

BRAS DEPORT PLIABLE

Note de Calcul

BRAS DEPORT PLIABLE	
Normes :	Eurocodes
Zone de Vent :	Région 3 – Rugosité 0
Hauteur du bâtiment	40m

VERIFICATION	
Structure :	OK
Assemblages :	OK

A	17/03/2021	Création	JH
Rév.	Date	Modification	Etabli par

SOMMAIRE

1	CONCLUSION GÉNÉRALE	3
1.1	Structure 1 et Structure 2:.....	3
2	GENERALITES	4
2.1	Objet de la note de calcul :	4
2.2	Vérifications à faire :	4
2.3	Modélisation :	4
2.4	Hypothèses de calcul :	4
2.5	Charges permanentes :	4
2.6	Descriptif sommaire :	5
2.6.1	Structure 1 - Bras de déport 5G.....	5
2.6.2	Structure 2 - Bras de déport 4G.....	6
2.7	Charges variables :	7
2.7.1	Effet du vent :	7
2.7.2	Effet de la neige / givre :	7
2.7.3	Température :	7
2.8	Combinaisons de charges :	8
2.9	Critères d'acceptations :	8
2.9.1	Taux de contrainte :	8
3	VERIFICATION DE LA SECURITE – STRUCTURE 1 :	9
4	VERIFICATION DE LA SECURITE - STRUCTURE 2 :	11
5	VERIFICATION DE LA RESISTANCE DES ASSEMBLAGES - STRUCTURE 1 & 2	13
5.1	Système de pliage - 0°	13
5.2	Système de pliage - 30°	16
5.3	Système de pliage - 60°	19
5.4	Collier.....	22

1 CONCLUSION GÉNÉRALE

1.1 Structure 1 et Structure 2:

La structure présentée dans cette note de calcul peut supporter le chargement défini au projet.

CONCLUSION GENERALE :

Les supports pour les chargements doivent être les suivantes :

Par bras de déport Structure 1 - Antenne 5G :

- 1x Bras de déport SHS60x60x5mm - L=0.36m (S235)
- 2x Platines Ø150x8mm (S355) avec 12 trous Ø11mm (Ø120)
- Colliers en 6mm (S355) avec 4 M12 (8.8 ou A2-80)

Par bras de déport Structure 2 - Antenne 4G :

- 2x Bras de déport SHS60x60x5mm - L=0.36m (S235)
- 4x Platines Ø150x8mm (S355) avec 12 trous Ø11mm (Ø120)
- Colliers en 6mm (S355) avec 4 M12 (8.8 ou A2-80)

2 GENERALITES

2.1 Objet de la note de calcul :

Cette note de calcul a pour but de dimensionner la structure métallique de support d'antennes.

2.2 Vérifications à faire :

Le travail doit porter sur la vérification de la structure métallique

Cette vérification doit répondre à:

- La résistance du mât sous vent ELU

2.3 Modélisation :

La structure a été modélisée sur le logiciel Robot Structural Analysis. Les calculs des déplacements et des sollicitations ont été déterminés par une analyse globale élastique prenant en compte les effets du second ordre (analyse non-linéaire).

2.4 Hypothèses de calcul :

La structure a été vérifiée suivant les normes Eurocodes de calcul des structures en vigueur :

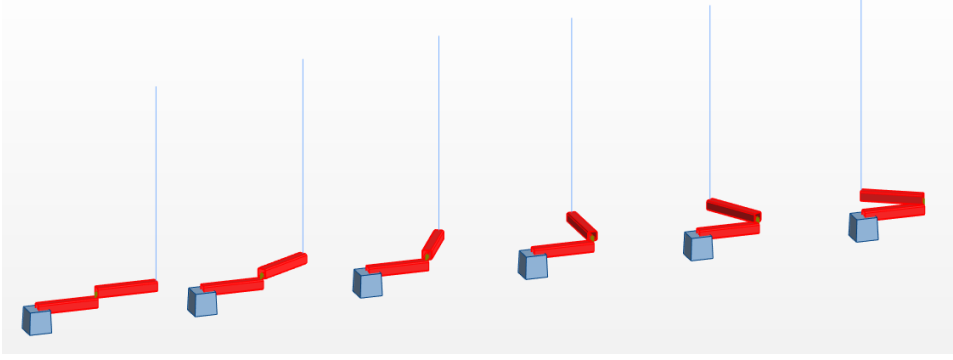
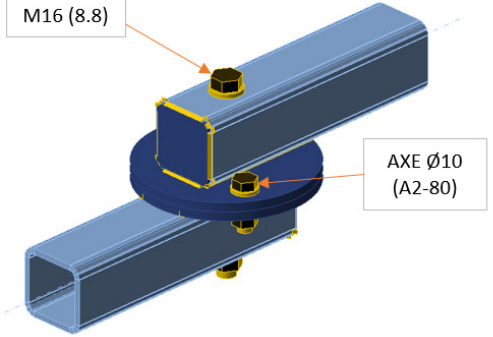
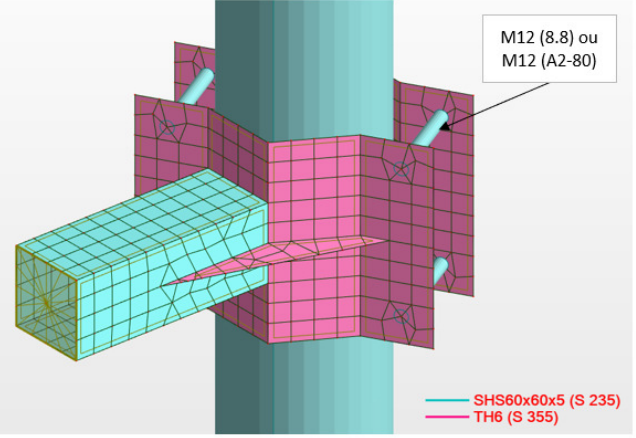
- NF EN 1993-1-1 2005: Calcul des structures en acier. Règles générales et règles pour les bâtiments et son annexe nationale
- NF EN 1993-3-1 2007: Calcul des structures en acier - Partie 3-1: Tours, mâts et cheminées - Pylônes et mâts haubanés
- NF EN 1993-3-2 2007: Calcul des structures en acier - Partie 3-2: Tours, mâts et cheminées – Cheminées
- NF EN 1993-1-5 2007: Calcul des structures en acier - Partie 1-5 : plaques planes
- NF EN 1993-1-8 2005: Calcul des structures en acier - Partie 1-8 : Calcul des assemblages

2.5 Charges permanentes :

- Poids propre du mât (masse volumique : 7.85 t/m³)
- Poids des équipements

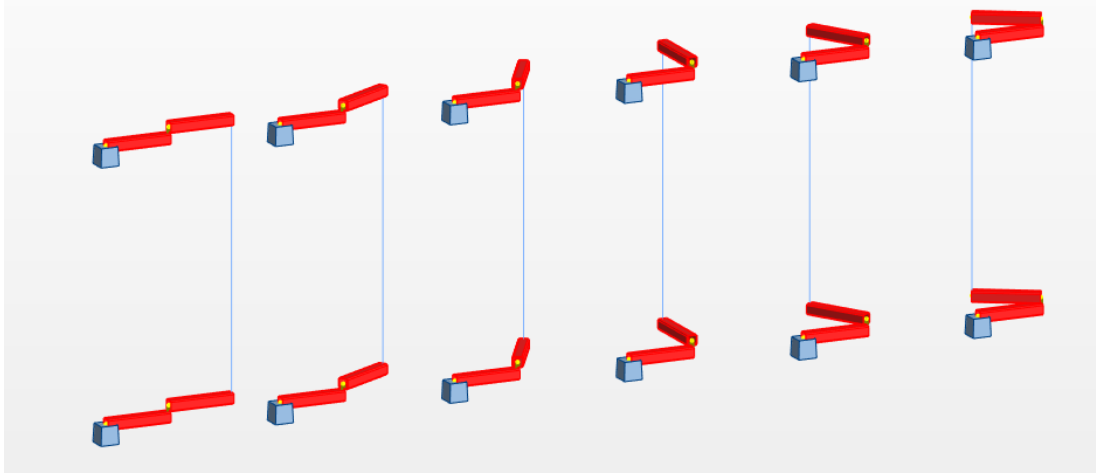
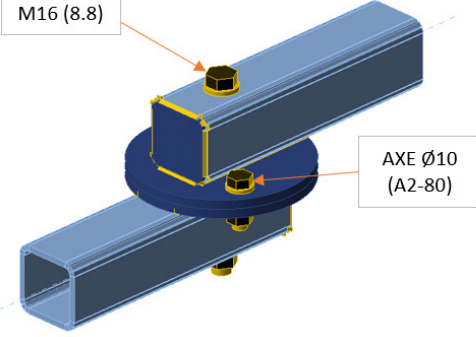
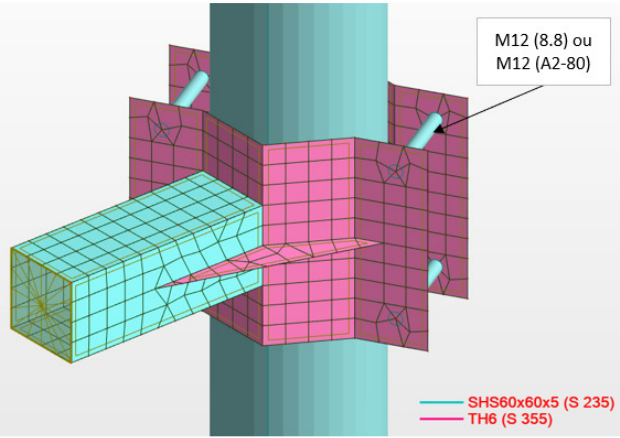
2.6 Descriptif sommaire :

2.6.1 Structure 1 - Bras de déport 5G

Structure 1 - Antenne 5G							
-							
Chargement des équipements							
Désignation	Nb	HMA (m)	Trainée (m ²)	Poids (kg)	Coaxiaux		(EDP)
					Ø	nb	
Antenne 5G (800x500x300)	1	44.635	0.45	50	-	-	P
Descriptif : 1x Bras de déport SHS60x60x5mm (S235) - L=0.36m 2x Platines Ø150x8mm (S355) avec 12 trous Ø11mm (Ø120) Colliers en 6mm (S355) avec 4 M12 (8.8 ou A2-80)				Tube pour fixer l'antenne : de Ø60.3 à Ø88.9 (épaisseur minimale 2.9) avec une longueur maximale de 1.2m.			
							
							

(E : Existant - P : Projet - R : Réserve – D : Dépose)

2.6.2 Structure 2 - Bras de déport 4G

Structure 1 - Antenne 4G							
Chargement des équipements							
Désignation	Nb	HMA (m)	Trainée (m ²)	Poids (kg)	Coaxiaux		(EDP)
					Ø	nb	
Antenne 4G (2800x500x210)	1	50	1.6	60	-	-	P
Descriptif : 2x Bras de déport SHS60x60x5mm (S235) - L=0.36m 4x Platinas Ø150x8mm (S355) avec 12 trous Ø11mm (Ø120) Colliers en 6mm (S355) avec 4 M12 (8.8 ou A2-80)				Tube pour fixer l'antenne : de Ø60.3 à Ø88.9 (épaisseur minimale 2.9), longueur maximale de 3.0m, avec une distance maximale entre les bras de déport de 2m.			
							
							

(E : Existant - P : Projet - R : Réserve – D : Dépose)

2.7 Charges variables :

2.7.1 Effet du vent :

Région	=	France
Hauteur du Bâtiment (h)	=	40 m
Zone de vent	=	3
V_{ref}	=	26 m/s
Catégorie de terrain	=	0
Coefficient d'orographie [Co(h+z)]	=	1.00
Densité de l'air	=	1.225 kg/m ³
Z_0	=	0.005 m
Z_{min}	=	1 m
K_r	=	0.16
q_0	=	414.05 N/mm ²
Vitesse moyenne (h + z = 40 + 5 = 45m)	=	38.28 m/s
Pression dynamique (h + z = 40 + 5 = 45m)	=	1588 Pa

*La pression du vent est déterminée selon l'Eurocode 1 EN1991-1-4/NA

2.7.2 Effet de la neige / givre :

Sans effet.

2.7.3 Température :

Sans effet.

2.8 Combinaisons de charges :

La structure est placée en classe de fiabilité 3.

Classe de fiabilité 1	ELS	G + W
	ELU	1.0G + 1.2W
	ELU (2)	1.0G + 1.2W
	ACC	1.0G + 0.2W + 1.0A
	Fondations	1.35G + 1.5W
Classe de fiabilité 2	ELS	G + W
	ELU	1.1G + 1.4W
	ELU (2)	1.0G + 1.4W
	ACC	1.0G + 0.2W + 1.0A
	Fondations	1.35G + 1.5W
Classe de fiabilité 3	ELS	G + W
	ELU	1.2G + 1.6W
	ELU (2)	1.0G + 1.6W
	ACC	1.0G + 0.2W + 1.0A
	Fondations	1.35G + 1.5W

- Charges permanentes → G
- Actions du vent → W
- Action du vent givre → W_G
- Action Accidentelle → A

2.9 Critères d'acceptations :

2.9.1 Taux de contrainte :

Nature de matériaux :

Structure (tubes)	Acier S235
Structure (plaques)	Acier S355
Boulonnerie :	8.8 / A2-80

3 VERIFICATION DE LA SECURITE – STRUCTURE 1 :

Structural factor $C_s C_d = 1.2$

CHARGE DU VENT - Equipements ponctuels

Description de l'équipement	Hauteur (m)	Aire d'exposition (m ²)	Cr (z)	Co (z)	Vm (z) (m/s)	qp(z) (Pa)	F (kN)
Antenne 5G (730x395x190)	44.635	0.450	1.582	1.000	41.124	1777.2	0.800

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio ▲	Cas
10 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.70	16 ELU 225
13 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.68	16 ELU 225
6 L=2L_ <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.67	18 ELU 315
16 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.61	16 ELU 225
19 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.56	17 ELU 270
22 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.54	14 ELU 135
15 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.49	12 ELU 45
5 L=2L_ <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.49	18 ELU 315
18 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.48	13 ELU 90
12 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.48	17 ELU 270
21 L=2L <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.48	11 ELU 0
9 L=2L_ <input checked="" type="checkbox"/>	SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.48	11 ELU 0

NORME: EN 1993-1:2005/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.
 TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 10 L=2L_10

POINT: 6

COORDONNEE: x = 1.00 L = 0.36 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 16 ELU 225 (1+2)*1.20+8*1.60

MATERIAU:

S 235 (S 235) fy = 235.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: SHSH 60x60x5

h=6.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=6.0 cm	Ay=5.35 cm ²	Az=5.35 cm ²	Ax=10.70 cm ²
tw=0.5 cm	Iy=53.30 cm ⁴	Iz=53.30 cm ⁴	Ix=86.40 cm ⁴
tf=0.5 cm	Wely=17.77 cm ³	Welz=17.77 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N _{i,Ed} = -1.53 kN	My _{i,Ed} = -1.47 kN*m	Mz _{i,Ed} = -1.23 kN*m	Vy _{i,Ed} = 1.53 kN
Nt _{i,Rd} = 251.45 kN	My _{e1,Rd} = 4.18 kN*m	Mz _{e1,Rd} = 4.18 kN*m	Tau _{y,max,Ed} = 3.26 MPa
	My _{e,Rd} = 4.18 kN*m	Mz _{e,Rd} = 4.18 kN*m	Vz _{i,Ed} = -0.56 kN
			Tau _{z,max,Ed} = -1.19 MPa
			Tt _{i,Ed} = -1.03 kN*m
			Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N_{i,Ed}/N_{t,Rd} + My_{i,Ed}/My_{e,Rd} + Mz_{i,Ed}/Mz_{e,Rd} = 0.65 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\tau_{xy,Ed})^2} / (f_y / g_{M0}) = 0.70 < 1.00 \quad (6.2.1(5))$$

$$(\tau_{y,max,Ed} + \tau_{xy,Ed}) / (f_y / (\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.28 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$(\tau_{z,max,Ed} + \tau_{tz,Ed}) / (f_y / (\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.26 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

Profil correct !!!

La résistance mécanique est satisfaisante, le ratio maximum est 70%.

4 VERIFICATION DE LA SECURITE - STRUCTURE 2 :

Structural factor	$C_s C_d$	=	1.2
-------------------	-----------	---	-----

CHARGE DU VENT - Equipements ponctuels

Description de l'équipement	Hauteur (m)	Aire d'exposition (m ²)	Cr (z)	Co (z)	Vm (z) (m/s)	qp(z) (Pa)	F (kN)
Antenne 4G (2769x469x206)	43.616	1.600	1.580	1.000	41.075	1773.8	2.838

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio ▲	Cas
56 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.61	15 ELU 180
54 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.61	15 ELU 180
3 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.57	11 ELU 0
26 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.57	11 ELU 0
29 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.54	16 ELU 225
31 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.54	16 ELU 225
34 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.46	16 ELU 225
36 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.46	16 ELU 225
46 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.32	14 ELU 135
44 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.32	14 ELU 135
39 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.32	16 ELU 225
41 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.32	16 ELU 225
55 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.30	11 ELU 0
35 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.30	17 ELU 270
33 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.30	13 ELU 90
53 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.30	11 ELU 0
30 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	16 ELU 225
43 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	18 ELU 315
2 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	12 ELU 45
38 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	14 ELU 135
40 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	14 ELU 135
4 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	12 ELU 45
45 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	18 ELU 315
28 L=2L	OK SHSH 60x60x5	S 235	32.26	32.26	0.29	16 ELU 225

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

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 56 L=2L_56

POINT: 6

COORDONNEE: x = 1.00 L = 0.36 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 15 ELU 180 (1+2)*1.20+7*1.60

MATERIAU:

S 235 (S 235) fy = 235.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: SHSH 60x60x5

h=6.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=6.0 cm

 Ay=5.35 cm²

 Az=5.35 cm²

 Ax=10.70 cm²

tw=0.5 cm

 Iy=53.30 cm⁴

 Iz=53.30 cm⁴

 Ix=86.40 cm⁴

tf=0.5 cm

 Wely=17.77 cm³

 Welz=17.77 cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

My,Ed = -0.31 kN*m

Mz,Ed = -2.22 kN*m

Vy,Ed = 3.20 kN

My,el,Rd = 4.18 kN*m

Mz,el,Rd = 4.18 kN*m

Tau,y,max,Ed = 6.83 MPa

My,c,Rd = 4.18 kN*m

Mz,c,Rd = 4.18 kN*m

Vz,Ed = -0.47 kN

Tau,z,max,Ed = -1.00 MPa

Tt,Ed = -0.19 kN*m

Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.61 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\text{Sig}_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\text{Tau}_{ty,Ed})^2} / (f_y/g_{M0}) = 0.61 < 1.00 \quad (6.2.1(5))$$

$$(\text{Tau}_{y,max,Ed} + \text{Tau}_{ty,Ed}) / (f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$(\text{Tau}_{z,max,Ed} + \text{Tau}_{tz,Ed}) / (f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.61 < 1.00 \quad (6.3.3(4))$$
Profil correct !!!

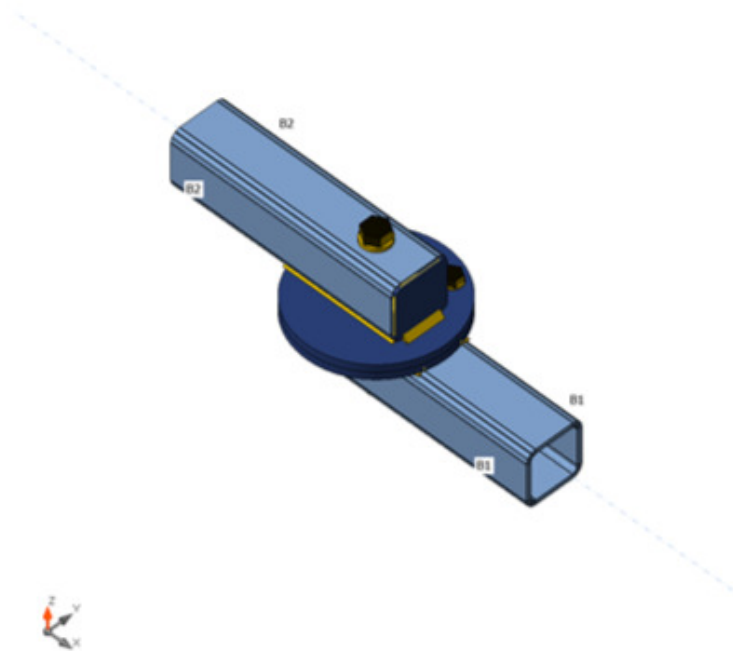
 La résistance mécanique est satisfaisante, le ratio maximum est **61%**.

5 VERIFICATION DE LA RESISTANCE DES ASSEMBLAGES - STRUCTURE 1 & 2

5.1 Système de pliage - 0°

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
B1	5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-76.00	Nœud
B2	5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Nœud



Sections transversales

Nom	Matériau
5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	S 235

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16.00	800.000	201.00
AXE Ø10 A2-80	AXE Ø10 A2-80	10.00	800.000	78.00

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B2	-3.200	3.000	-0.560	0.000	1.960	1.100
LE2	B2	3.200	3.000	-0.560	0.000	1.960	1.100

Vérification

Sommaire

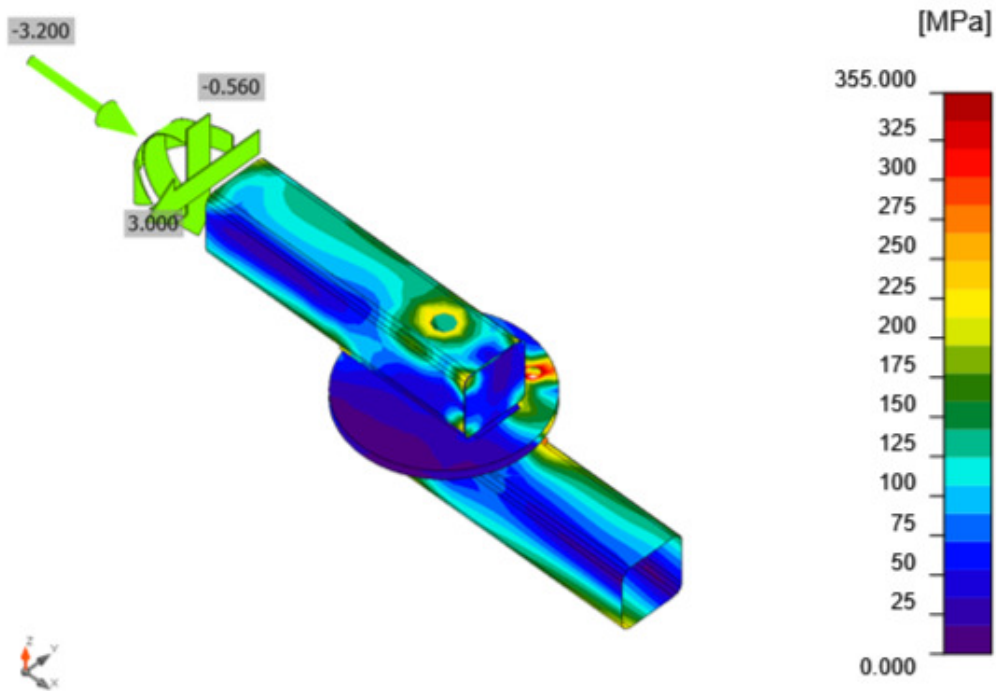
Nom	Valeur	État
Analyse	100.0%	OK
Platines	1.62 < 5.00%	OK
Boulons	92.8 < 100%	OK
Soudures	97.6 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	
GMNA	Calculé	

Platines

Nom	Matériau	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	État
B1	S 235	5.0	LE2	235.327	0.16	0.000	OK
B2	S 235	5.0	LE1	236.034	0.49	20.508	OK
SP1	S 355	8.0	LE2	355.182	0.09	29.759	OK
SP2	S 355	8.0	LE2	355.305	0.15	68.583	OK
SP3	S 235	3.0	LE1	238.410	1.62	0.000	OK
SP4	S 235	3.0	LE2	236.571	0.75	0.000	OK

Données de conception

Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 235	235.000	5.00
S 355	355.000	5.00



Contrainte équivalente, LE1

Boulons

	Nom	Classe	Charges	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Principes de construction	État
	B1	M16 8.8 - 1	LE1	10.073	21.310	14.84	125.440	42.42	50.37	OK	OK
	B2	AXE Ø10 A2-80 - 2	LE2	17.688	16.482	52.95	65.991	55.03	92.85	OK	OK

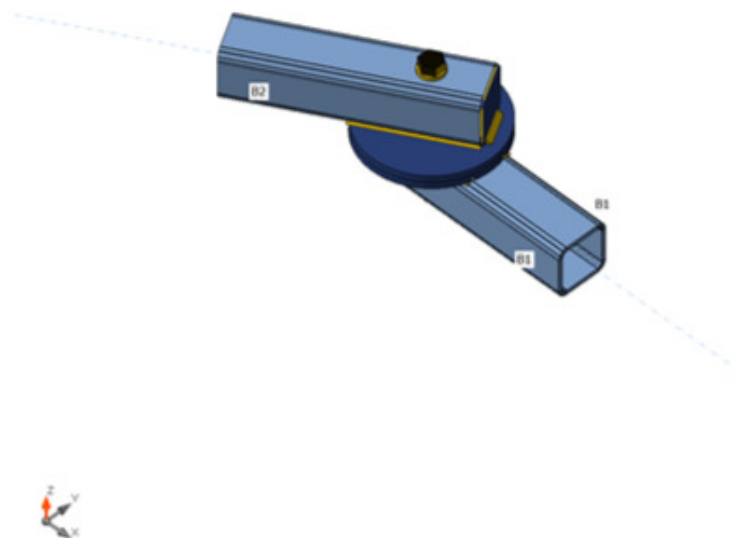
Données de conception

Nom	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M16 8.8 - 1	90.432	67.858	50.240
AXE Ø10 A2-80 - 2	33.408	106.402	29.952

5.2 Système de pliage - 30°

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
B1	5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-76.00	Nœud
B2	5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	-150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Nœud



Sections transversales

Nom	Matériau
5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	S 235

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16.00	800.000	201.00
AXE Ø10 A2-80	AXE Ø10 A2-80	10.00	800.000	78.00

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B2	-3.200	3.000	-0.560	0.000	1.960	1.100
LE2	B2	3.200	3.000	-0.560	0.000	1.960	1.100

Vérification

Sommaire

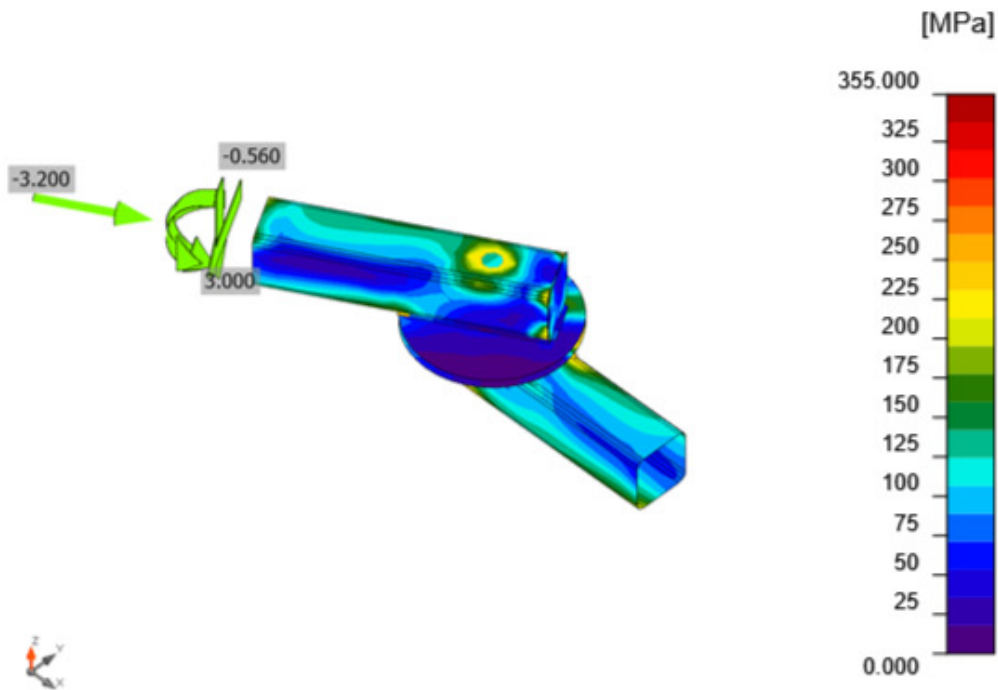
Nom	Valeur	État
Analyse	100.0%	OK
Platines	1.69 < 5.00%	OK
Boulons	92.5 < 100%	OK
Soudures	98.0 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	
GMNA	Calculé	

Platines

Nom	Matériau	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	État
B1	S 235	5.0	LE2	235.327	0.16	0.000	OK
B2	S 235	5.0	LE2	235.592	0.28	28.745	OK
SP1	S 355	8.0	LE2	355.084	0.04	40.444	OK
SP2	S 355	8.0	LE2	355.390	0.19	88.116	OK
SP3	S 235	3.0	LE1	238.556	1.69	0.000	OK
SP4	S 235	3.0	LE2	235.818	0.39	0.000	OK

Données de conception

Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 235	235.000	5.00
S 355	355.000	5.00



Contrainte équivalente, LE1

Boulons

	Nom	Classe	Charges	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Principes de construction	État
	B1	M16 8.8 - 1	LE1	10.651	21.265	15.70	125.440	42.33	50.74	OK	OK
	B2	AXE Ø10 A2-80 - 2	LE2	17.722	16.368	53.05	66.030	54.65	92.54	OK	OK

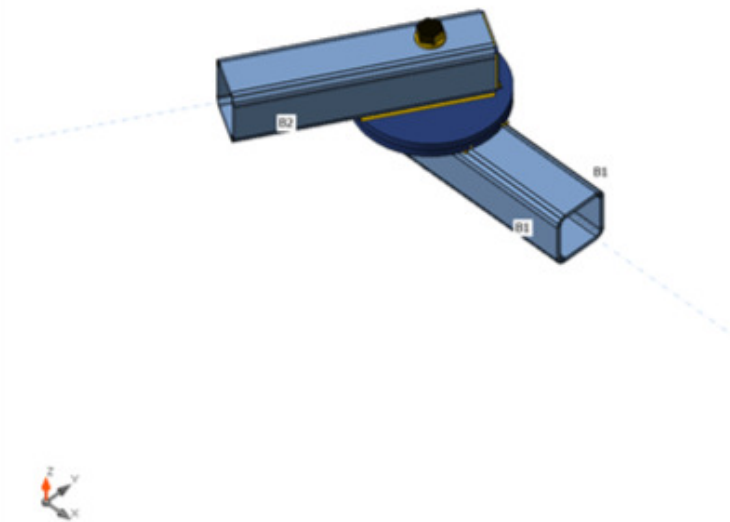
Données de conception

Nom	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M16 8.8 - 1	90.432	67.858	50.240
AXE Ø10 A2-80 - 2	33.408	106.402	29.952

5.3 Système de pliage - 60°

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
B1	5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-76.00	Nœud
B2	5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	-120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Nœud



Sections transversales

Nom	Matériau
5 - SHS60x60x5(RHS60x60)	S 235

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16.00	800.000	201.00
AXE Ø10 A2-80	AXE Ø10 A2-80	10.00	800.000	78.00

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B2	-3.200	3.000	-0.560	0.000	1.960	1.100
LE2	B2	3.200	3.000	-0.560	0.000	1.960	1.100

Vérification

Sommaire

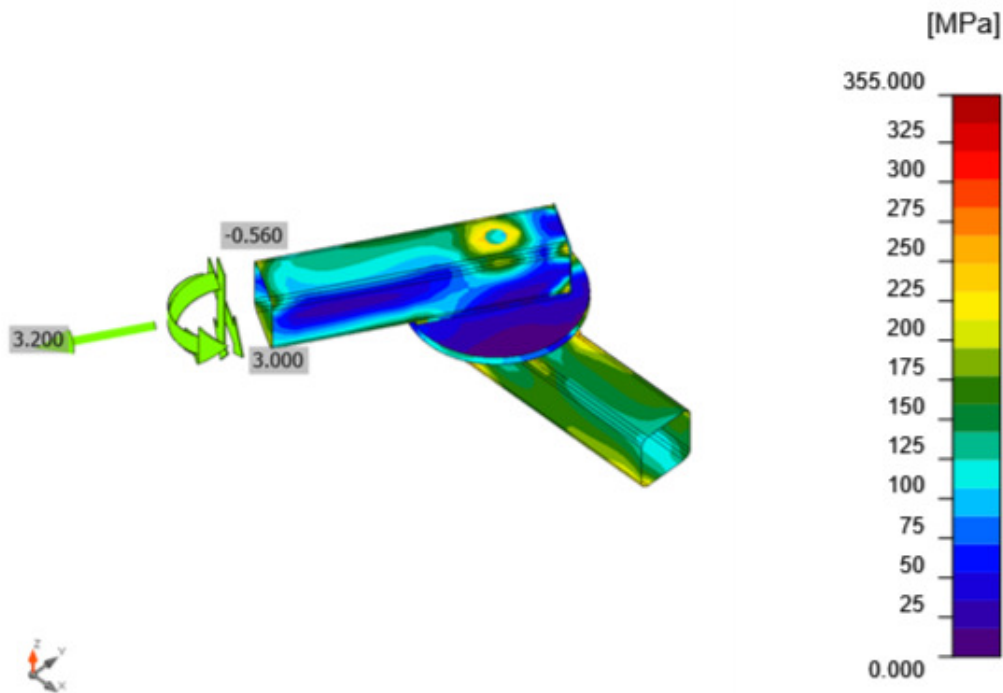
Nom	Valeur	État
Analyse	100.0%	OK
Platines	1.89 < 5.00%	OK
Boulons	93.7 < 100%	OK
Soudures	98.1 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	
GMNA	Calculé	

Platines

Nom	Matériau	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	État
B1	S 235	5.0	LE2	235.911	0.43	0.000	OK
B2	S 235	5.0	LE2	235.806	0.38	20.889	OK
SP1	S 355	8.0	LE2	355.166	0.08	32.721	OK
SP2	S 355	8.0	LE2	355.186	0.09	116.868	OK
SP3	S 235	3.0	LE2	238.971	1.89	0.000	OK
SP4	S 235	3.0	LE2	236.370	0.65	0.000	OK

Données de conception

Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 235	235.000	5.00
S 355	355.000	5.00



Contrainte équivalente, LE2

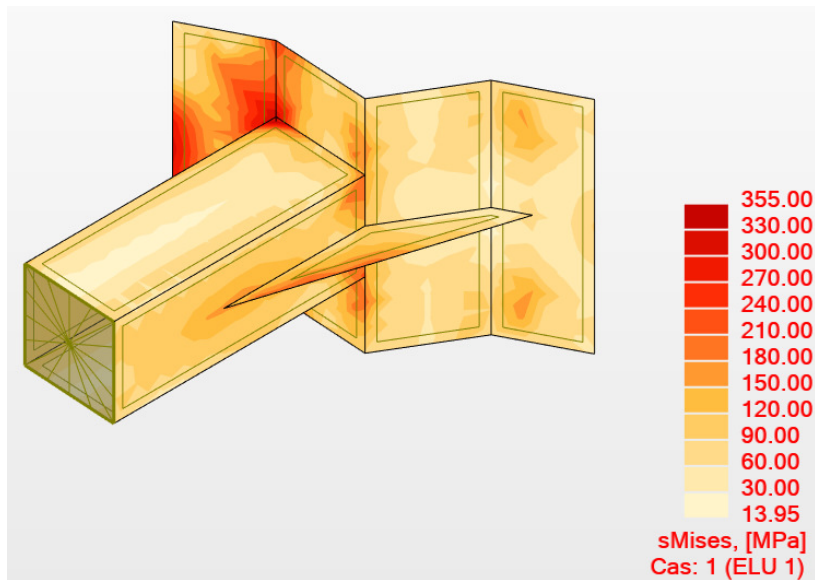
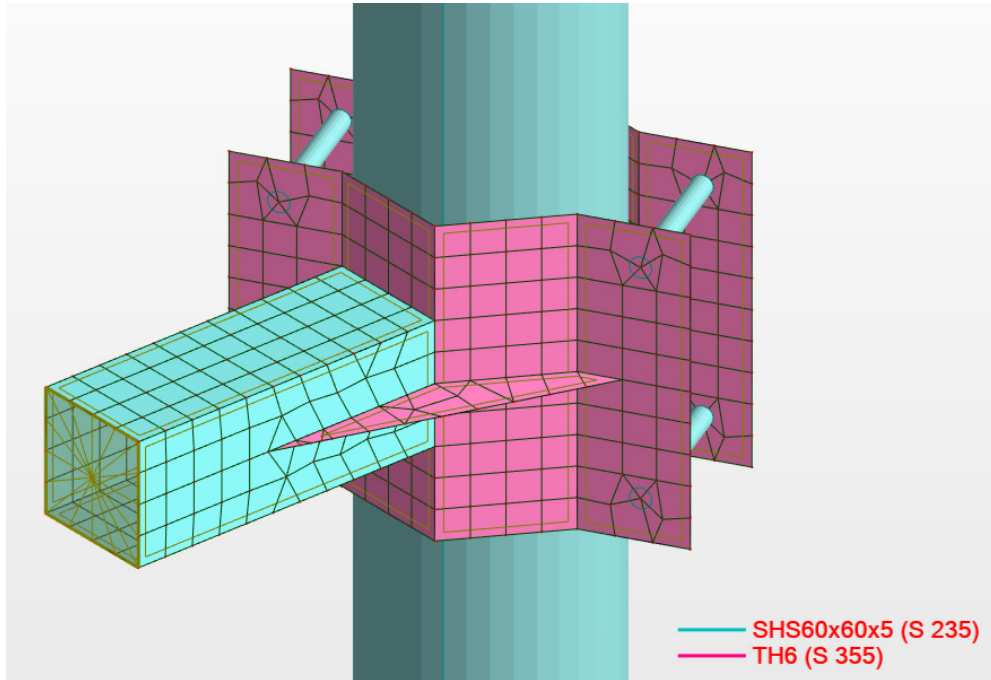
Boulons

	Nom	Classe	Charges	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Principes de construction	État
	B1	M16 8.8 - 1	LE1	9.958	21.063	14.67	125.440	41.93	49.79	OK	OK
	B2	AXE Ø10 A2-80 - 2	LE2	18.645	16.130	55.81	66.018	53.85	93.72	OK	OK

Données de conception

Nom	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M16 8.8 - 1	90.432	67.858	50.240
AXE Ø10 A2-80 - 2	33.408	106.402	29.952

5.4 Collier



$\sigma_{Ed} < 355 \text{ Mpa}$ - OK

F _{t,Ed} (kN)	F _{v,Ed} (kN)	Type	Boulons			EN 1993-1-8:2010 Tableau 3.4			
			∅	N°	Acier	F _{v,Rd} (kN)	F _{t,Rd} (kN)	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	Ratio
12.84	20	▪ →	M12	1	8.8	32.37	48.56	0.81	81%