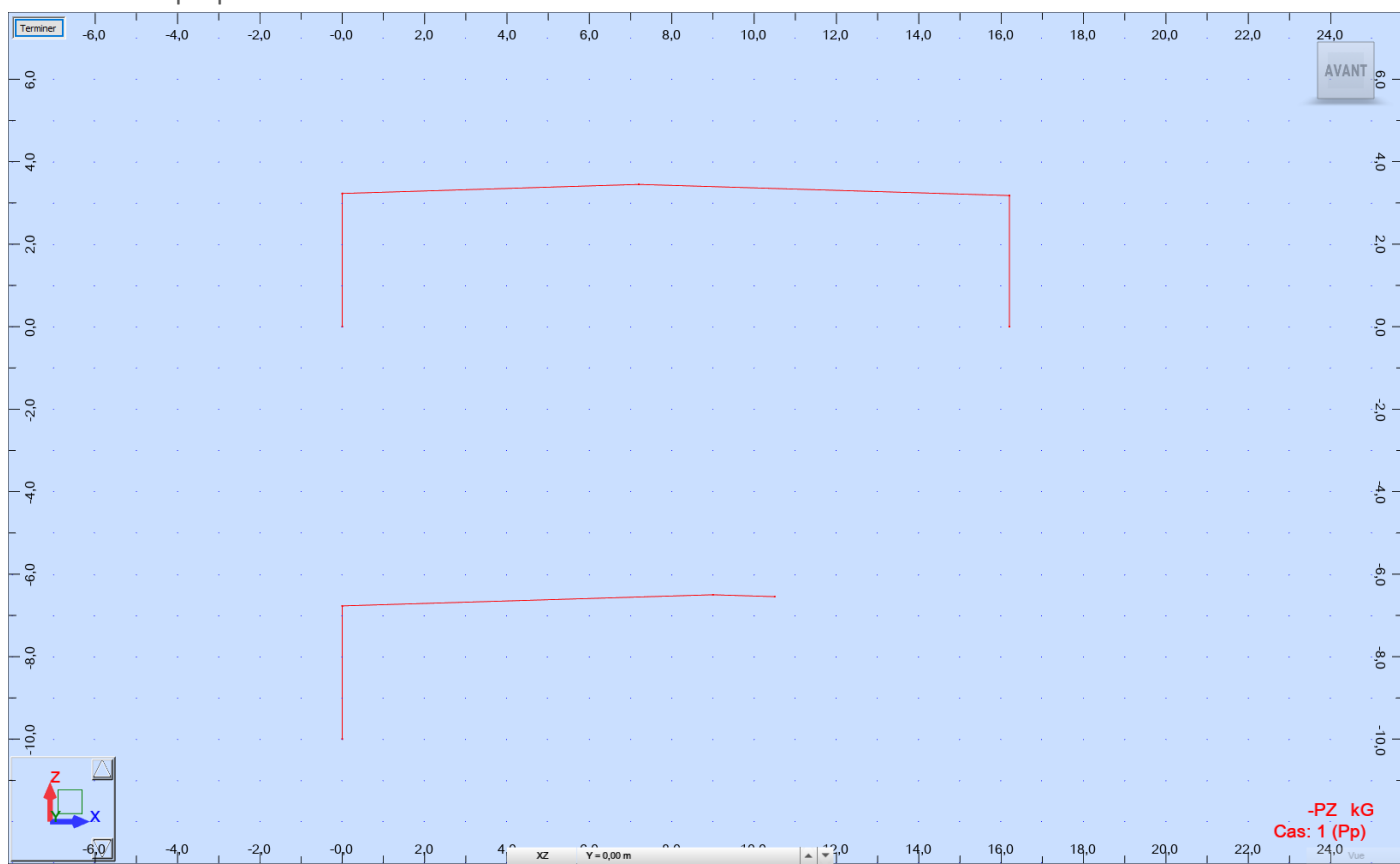
Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
1	Pp	Pp	Structurale	Statique linéaire
2	G pan	Pannes floquées	Structurale	Statique linéaire
3	G flo	Flocage	Structurale	Statique linéaire
4	G div	Faux-plafond isolés + divers	Structurale	Statique linéaire
5	G pro	Couverture projetée	Structurale	Statique linéaire
9	FICTIF	FICTIF - détection portique critique	Structurale	Statique linéaire
10		G global	Structurale	Combinaison linéaire
21	Sn	Neige normale	neige	Statique linéaire
22	Sacc	Neige accumulée	neige	Statique linéaire
31	Wtr	Vent transversal	vent	Statique linéaire
32	Wlg	Vent longitudinal	vent	Statique linéaire

5.3.2 Combinaisons de charges

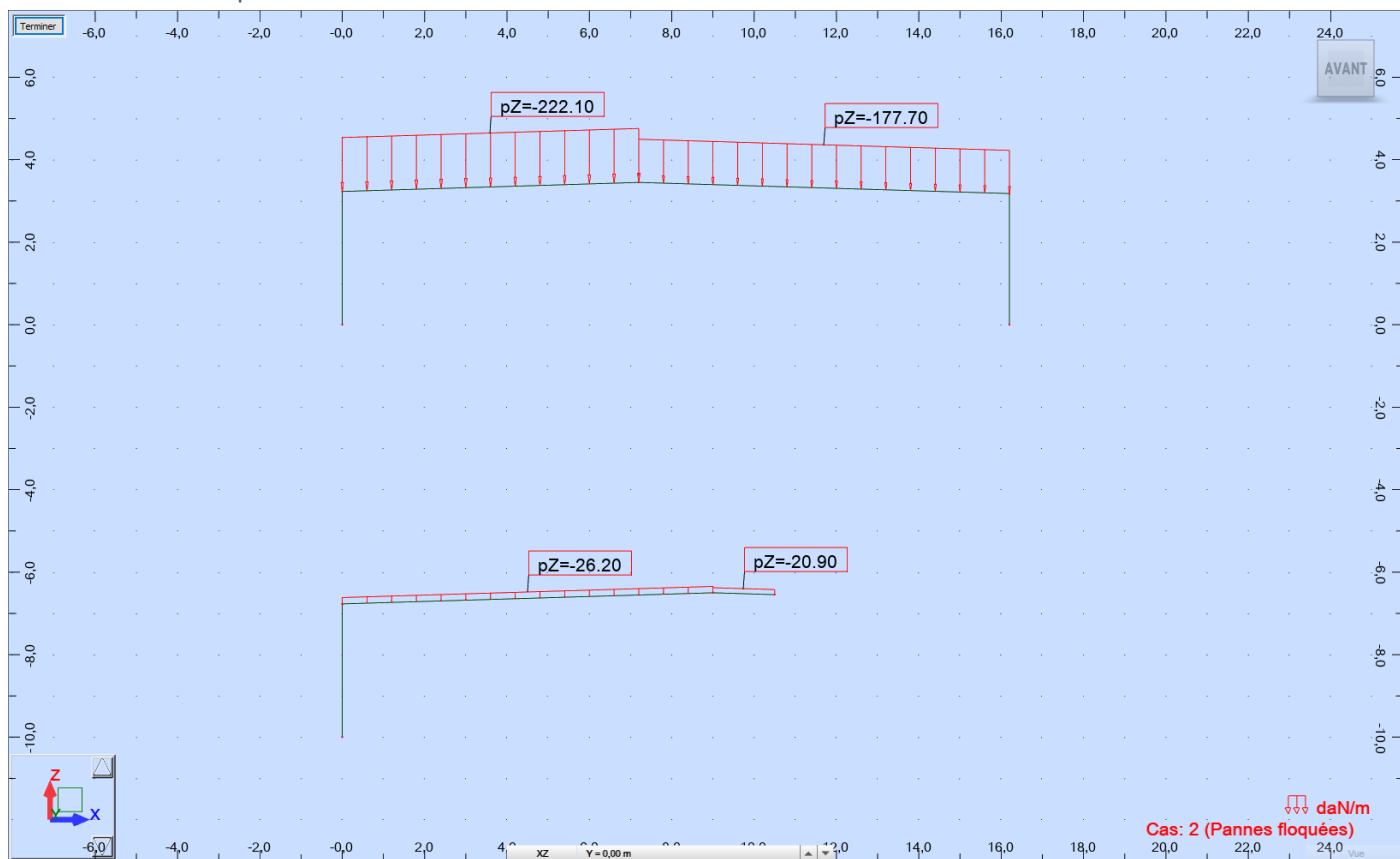
Combinaison	Nom	Type d'analyse	Type de la	Nature du cas	Définition
10 (C)	G global	Combinaison lin	ELS	Structurale	$(1+2+3+4+5)*1.00$
101 (C)	G + Sn	Combinaison lin	ELS	Structurale	$(10+21)*1.00$
102 (C)	G + Sacc	Combinaison lin	ELS	permanente	$(10+21+22)*1.00$
103 (C)	G + Wtr	Combinaison lin	ELS	permanente	$(10+31)*1.00$
104 (C)	G + Wlg	Combinaison lin	ELS	permanente	$(10+32)*1.00$
105 (C)	G + Sacc + 0,6Wtr	Combinaison lin	ELS	permanente	$(10+21+22)*1.00+31*0.60$
106 (C)	G + Sacc + 0,6Wlg	Combinaison lin	ELS	permanente	$(10+21+22)*1.00+32*0.60$
201 (C)	1,35G + 1,5Sn	Combinaison lin	ELU	Structurale	$10*1.35+21*1.50$
202 (C)	1,35G + 1,5Sacc	Combinaison lin	ELU	Structurale	$10*1.35+(21+22)*1.50$
203 (C)	1,35G + 1,5Wtr	Combinaison lin	ELU	Structurale	$10*1.35+31*1.50$
204 (C)	1,35G + 1,5Wlg	Combinaison lin	ELU	Structurale	$10*1.35+32*1.50$
205 (C)	1,35G + 1,5Sacc + 0,9Wtr	Combinaison lin	ELU	Structurale	$10*1.35+(21+22)*1.50+31*0.90$
206 (C)	1,35G + 1,5Sacc + 0,9Wlg	Combinaison lin	ELU	Structurale	$10*1.35+(21+22)*1.50+32*0.90$

5.3.3 Vues des chargements

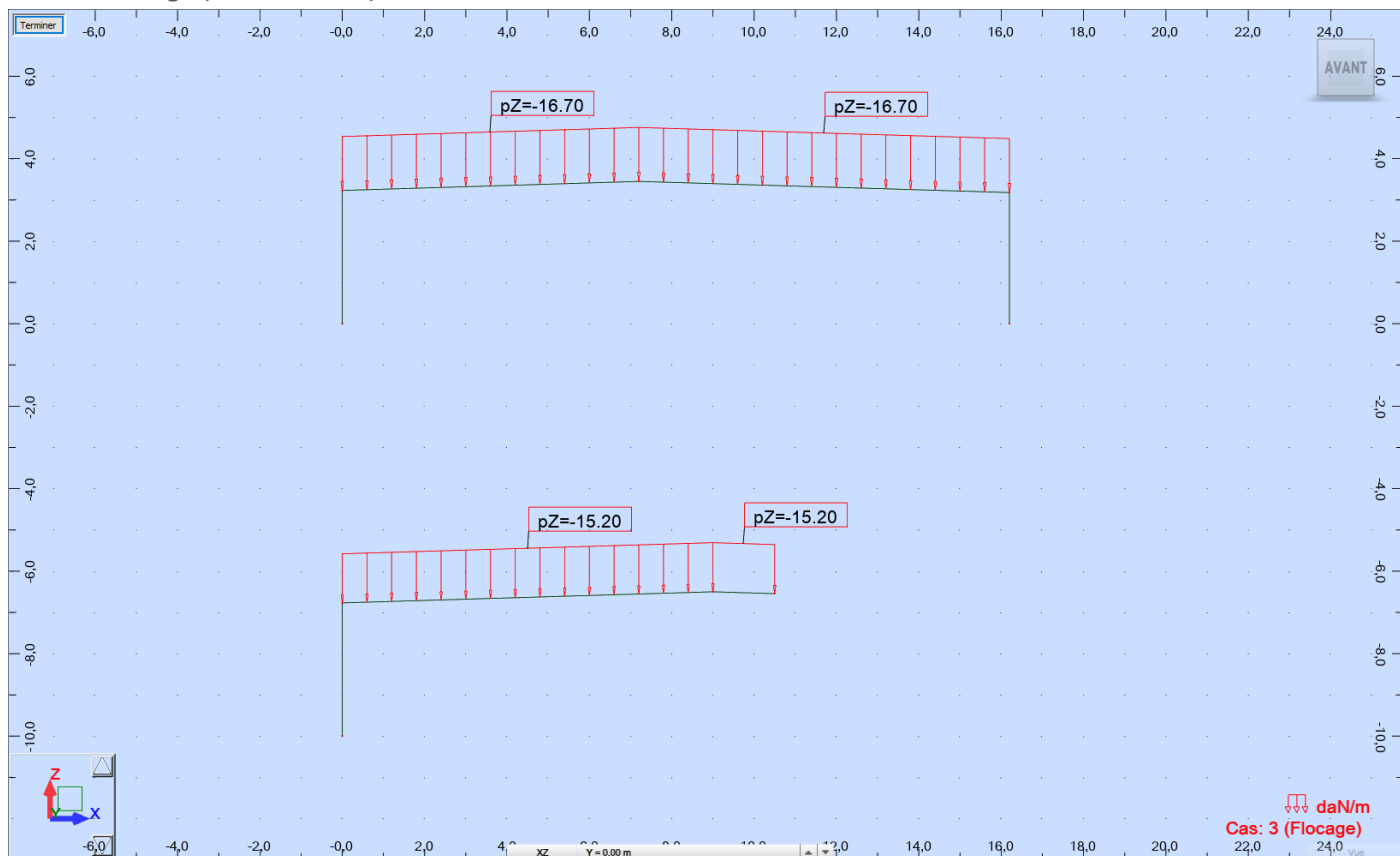
➤ Poids propre



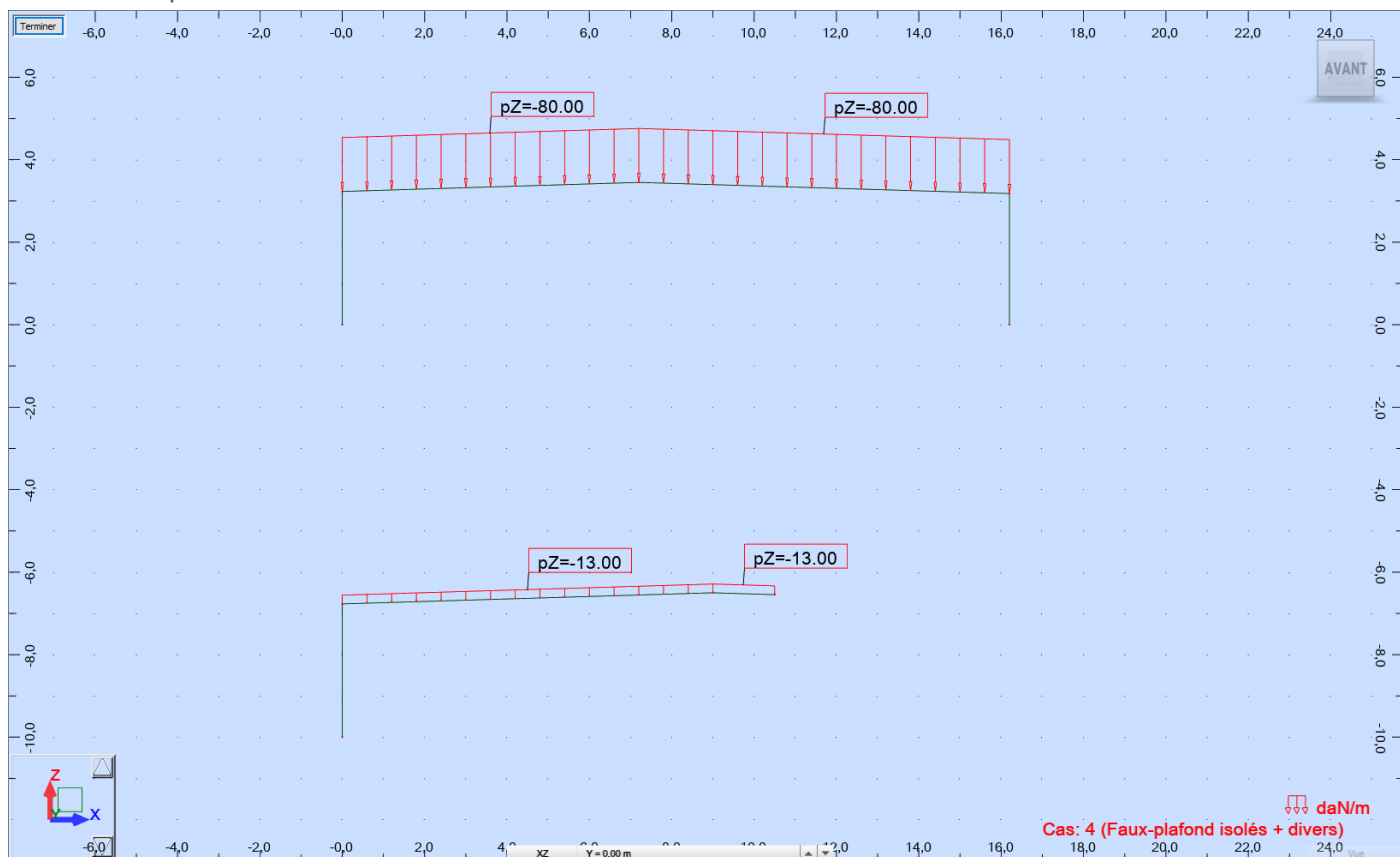
➤ Pannes floquées



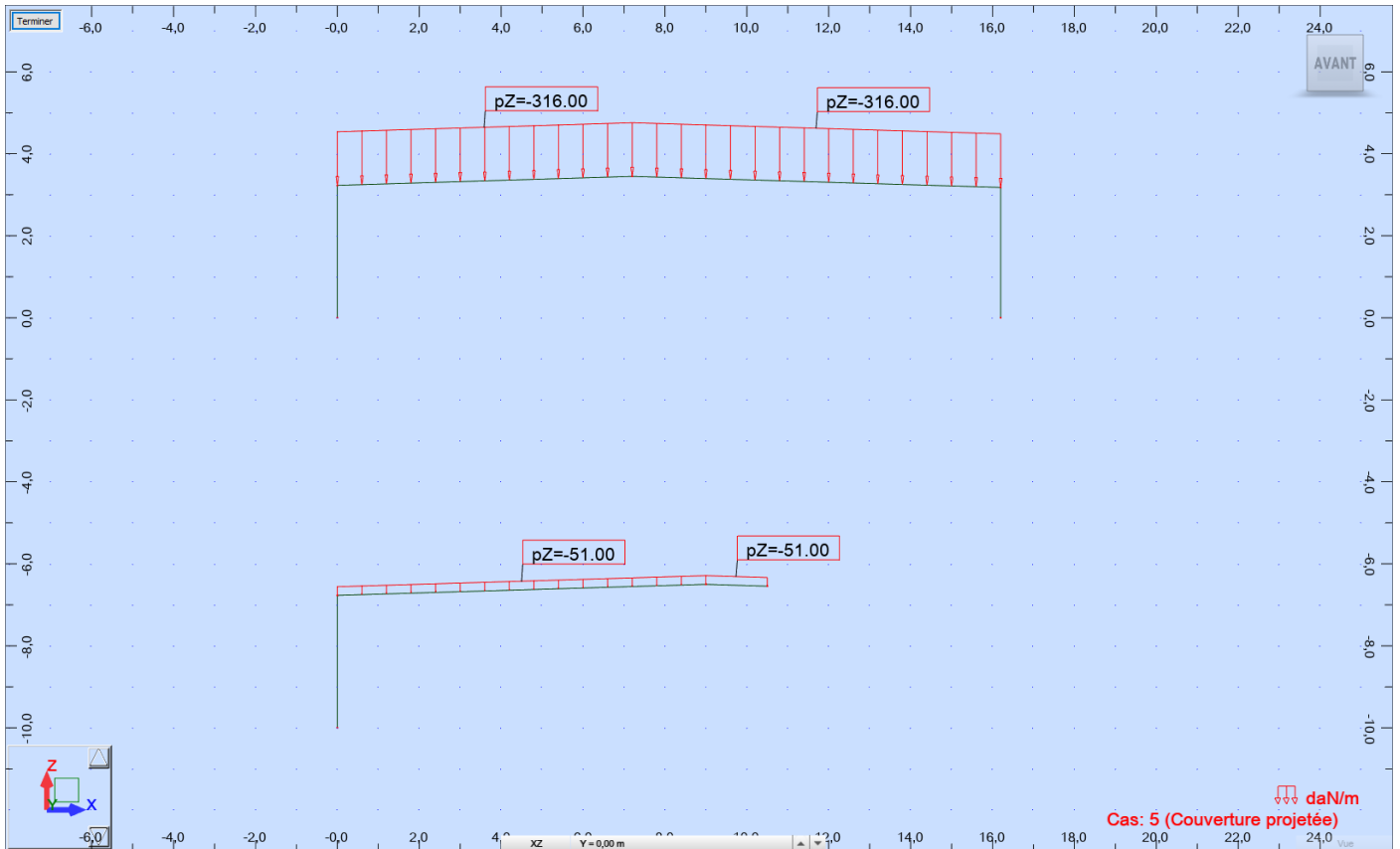
➤ Flocage (des traverses)



➤ Faux-plafond isolés + divers

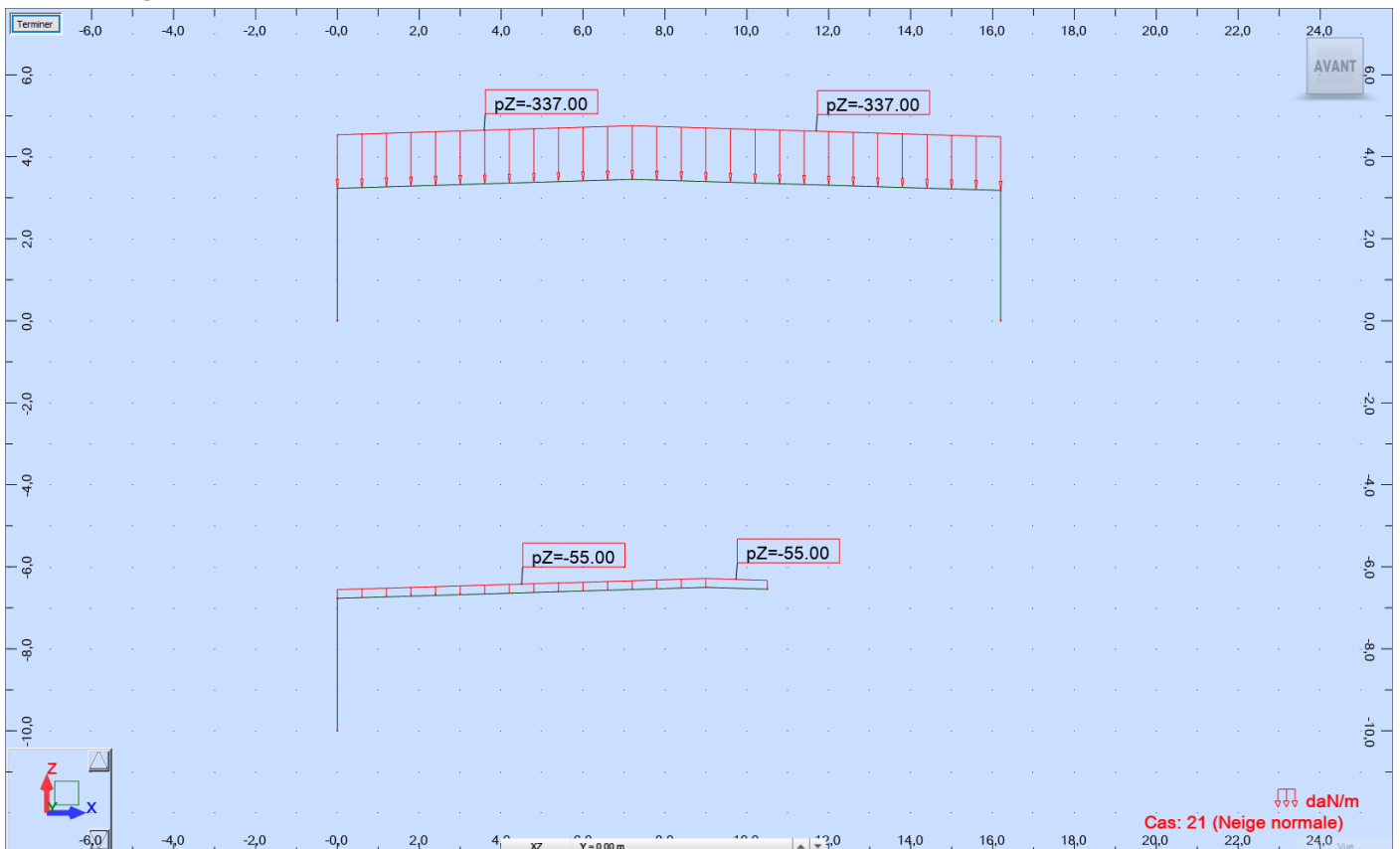


➤ Couverture (projet)

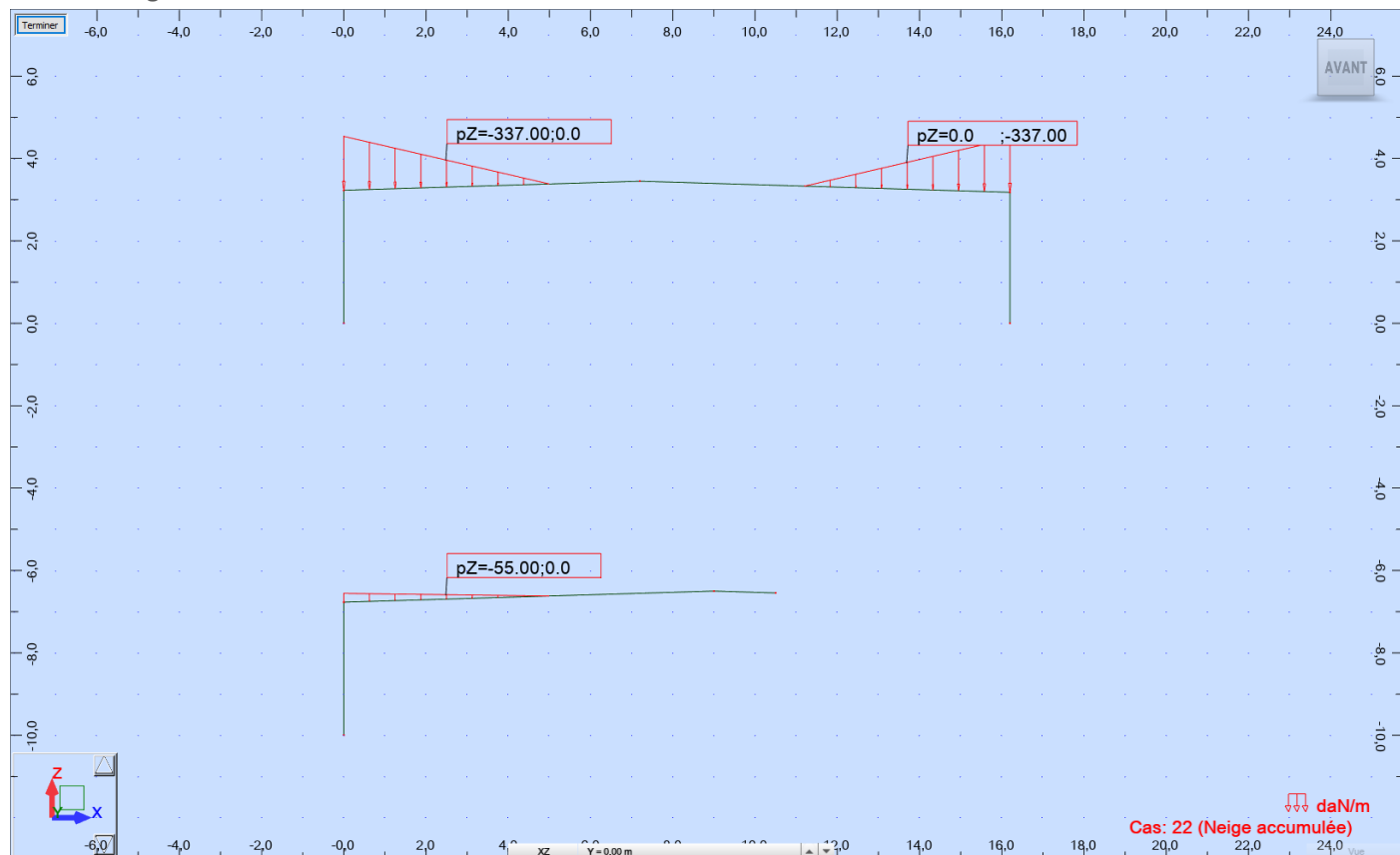


Nota : la charge de couverture ici retenue est celle du scénario 3b

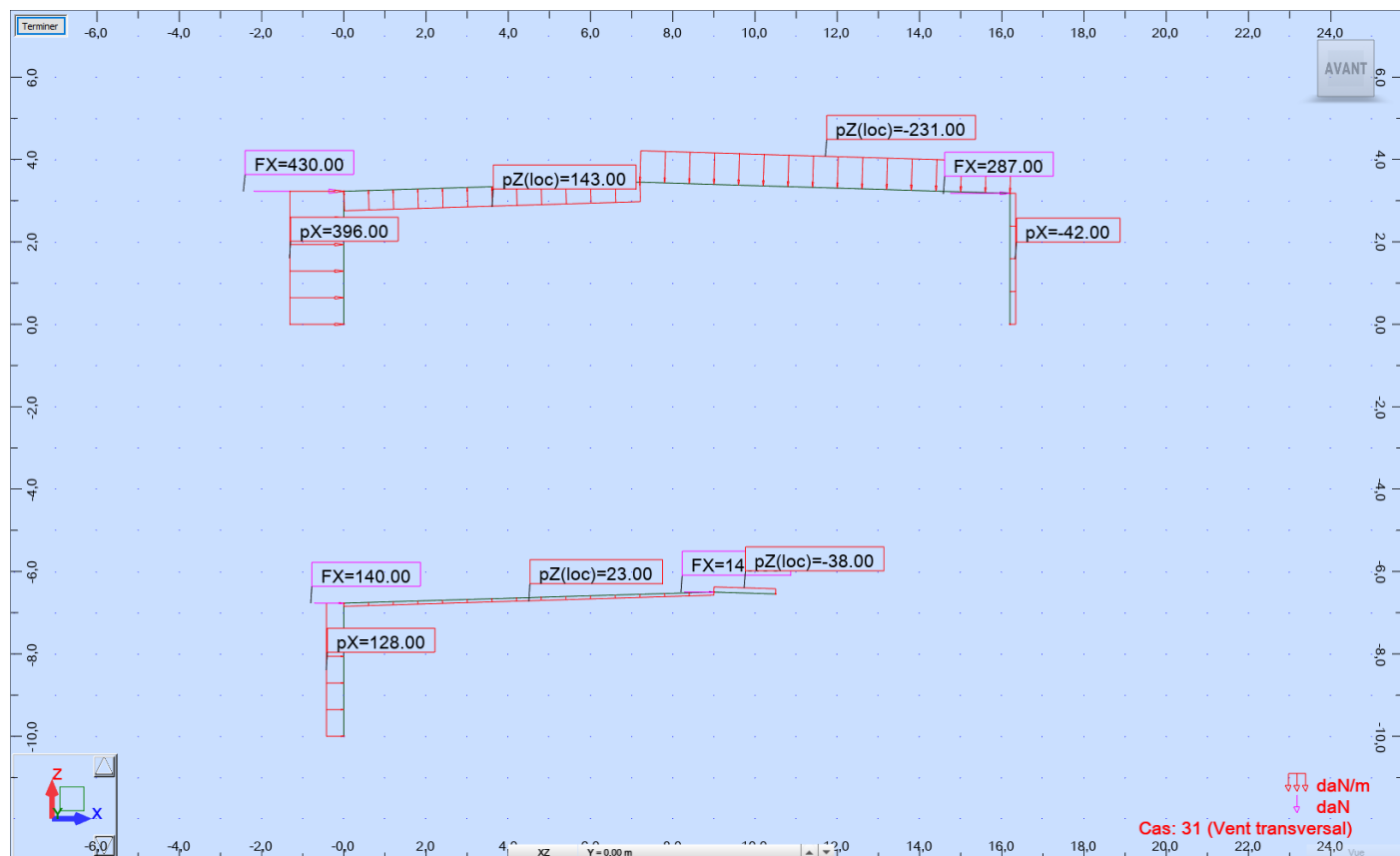
➤ Neige normale



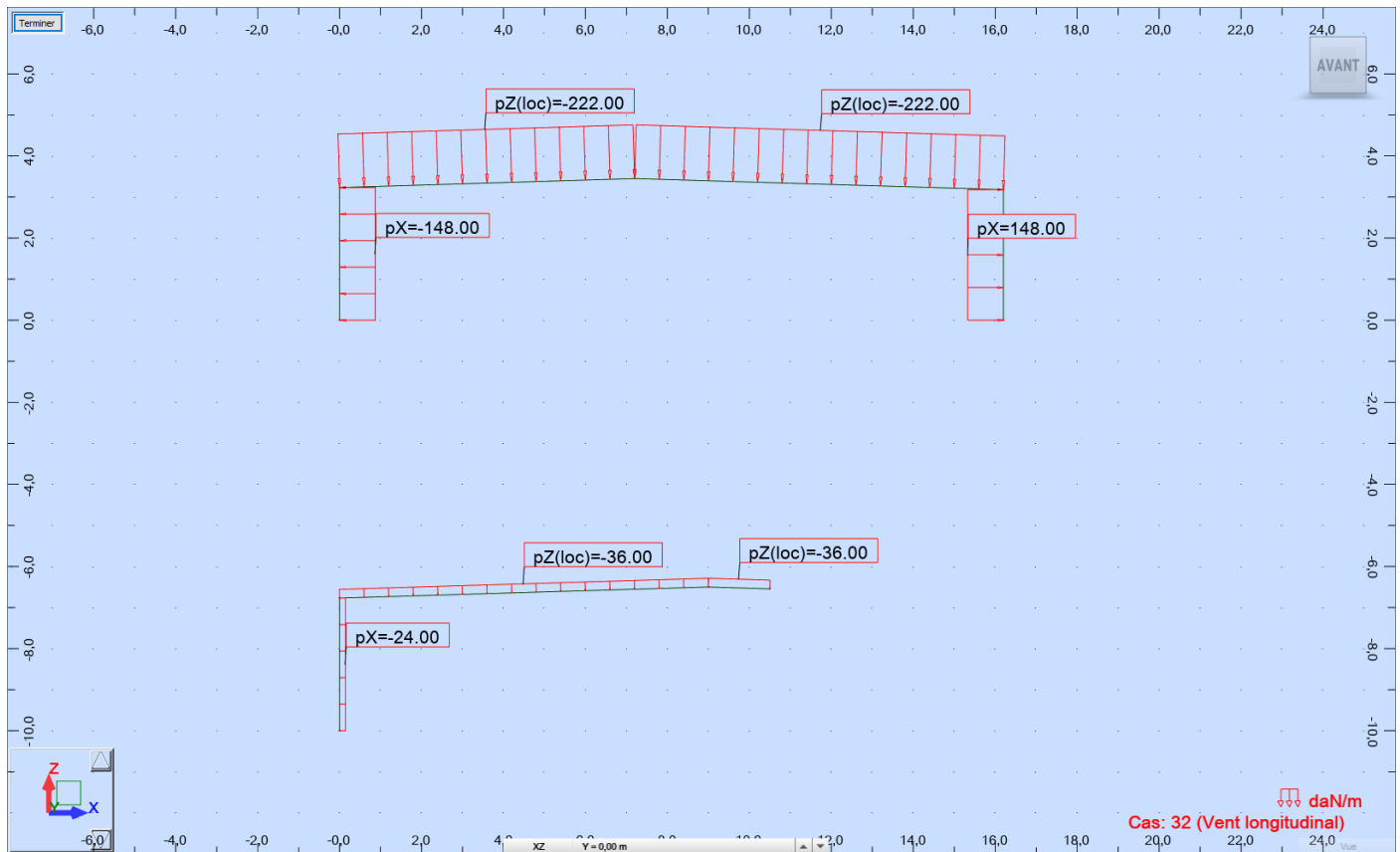
➤ Neige accumulée contre acrotère



➤ Vent transversal

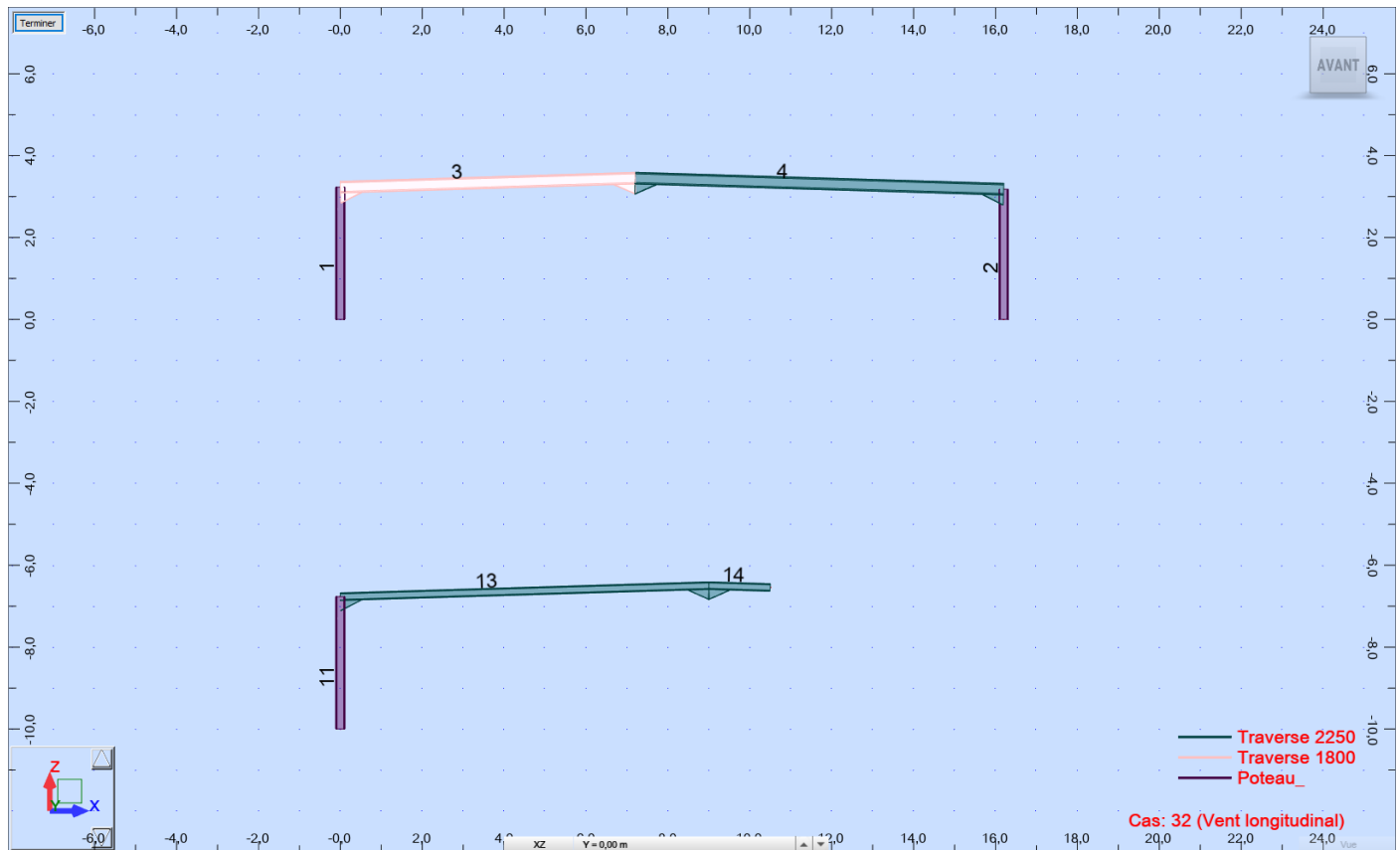


➤ Vent longitudinal



5.4 Vérification des barres

5.4.1 Vue des types de barres



5.4.2 Résultats ELU

➤ Poteau

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
1 Poteau__1	HEA 240 E36	ACIER E36	64.27	53.81	1.08	206 1,35G + 1,5Sac
2 Poteau__2	HEA 240 E36	ACIER E36	63.27	52.98	1.07	206 1,35G + 1,5Sac
11 Poteau__11	HEA 240 E36	ACIER E36	64.27	53.81	0.16	206 1,35G + 1,5Sac

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: 1 Poteau__1

POINT: 7

COORDONNEE: x = 1.00 L = 3.23 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 206 1,35G + 1,5Sacc + 0,9Wlg 10*1.35+(21+22)*1.50+32*0.90

MATERIAU:

ACIER E36 fy = 355.00 MPa



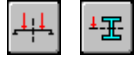
PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 240 E36

h=230.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=240.0 mm	Ay=6454.00 mm ²	Az=2518.00 mm ²	Ax=7684.00 mm ²
tw=7.5 mm	Iy=77631800.00 mm ⁴	Iz=27688100.00 mm ⁴	Ix=417400.00 mm ⁴
tf=12.0 mm	Wply=744620.00 mm ³	Wplz=351690.00 mm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 14729.54 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = -28663.11 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{c,Rd} = 272782.00 \text{ daN}$ $M_{y,Ed,max} = -28663.11 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{b,Rd} = 190608.86 \text{ daN}$ $M_{y,c,Rd} = 26434.01 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = -8658.91 \text{ daN}$
 $M_{N,y,Rd} = 26434.01 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,c,Rd} = 51608.76 \text{ daN}$
 $M_{b,Rd} = 26434.01 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 2



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

$z = 0.00$ $M_{cr} = 129485.94 \text{ daN}\cdot\text{m}$ Courbe,LT - $XLT = 0.94$
 $L_{cr,low} = 3.23 \text{ m}$ $Lam_{LT} = 0.45$ $\phi_{LT} = 0.63$ $XLT_{mod} = 1.00$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 3.23 \text{ m}$ $Lam_y = 0.84$
 $L_{cr,y} = 6.46 \text{ m}$ $X_y = 0.70$
 $Lam_y = 64.27$ $k_{yy} = 0.80$



en z:

$L_z = 3.23 \text{ m}$ $Lam_z = 0.70$
 $L_{cr,z} = 3.23 \text{ m}$ $X_z = 0.72$
 $Lam_z = 53.81$ $k_{zy} = 0.42$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 1.08 > 1.00$ (6.2.5.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.17 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\lambda_{y} = 64.27 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 53.81 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABLE
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 1.08 > 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.95 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.53 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Profil admissible

➤ Traverse 2250

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
4 Traverse 2250	HEA 300	ACIER	122.18	29.98	0.86	206 1,35G + 1,5Sac
13 Traverse 225	HEA 200	ACIER	181.79	45.20	0.35	206 1,35G + 1,5Sac
14	HEA 200	ACIER	163.71	45.24	0.14	206 1,35G + 1,5Sac

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: 4 Traverse 2250_4

POINT: 7

COORDONNEE: x = 0.06 L = 0.50 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 206 1,35G + 1,5Sacc + 0,9Wlg 10*1.35+(21+22)*1.50+32*0.90

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 300

$h = 290.0 \text{ mm}$ $gM0 = 1.00$ $gM1 = 1.00$
 $b = 300.0 \text{ mm}$ $A_y = 8400.00 \text{ mm}^2$ $A_z = 2227.00 \text{ mm}^2$ $A_x = 15334.00 \text{ mm}^2$
 $t_w = 8.5 \text{ mm}$ $I_y = 239736155.76 \text{ mm}^4$ $I_z = 94594883.52 \text{ mm}^4$ $I_x = 1122029.69 \text{ mm}^4$
 $t_f = 14.0 \text{ mm}$ $W_{ely} = 1319207.51 \text{ mm}^3$ $W_{elz} = 630632.56 \text{ mm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 8679.36 \text{ daN}$ $M_{y,Ed} = 25534.70 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{c,Rd} = 360349.00 \text{ daN}$ $M_{y,el,Rd} = 31001.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$
 $N_{b,Rd} = 153661.74 \text{ daN}$ $M_{y,c,Rd} = 31001.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = 814.27 \text{ daN}$

$M_{b,Rd} = 31001.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$

$V_{z,c,Rd} = 30215.34 \text{ daN}$

Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

$z = 0.00$

$M_{cr} = 1100534.96 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Courbe,LT - d

$X_{LT} = 1.00$

$L_{cr,upp} = 2.25 \text{ m}$

$\lambda_{m,LT} = 0.17$

$\phi_{i,LT} = 0.50$

$X_{LT,mod} = 1.00$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 16.20 \text{ m}$

$\lambda_{m,y} = 1.30$

$L_{cr,y} = 16.20 \text{ m}$

$\chi_y = 0.43$

$\lambda_{my} = 122.18$

$\chi_{yy} = 0.98$



en z:

$L_z = 2.25 \text{ m}$

$\lambda_{m,z} = 0.32$

$L_{cr,z} = 2.25 \text{ m}$

$\chi_z = 0.94$

$\lambda_{mz} = 29.98$

$\chi_{zy} = 1.01$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.82 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$

$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.85 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$

$\sqrt{(\sigma_{x,Ed}/\sigma_{y,Rd})^2 + 3(\tau_{x,Ed}/\tau_{x,Rd})^2}/(\phi_y/\phi_{M0}) = 0.78 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\lambda_{m,y} = 122.18 < \lambda_{m,max} = 210.00$

$\lambda_{m,z} = 29.98 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$


$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.82 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$

$N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\phi_{M1}) + \chi_{yy} M_{y,Ed}/(X_{LT} M_{y,Rk}/\phi_{M1}) = 0.86 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

$N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\phi_{M1}) + \chi_{zy} M_{y,Ed}/(X_{LT} M_{y,Rk}/\phi_{M1}) = 0.86 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

Profil correct !!!

➤ Traverse 1800

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
3 Traverse 1800	 HEA 300	ACIER	121.09	23.97	0.82	206 1,35G + 1,5Sac

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: 3 Traverse 1800_3

POINT: 1

COORDONNEE: $x = 0.93 L = 6.70 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 206 1,35G + 1,5Sacc + 0,9Wlg $10 \cdot 1.35 + (21+22) \cdot 1.50 + 32 \cdot 0.90$

MATERIAU:

ACIER $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 300

$h = 290.0 \text{ mm}$

$g_{M0} = 1.00$

$g_{M1} = 1.00$

$b = 300.0 \text{ mm}$

$A_y = 8400.00 \text{ mm}^2$

$A_z = 2227.00 \text{ mm}^2$

$A_x = 15334.00 \text{ mm}^2$

$t_w = 8.5 \text{ mm}$

$I_y = 239736156.20 \text{ mm}^4$

$I_z = 94594883.52 \text{ mm}^4$

$I_x = 1122029.69 \text{ mm}^4$

$t_f = 14.0 \text{ mm}$

$W_{ely} = 1319207.51 \text{ mm}^3$

$W_{elz} = 630632.56 \text{ mm}^3$

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 8763.17 \text{ daN}$

$M_{y,Ed} = 24164.72 \text{ daN}\cdot\text{m}$

$N_{c,Rd} = 360349.00 \text{ daN}$

$M_{y,el,Rd} = 31001.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$

$N_{b,Rd} = 155688.28 \text{ daN}$

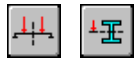
$M_{y,c,Rd} = 31001.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$

$V_{z,Ed} = 1940.66 \text{ daN}$

$V_{z,c,Rd} = 30215.34 \text{ daN}$

$M_{b,Rd} = 31001.38 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

$z = 0.00$ $M_{cr} = 1732643.94 \text{ daN}\cdot\text{m}$ Courbe,LT - d $X_{LT} = 1.00$
 $L_{cr,upp} = 1.80 \text{ m}$ $\lambda_{m,LT} = 0.13$ $\phi_{i,LT} = 0.48$ $X_{LT,mod} = 1.00$

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y = 16.20 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 1.29$
 $L_{cr,y} = 16.20 \text{ m}$ $X_y = 0.43$
 $\lambda_{m,y} = 121.09$ $k_{yy} = 0.97$



en z:

$L_z = 1.80 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.26$
 $L_{cr,z} = 1.80 \text{ m}$ $X_z = 0.97$
 $\lambda_{m,z} = 23.97$ $k_{zy} = 1.01$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.78 < 1.00$ (6.2.5.(1))
 $N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.80 < 1.00$ (6.2.1(7))
 $\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3(\tau_{z,Ed})^2}/(f_y/g_{M0}) = 0.75 < 1.00$ (6.2.1.(5))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.6.(1))

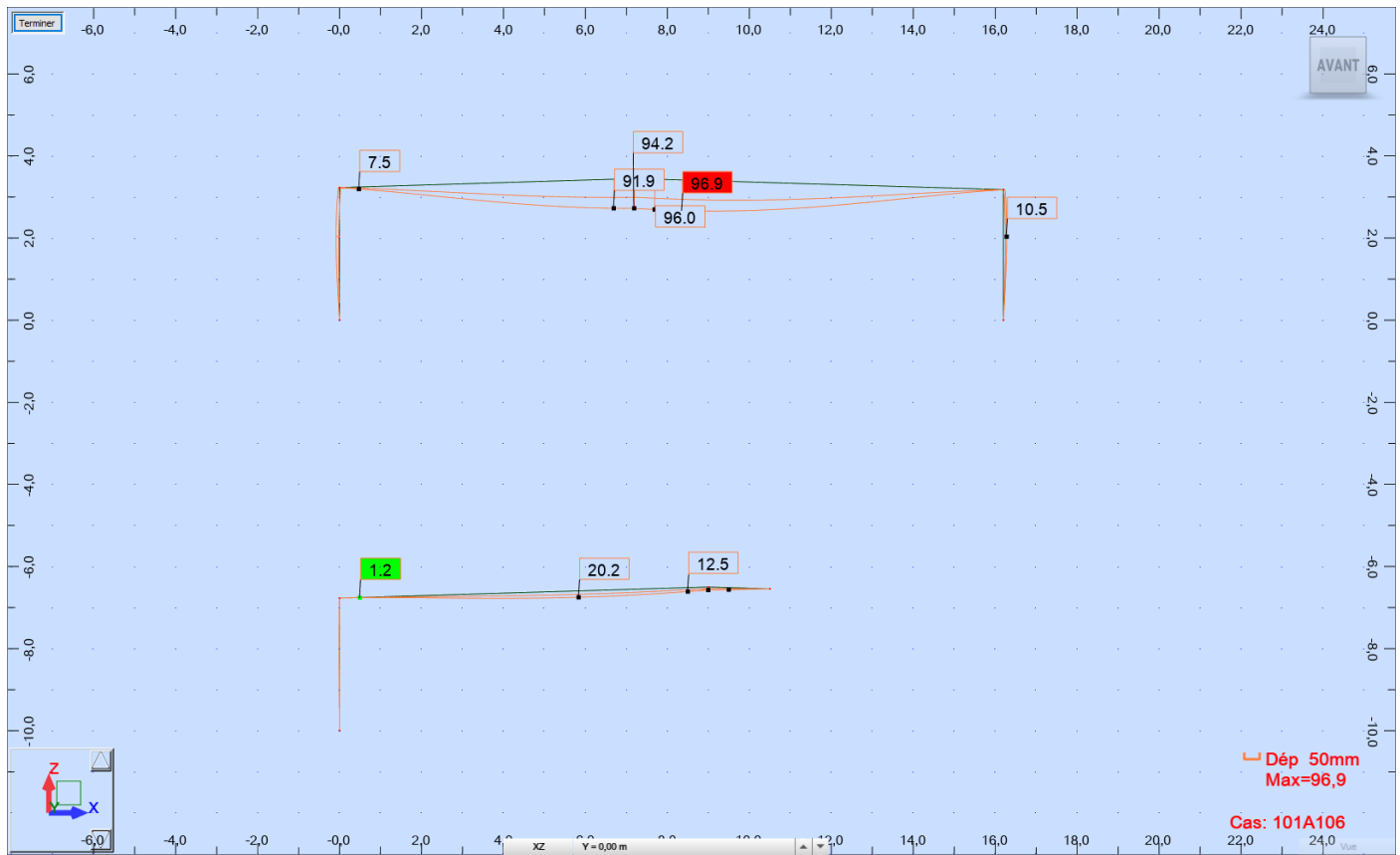
Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\lambda_{m,y} = 121.09 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 23.97 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE
 $M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.78 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.82 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.81 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

5.4.3 Résultat ELS

➤ Vue des déformées globales



Flèche admissibles des traverses portique = $L/200 = 16200/200 = 81\text{mm} < 96,9\text{mm} (L/167)$ => non admissible

Flèche admissibles des traverses 23b = $L/200 = 10500/200 = 52,5\text{mm} > 20,2\text{mm}$ => OK

Déplacement admissible des poteaux = $H_i/300 = 3230/300 = 10,8\text{mm} > 6,2\text{mm}$ => OK

On ne peut pas considérer comme admissible la flèche du portique de la file 15. Le scénario 3b est donc à exclure pour cette file. A noter que la seconde file critique (file 5) n'est pas admissible pour le scénario 3b non plus. En considérant le scénario 3, la file 15 présente une flèche relative à $L/175$, qui l'on peut considérer admissible.

6. CONCLUSION

6.1 Préambule

L'objectif de ce rapport est de statuer sur la faisabilité de différents scénarii de réfection de toiture. A noter qu'étant donné le flocage des pannes et traverses, la difficulté d'accès à la charpente à cause du faux-plafond, et la non dépose du bac de couverture dans le cadre du projet de réfection, la mise en place de renforts paraît impossible. De ce fait la présente étude retiendra les scénarii admissibles sans modification de charpente.

➤ Rappel des scénarii étudiés

Scénario 1 : réfection sans arrachage

- Bac support C32S
- Laine de roche ép 75mm
- Etanchéité bicouche
- Polyuréthane ép 150mm
- Etanchéité bicouche

Poids total : 41,6g => R= 8,80

Scénario 2 : réfection avec arrachage

- Bac support C32S
- Fesco ép 50mm
- Polyuréthane ép 80mm
- Etanchéité bicouche

Poids total : 25,4g => R= 4,60

Scénario 3 : réfection Haute performance avec arrachage

- Bac support C32S
- Fesco ép 50mm
- Polyuréthane ép 180mm (en 2 lits de 90mm)
- Etanchéité bicouche

Poids total : 28,7g => R= 9,10

Scénario 3 Bis : réfection Haute performance avec arrachage

- Cellule photovoltaïque
- Bac support C32S
- Fesco ép 50mm
- Polyuréthane ép 180mm (en 2 lits de 90mm)
- Etanchéité bicouche

Poids total : 33,7g

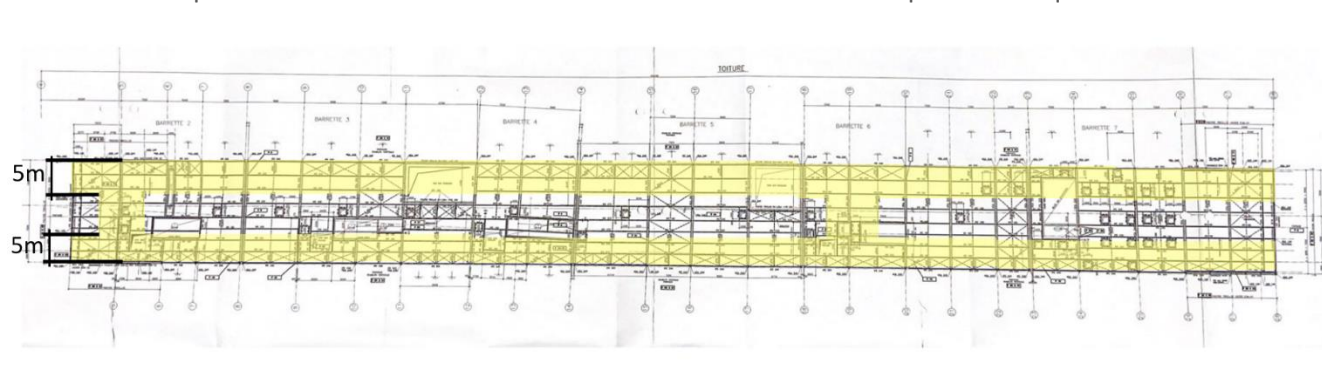
6.2 Synthèse de la faisabilité

En compilant tous les résultats de calculs on peut définir des zones de faisabilité des différents scénarii.



A noter que les cellules photovoltaïques ne pourront pas être installées sur la barre centrale au droit des acrotères, en raison de l'accumulation de neige normative à prendre en compte sur une bande de 5m. Cette zone sujette à l'accumulation de neige supportera donc au mieux le scénario 3. Il en va de même pour les deux files de portiques critiques (file 5 et 15), au droit desquelles la mise en place de panneaux photovoltaïques est à proscrire.

➤ Vue en plan de faisabilité sur la barre centrale – zones sans cellules photovoltaïques



➤ Vue en coupe de faisabilité sur la barre centrale

