

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 :

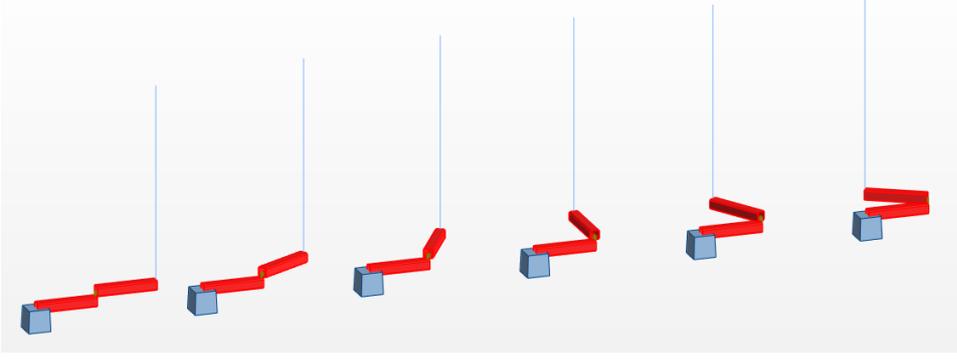
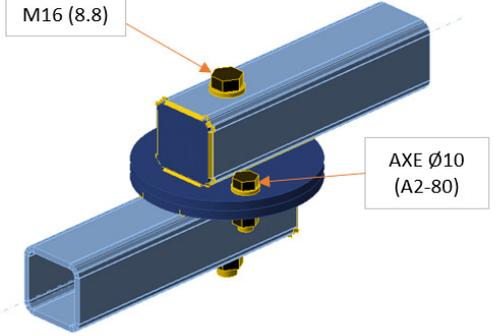
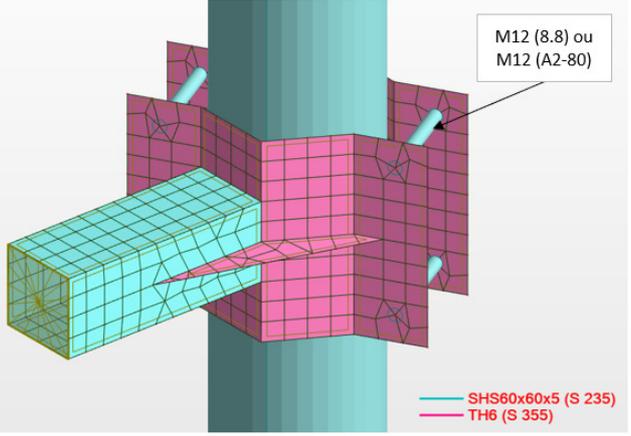
- NF EN 1993-1-1 2005: Calcul des structures en acier. Règles générales et règles pour les bâtiments et son annexe nationale
- NF EN 1993-3-1 2007: Calcul des structures en acier - Partie 3-1: Tours, mâts et cheminées - Pylônes et mâts haubanés
- NF EN 1993-3-2 2007: Calcul des structures en acier -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

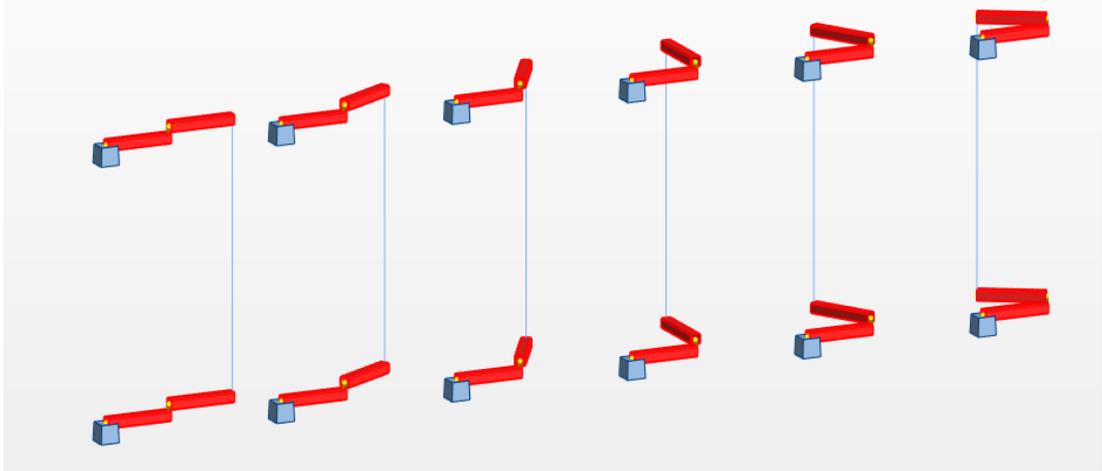
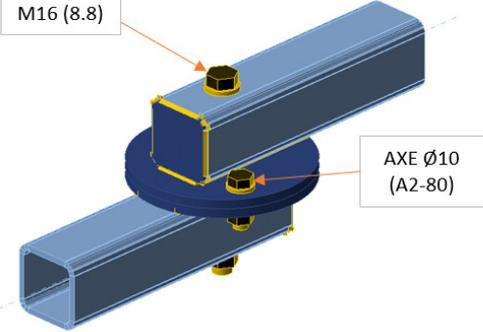
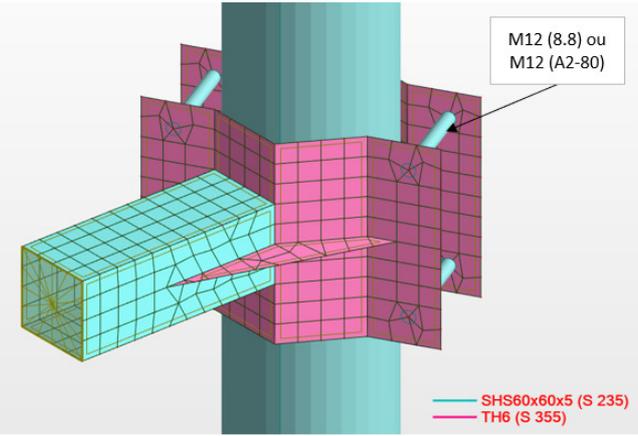
2.6 Descriptif sommaire :

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) $f_y = 235.00$ MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: SHSH 60x60x5

| | | | |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| h=6.0 cm | $gM0=1.00$ | $gM1=1.00$ | |
| b=6.0 cm | $A_y=5.35$ cm ² | $A_z=5.35$ cm ² | $A_x=10.70$ cm ² |
| tw=0.5 cm | $I_y=53.30$ cm ⁴ | $I_z=53.30$ cm ⁴ | $I_x=86.40$ cm ⁴ |
| tf=0.5 cm | $W_{ely}=17.77$ cm ³ | $W_{elz}=17.77$ cm ³ | |

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

| | | | |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| $N_{,Ed} = -1.53$ kN | $M_{y,Ed} = -1.47$ kN*m | $M_{z,Ed} = -1.23$ kN*m | $V_{y,Ed} = 1.53$ kN |
| $N_{t,Rd} = 251.45$ kN | $M_{y,el,Rd} = 4.18$ kN*m | $M_{z,el,Rd} = 4.18$ kN*m | $\tau_{\text{au},y,\text{max},Ed} = 3.26$ MPa |
| | $M_{y,c,Rd} = 4.18$ kN*m | $M_{z,c,Rd} = 4.18$ kN*m | $V_{z,Ed} = -0.56$ kN |
| | | | $\tau_{\text{au},z,\text{max},Ed} = -1.19$ MPa |
| | | | $T_{t,Ed} = -1.03$ 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:

$$N_{,Ed}/N_{t,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.65 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\text{Sig}_{x,Ed})^2 + 3 * (\text{Tau}_{ty,Ed})^2} / (f_y / gM0) = 0.70 < 1.00 \quad (6.2.1(5))$$

$$(\text{Tau}_{y,\text{max},Ed} + \text{Tau}_{ty,Ed}) / (f_y / (\sqrt{3} * gM0)) = 0.28 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$(\text{Tau}_{z,\text{max},Ed} + \text{Tau}_{tz,Ed}) / (f_y / (\sqrt{3} * gM0)) = 0.26 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

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) $f_y = 235.00$ MPa


PARAMETRES DE LA SECTION: SHSH 60x60x5

h=6.0 cm

 $g_{M0}=1.00$
 $g_{M1}=1.00$

b=6.0 cm

 $A_y=5.35$ cm²
 $A_z=5.35$ cm²
 $A_x=10.70$ cm²

tw=0.5 cm

 $I_y=53.30$ cm⁴
 $I_z=53.30$ cm⁴
 $I_x=86.40$ cm⁴

tf=0.5 cm

 $W_{ely}=17.77$ cm³
 $W_{elz}=17.77$ cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

 $M_{y,Ed} = -0.31$ kN*m

 $M_{z,Ed} = -2.22$ kN*m

 $V_{y,Ed} = 3.20$ kN

 $M_{y,el,Rd} = 4.18$ kN*m

 $M_{z,el,Rd} = 4.18$ kN*m

 $\tau_{y,max,Ed} = 6.83$ MPa

 $M_{y,c,Rd} = 4.18$ kN*m

 $M_{z,c,Rd} = 4.18$ kN*m

 $V_{z,Ed} = -0.47$ kN

 $\tau_{z,max,Ed} = -1.00$ MPa

 $T_{t,Ed} = -0.19$ 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:

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

 $\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\tau_{xy,Ed})^2} / (f_y/g_{M0}) = 0.61 < 1.00$ (6.2.1(5))

 $(\tau_{y,max,Ed} + \tau_{xy,Ed}) / (f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.10 < 1.00$ (6.2.6-7)

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

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

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

Profil correct !!!

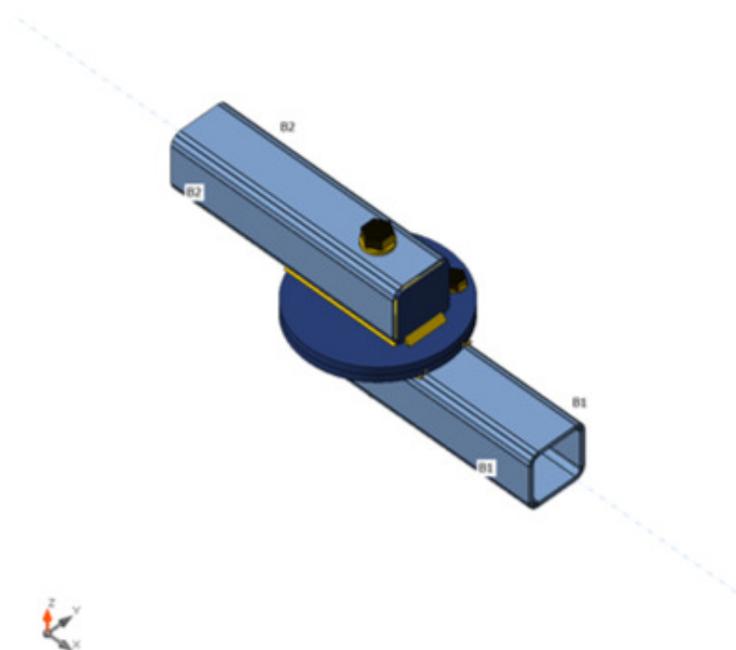
 La résistance mécanique est satisfaisante, le ratio maximum est **61%**.

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

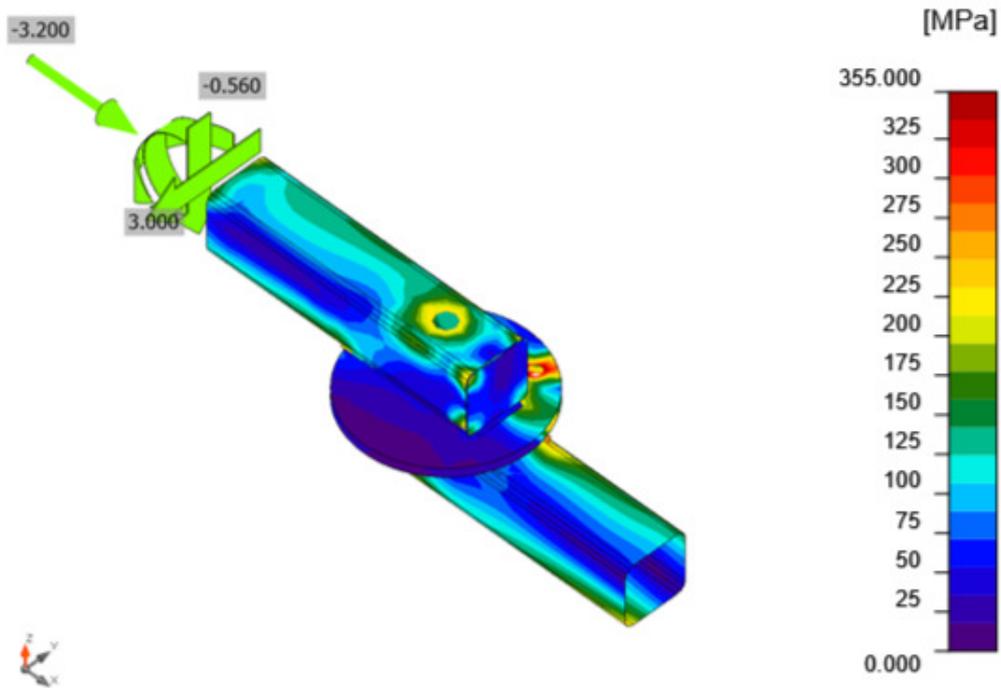
| Nom | Valeur | État |
|-----------|--------------|------|
| Analyse | 100.0% | OK |
| Platines | 1.62 < 5.00% | OK |
| Boulons | 92.8 < 100% | OK |
| Soudures | 97.6 < 100% | OK |
| Voilement | Pas calculé | |
| GMNA | Calculé | |

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 |

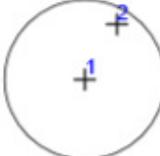
Données de conception

| 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 |

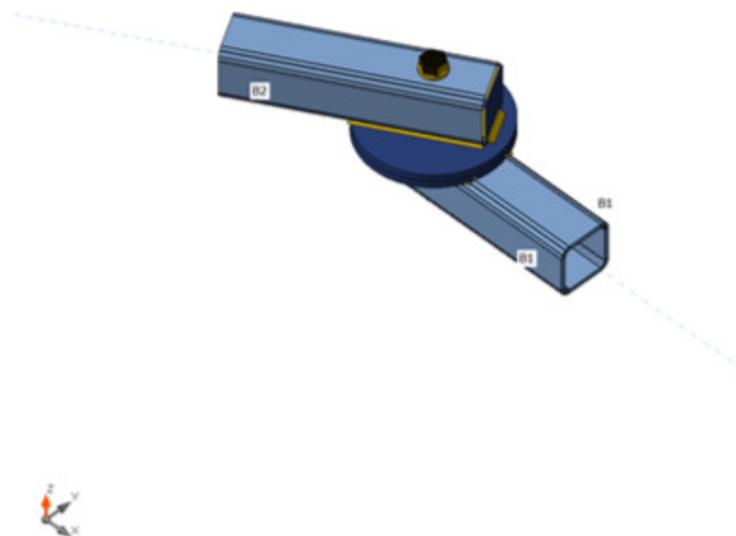
Données de conception

| 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

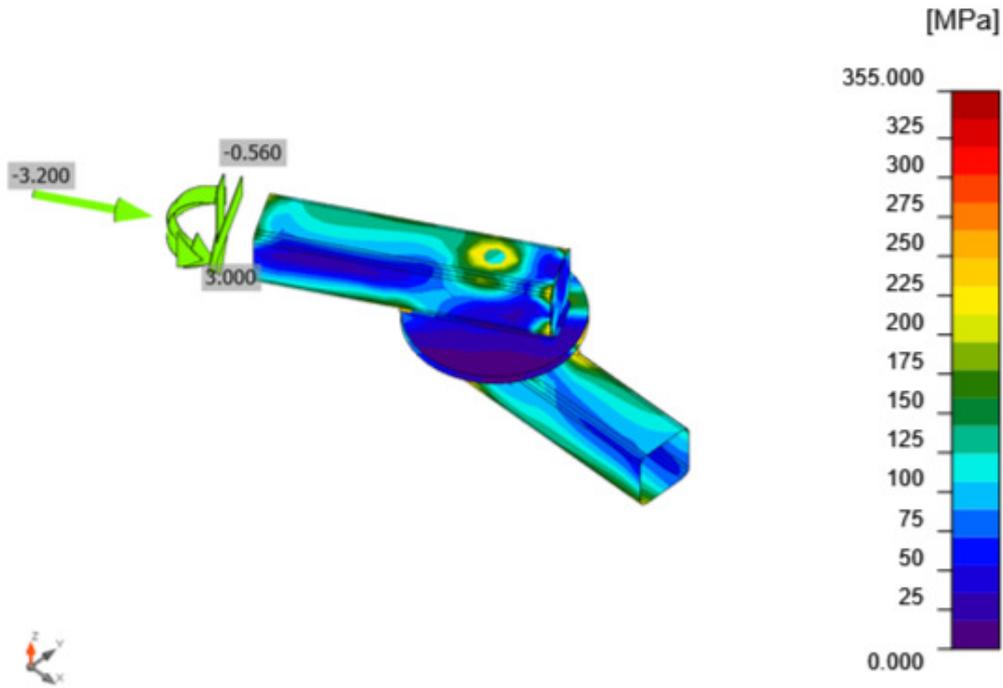
| Nom | Valeur | État |
|-----------|--------------|------|
| Analyse | 100.0% | OK |
| Platines | 1.69 < 5.00% | OK |
| Boulons | 92.5 < 100% | OK |
| Soudures | 98.0 < 100% | OK |
| Voilement | Pas calculé | |
| GMNA | Calculé | |

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 |

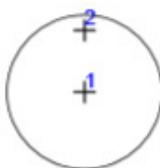
Données de conception

| 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 |

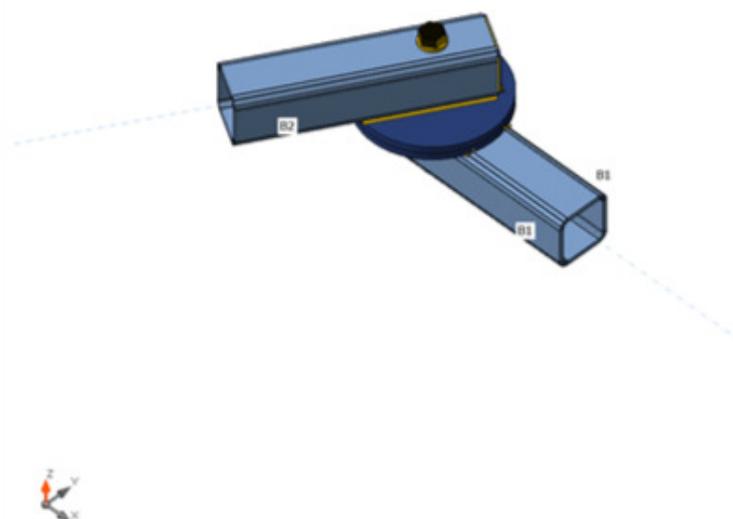
Données de conception

| 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

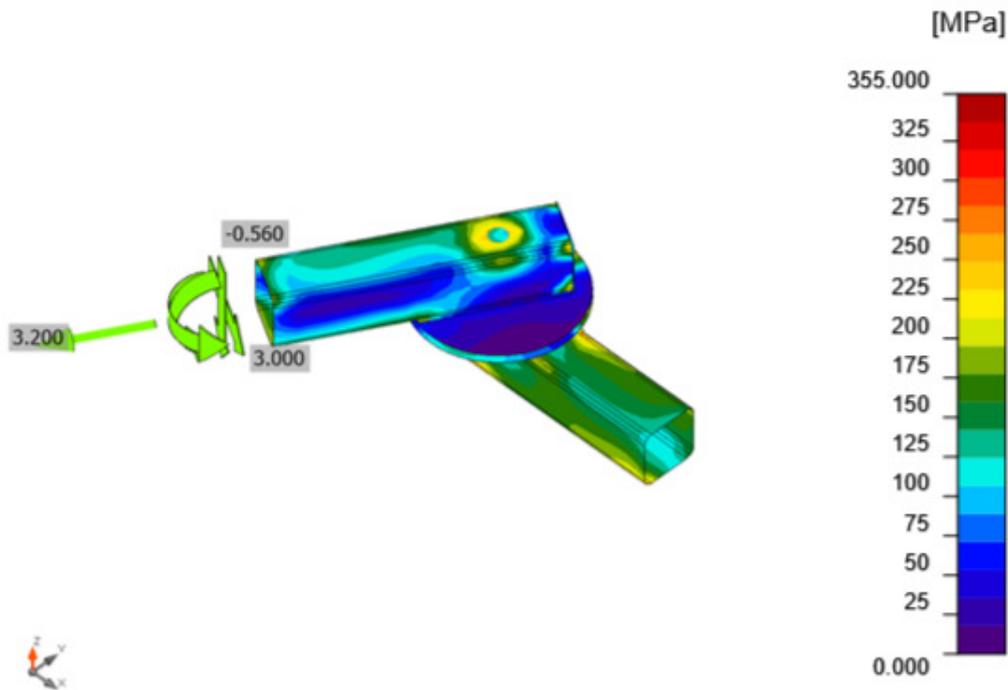
| Nom | Valeur | État |
|-----------|--------------|------|
| Analyse | 100.0% | OK |
| Platines | 1.89 < 5.00% | OK |
| Boulons | 93.7 < 100% | OK |
| Soudures | 98.1 < 100% | OK |
| Voilement | Pas calculé | |
| GMNA | Calculé | |

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 |

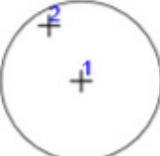
Données de conception

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



Contrainte équivalente, LE2

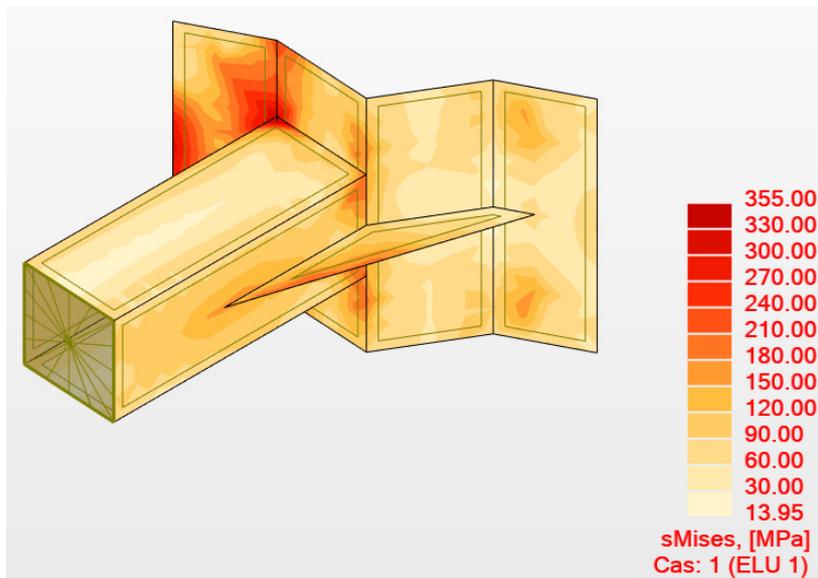
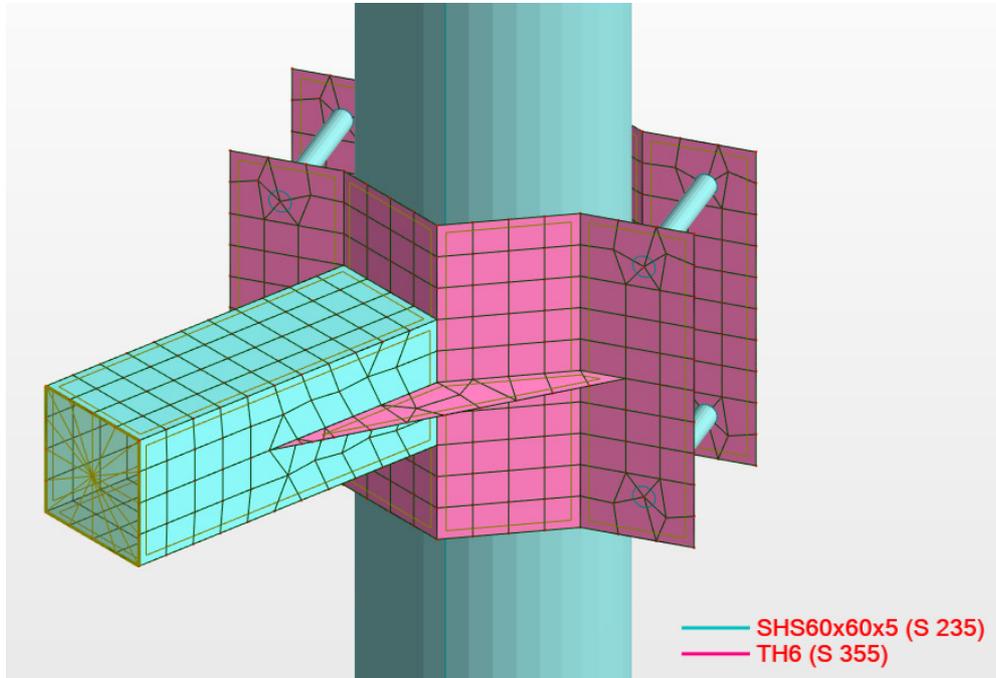
Boulons

| | 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% |