

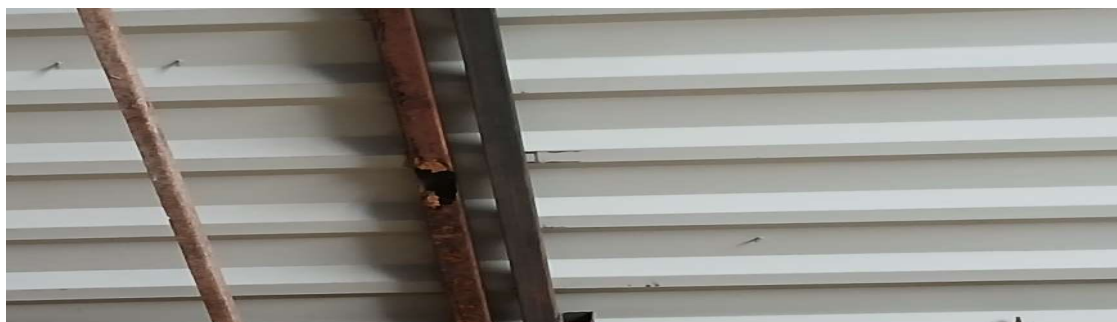
5.3.2 hangar :



La structure de l'atelier de l'UEAJ de Perpignan comporte une charpente métallique et un mur porteur en maçonnerie.



La toiture du bâtiment examiné est en bac acier non isolé.



Lors de l'intervention, une oxydation généralisée de la structure a été constatée avec par endroit une perforation. La panne la plus endommagée est renforcée, comme le montre la photo ci-dessous.

5.4 Calcul de la capacité portante du hangar

5.4.1 Hypothèses de calculs

D'après les observations visuelles sur site, nous retiendrons une nuance d'acier S.235. Le calcul concerne uniquement les éléments de la structure du bâtiment concernés par les modifications des charges.


Les contraintes maximales dans les éléments seront le résultat de calculs à l'ELU et les déformations maximales seront le résultat de calculs à l'ELS.

5.4.2 Descente de charges

Les charges de calculs pour la toiture sont :

- Couverture en bac sec de $8 \text{ kg/m}^2 = 0,080 \text{ KN/m}^2$;
- Etanchéité en bitume ardoisée de $5 \text{ kg/m}^2 = 0,050 \text{ KN/m}^2$;
- Charges de système d'intégration et modules panneaux photovoltaïques :

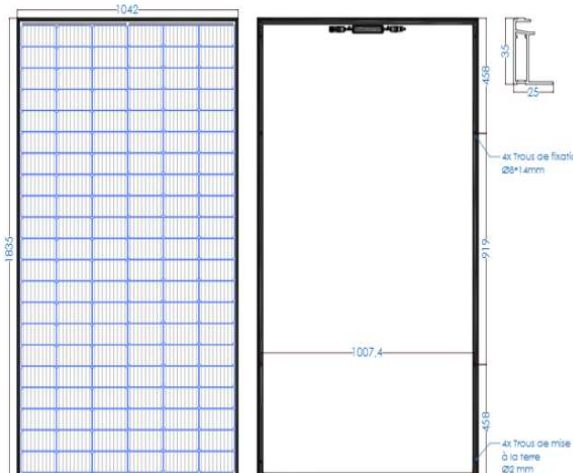
Le modèle des panneaux solaires est pris de manière hypothétique.



Spécifications techniques du module TARKA 126 VSMD
Monofacial - Verre mat

CARACTÉRISTIQUES DES PANNEAUX	
Dimensions ¹	1835 x 1042 x 35 mm
Poids ²	20,6 kg
Type de cellules	Monocristallin Type P M6-9BB
Quantité par panneau	126 demi-cellules
Verre solaire (anti-reflet)	Verre trempé 3,2mm
Connecteurs	Staubli MC4-EV02
Longueur des câbles	2 x 1,2m
Cadre	Aluminium anodisé noir
Couleur de backsheet	Blanche (Noire en option)
Températures d'utilisation	-40 °C à +85 °C
Charge maximum vent/neige	2400 Pa
Sécurité électrique	Classe II, IP 68
Tension maximale du système (V)	1000
Courant inverse max IRM (A)	30

PLAN DU MODULE



Caractéristiques des panneaux photovoltaïques

$20,6 / (1,835 \times 1,042) = 10,8 \text{ kg}$ poids des panneaux par m^2 . Avec le système d'intégration nous estimons la charge de l'ensemble : **16 kg/m²**

Nous estimons la charge de l'ensemble : $16 \text{ kg/m}^2 = 0,16 \text{ KN/m}^2$

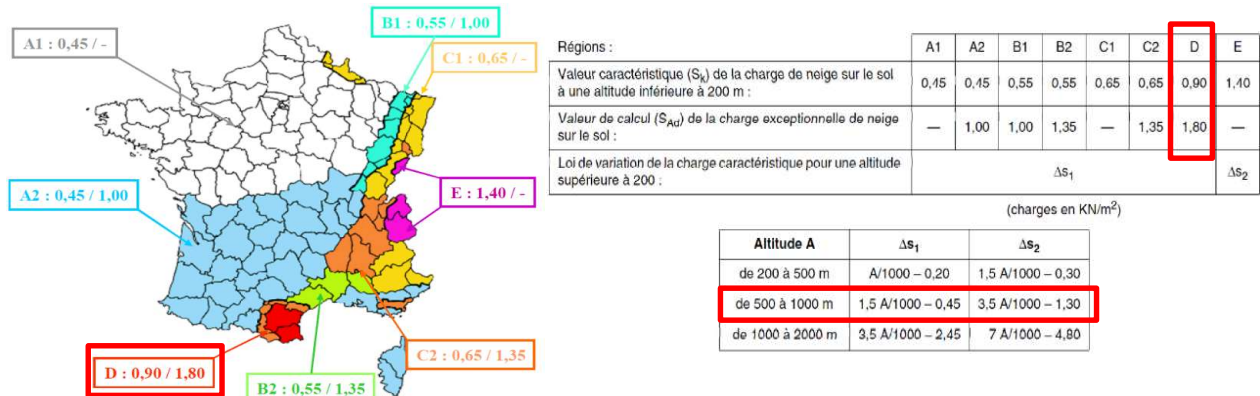
Hypothèse d'isolation de la toiture avec des panneaux sandwich à la demande du client :

- Panneaux sandwich de $15 \text{ kg/m}^2 = 0,15 \text{ KN/m}^2$.

- Charges climatique - Charge de neige :

La charge de la neige est calculée conformément à la norme NF EN 1991-1-3 : Eurocode 1

- Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige



Perpignan (66) - Région A2 Altitude = 30 m
Pente = 4 Degré

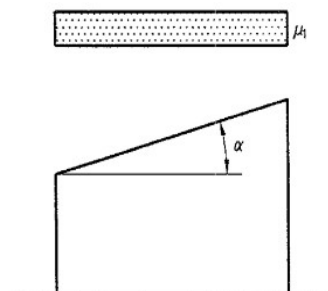
Valeur Caractéristique $S_k = 0,90 \text{ KN/m}^2$
Neige Exceptionnelle $S_{Ad} = 1,80 \text{ KN/m}^2$
Variation de la charge Alt.=30 $\Delta_{S1} = 0,0$

Coeff. Topographie $C_e = 1,00$
Coeff. Thermique $C_t = 1,00$

$\mu_1 (4^\circ) = 0,80$

Charge de neige:

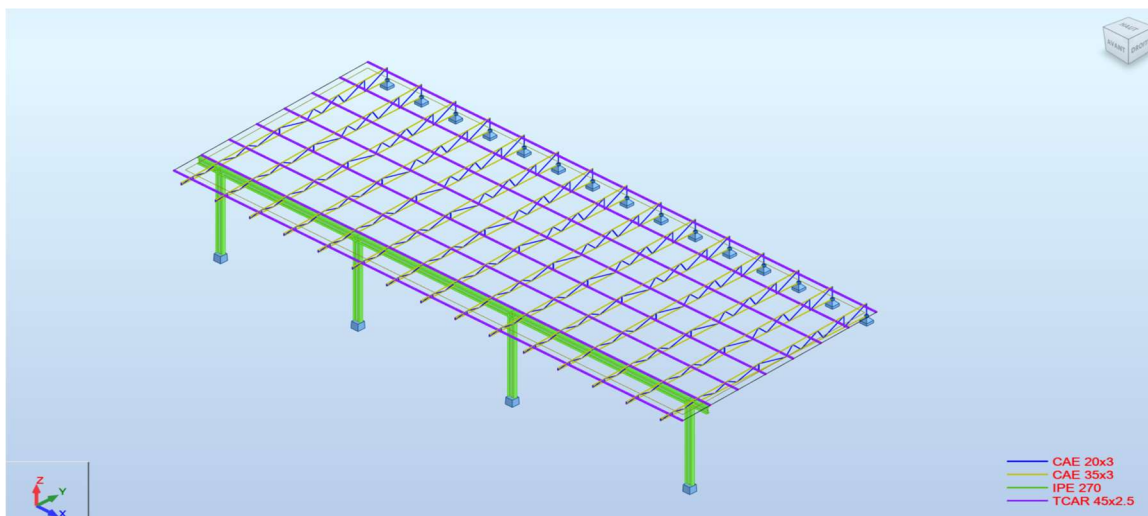
S		
Cas i	0,720	KN/m ²



Charge de vent :

Les charges de vent sont moins préjudiciables que le calcul de neige, nous ne les prenons pas en compte.

5.4.2.1 Modélisation et calcul des contraintes



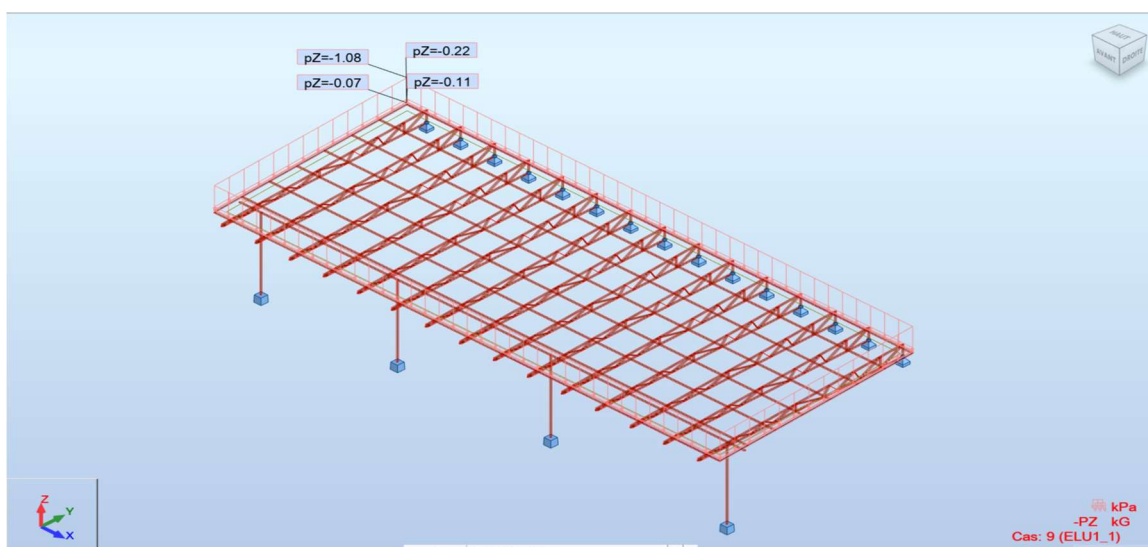
Modèle du calcul 3D

Tableau des chargements

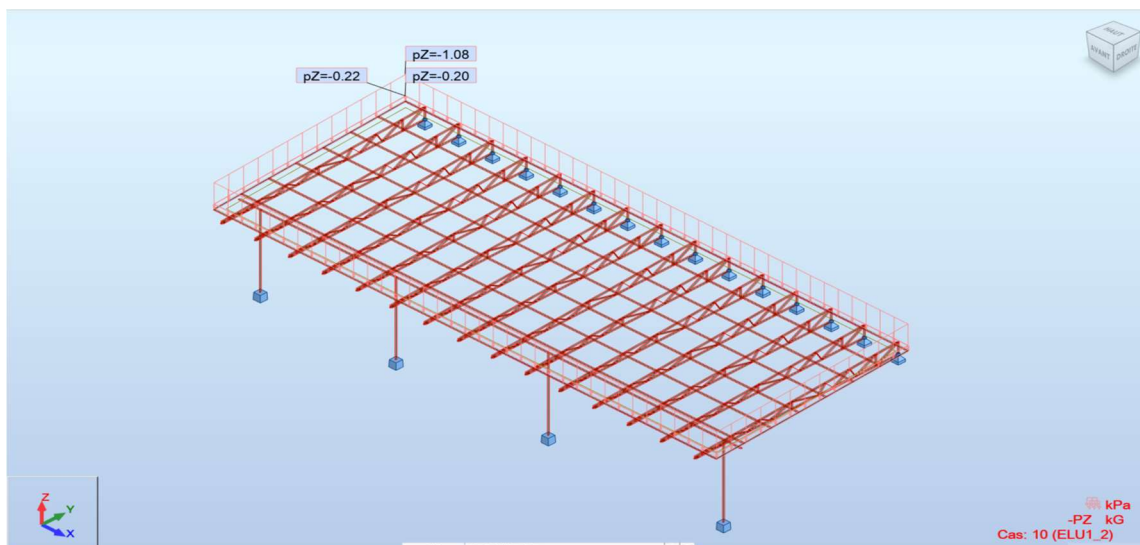
Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge (m) (kN) (Deg)
1.PERM1	poids propre	1A12 19A50 5	' PZ Moins Coef=1,00
2.Bac_Acier	(EF) surfacique uniforme	12	' PZ=-0,08[kN/m2]
3.Etanchéité	(EF) surfacique uniforme	12	' PZ=-0,05[kN/m2]
4.PanneauxSandwich	(EF) surfacique uniforme	12	' PZ=-0,15[kN/m2]
5.PanneauxPV	(EF) surfacique uniforme	12	' PZ=-0,16[kN/m2]
6.S	(EF) surfacique uniforme	12	' PZ=-0,72[kN/m2]
*			

Tableau des combinaisons

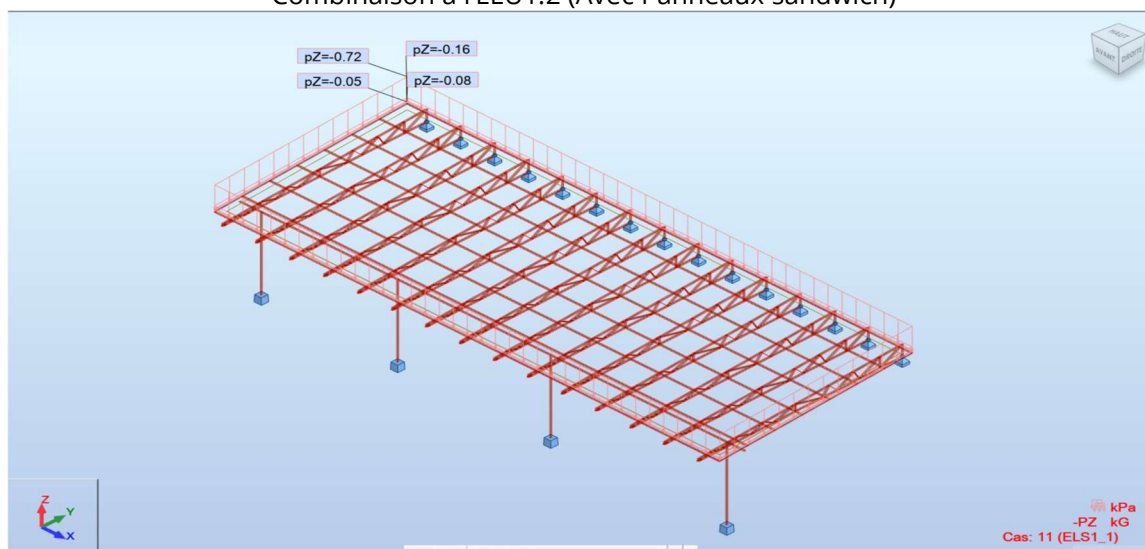
Combinaison	Nom	Type d'analyse	Type de la	Nature du cas	Définition
7 (C)	G1	Combinaison liné	ELU	Structurelle	(1+2+3+5)*1.00
8 (C)	G2	Combinaison liné	ELU	Structurelle	(1+4+5)*1.00
9 (C)	ELU1_1	Combinaison liné	ELU	Structurelle	7*1.35+6*1.50
10 (C)	ELU1_2	Combinaison liné	ELU	Structurelle	8*1.35+6*1.50
11 (C)	ELS1_1	Combinaison liné	ELS	Structurelle	(7+6)*1.00
12 (C)	ELS1_2	Combinaison liné	ELS	Structurelle	(8+6)*1.00



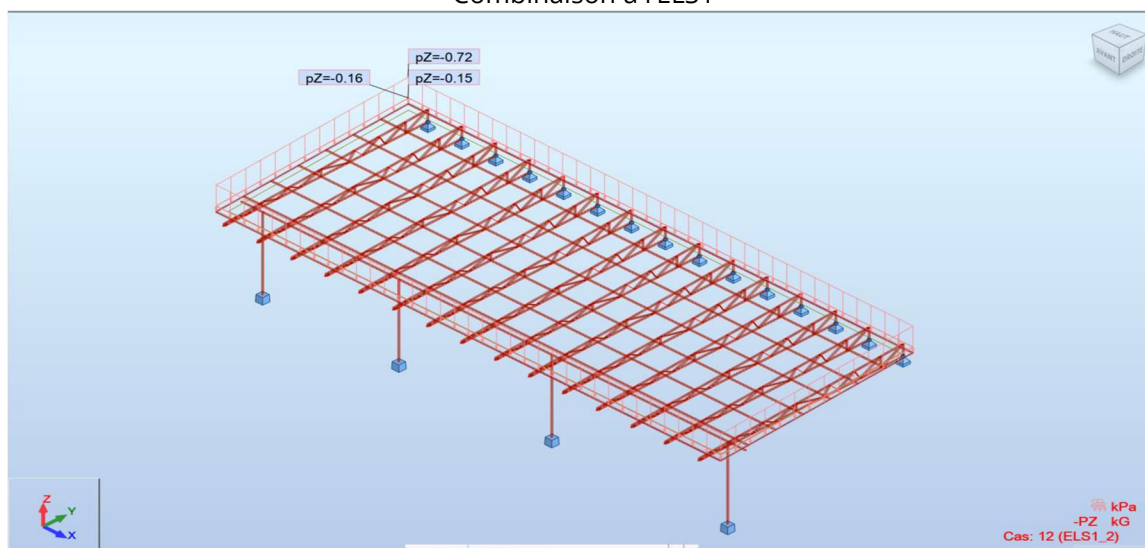
Combinaison à l'ELU1.1



Combinaison à l'ELU1.2 (Avec Panneaux sandwich)



Combinaison à l'ELS1



Combinaison à l'ELS 1.2 (Avec Panneaux Sandwich)

Dans l'Eurocode 3, la valeur de résistance de calcul est donnée par la formule :

$$F_{ed} < F_y / \gamma_{M0}$$

Avec :

- $F_y = 235 \text{ MPa}$
- $\gamma_{M0} = 1,1$

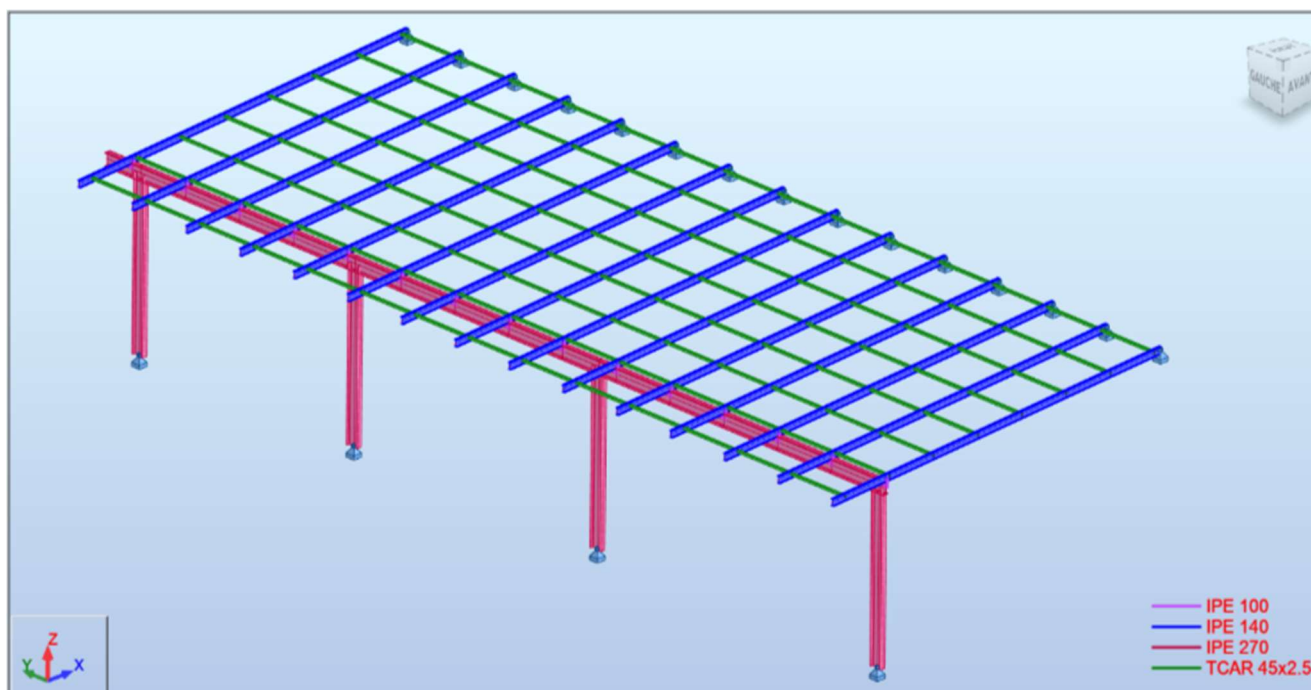
La contrainte maximale dans les éléments en acier à l'ELU doit être inférieure à 213,6 MPa.

La structure actuelle apparaît sous-dimensionnée pour reprendre des panneaux en surimposition » à cause de la faiblesse des sections, et aux éléments aggravant dû à la corrosion.

Solution :

Nous vous proposons une solution pour l'installation des panneaux photovoltaïques, impliquant des modifications de la structure existante.

La proposition consiste à remplacer les poutres treillis actuelles par des profilés métalliques de type **IPE 140**, comme illustré ci-dessous.



Cas de charge :

Cas de charge

Description du cas

Numéro: Préfixe:
 Nature: Sous-nature:
 Nom:

Liste des cas définis:

N°	Nom de cas	Nature	Type d'analyse
1	PERM1	Structurelle	Statique linéaire
2	g	Structurelle	Statique linéaire
3	s	neige	Statique linéaire
4	ELU	Structurelle	Combinaison linéaire
5	ELS	Structurelle	Combinaison linéaire

Valeurs de charge :

Chargements:1

	Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge
	1	poids propre	1A63 65A151 692A705 721A734 750A763 779	PZ Moins Coef=1,00
	2	charge uniforme	721A734 750A763 779A792 808A821 840A853	PZ=-0,35[kN/m]
	2	charge uniforme	692A705 869A882	PZ=-0,18[kN/m]
	3	charge uniforme	721A734 750A763 779A792 808A821 840A853	PZ=-0,86[kN/m]
	3	charge uniforme	692A705 869A882	PZ=-0,43[kN/m]

Notes de calcul :

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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

POINT: 7

COORDONNEE: x = 1.00 L = 0.36 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 4 ELU (1+2)*1.35+3*1.50

MATERIAU:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00$ MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 140

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

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = -0.00 kN	My _{Ed} = -0.01 kN*m	
N _{t,Rd} = 386.01 kN	My _{pl,Rd} = 20.76 kN*m	
	My _{c,Rd} = 20.76 kN*m	Vz _{Ed} = -0.06 kN
	MN _{y,Rd} = 20.76 kN*m	Vz _{c,Rd} = 103.69 kN
	Mb _{Rd} = 20.76 kN*m	

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00	Mcr = 1025.21 kN*m	Courbe,LT -	XLT = 1.00
Lcr,low=0.36 m	Lam_LT = 0.14	f _i ,LT = 0.49	XLT,mod = 1.00

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

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

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

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

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

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

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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: 2

POINT: 7

COORDONNEE: x = 1.00 L = 1.09 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 4 ELU (1+2)*1.35+3*1.50

MATERIAU:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00$ MPa

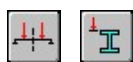


PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 140

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

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = -0.09 kN	My _{Ed} = -2.19 kN*m	Mz _{Ed} = 0.59 kN*m	Vy _{Ed} = -0.69 kN
Nt _{Rd} = 386.01 kN	My _{pl,Rd} = 20.76 kN*m	Mz _{pl,Rd} = 4.52 kN*m	Vy _{T,Rd} = 149.92 kN
	My _{c,Rd} = 20.76 kN*m	Mz _{c,Rd} = 4.52 kN*m	Vz _{Ed} = -2.02 kN
	MN _{y,Rd} = 20.76 kN*m	MN _{z,Rd} = 4.52 kN*m	Vz _{T,Rd} = 103.04 kN
	Mb _{Rd} = 19.96 kN*m		Tt _{Ed} = 0.01 kN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00	Mcr = 114.89 kN*m	Courbe,LT -	XLT = 0.93
Lcr,low=1.09 m	Lam_LT = 0.43	f _i ,LT = 0.62	XLT,mod = 0.96

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.3.(1))
$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.11 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.13 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.14 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6-7)
$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.02 < 1.00$ (6.2.6)
$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.02 < 1.00$ (6.2.6)

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.11 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 4 ELU (1+2)*1.35+3*1.50

MATERIAU:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00$ MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 140

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

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = 1.67 kN	My _{Ed} = -2.60 kN*m	Mz _{Ed} = 0.60 kN*m	Vy _{Ed} = 10.48 kN
N _{c,Rd} = 386.01 kN	My _{Ed,max} = -2.60 kN*m	Mz _{Ed,max} = 0.60 kN*m	Vy _{T,Rd} = 151.06 kN
Nb _{Rd} = 386.01 kN	My _{c,Rd} = 20.76 kN*m	Mz _{c,Rd} = 4.52 kN*m	Vz _{Ed} = 10.59 kN
	MN _{y,Rd} = 20.76 kN*m	MN _{z,Rd} = 4.52 kN*m	Vz _{T,Rd} = 103.57 kN
	Mb _{Rd} = 20.76 kN*m		Tt _{Ed} = -0.00 kN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00	Mcr = 6830.21 kN*m	Courbe,LT -	XLT = 1.00
Lcr,low=0.11 m	Lam_LT = 0.06	f _i ,LT = 0.46	XLT,mod = 1.00

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$$k_{yy} = 1.00$$



en z:

$$k_{zz} = 1.00$$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

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

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.15 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.07 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

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

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.26 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.26 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Profil correct !!!

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

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

POINT: 7

COORDONNEE: x = 1.00 L = 1.20 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 4 ELU (1+2)*1.35+3*1.50

MATERIAU:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00$ MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 140

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

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{Ed} = 1.48 kN	My _{Ed} = 7.45 kN*m	Mz _{Ed} = 0.03 kN*m	Vy _{Ed} = -0.25 kN
N _{c,Rd} = 386.01 kN	My _{Ed,max} = 7.45 kN*m	Mz _{Ed,max} = -0.27 kN*m	Vy _{T,Rd} = 150.18 kN
Nb _{Rd} = 386.01 kN	My _{c,Rd} = 20.76 kN*m	Mz _{c,Rd} = 4.52 kN*m	Vz _{Ed} = 7.41 kN
	MN _{y,Rd} = 20.76 kN*m	MN _{z,Rd} = 4.52 kN*m	Vz _{T,Rd} = 103.16 kN
	Mb _{Rd} = 19.93 kN*m		Tt _{Ed} = 0.01 kN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00	Mcr = 113.07 kN*m	Courbe,LT -	XLT = 0.93
Lcr,upp=1.20 m	Lam_LT = 0.43	fi,LT = 0.63	XLT,mod = 0.96

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$$k_{yy} = 1.00$$



en z:

$$k_{zz} = 1.00$$

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

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

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.36 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.14 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

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

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.07 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

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

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.44 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.44 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Profil correct !!!