



ASD  
Route de Neuville  
08460 LALOBBE  
Tél.: +33 (0)3 24 59 41 91  
Fax: +33 (0)3 24 59 01 97

---

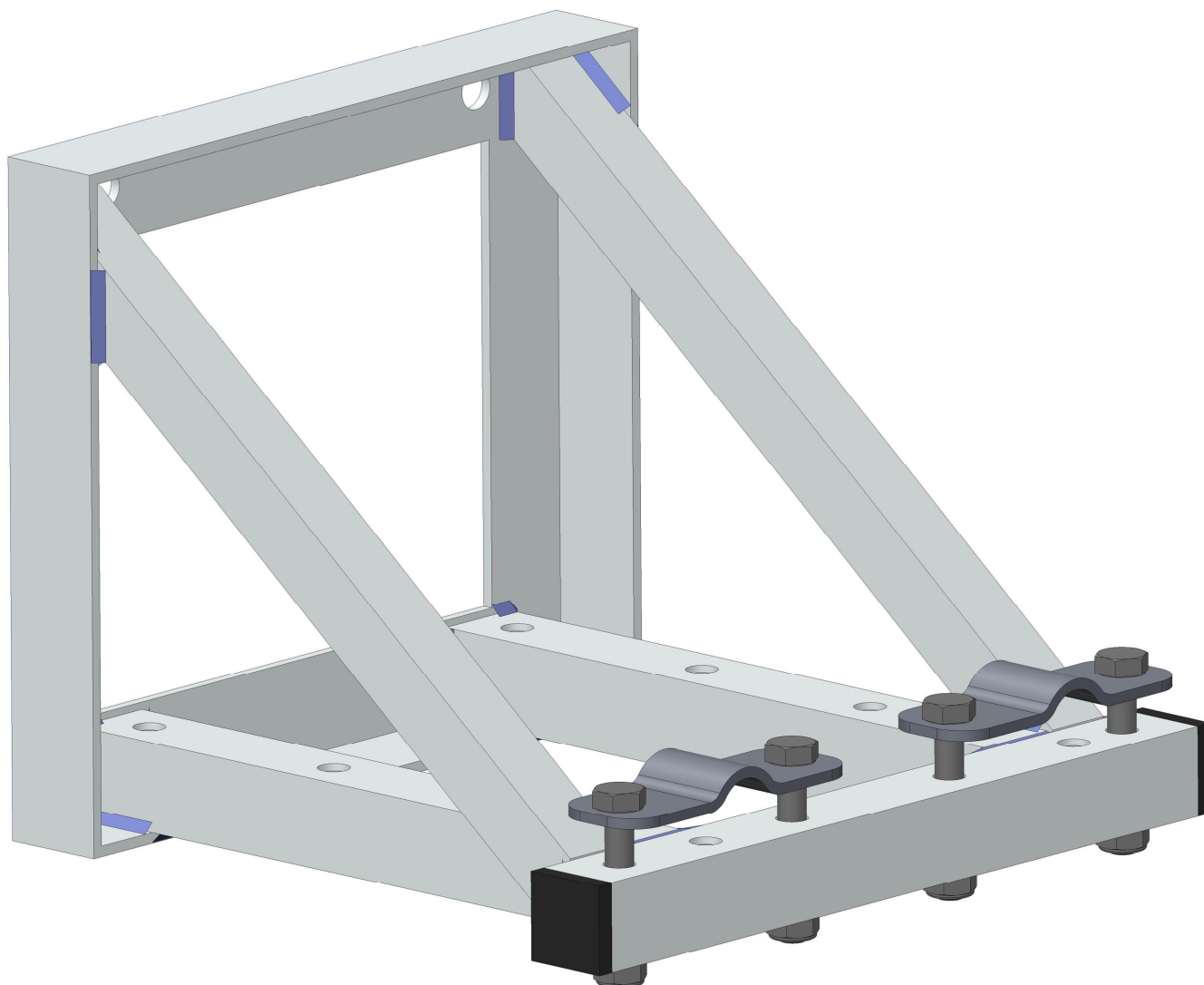
## Note de calcul : FM15 - ALU - 180kg

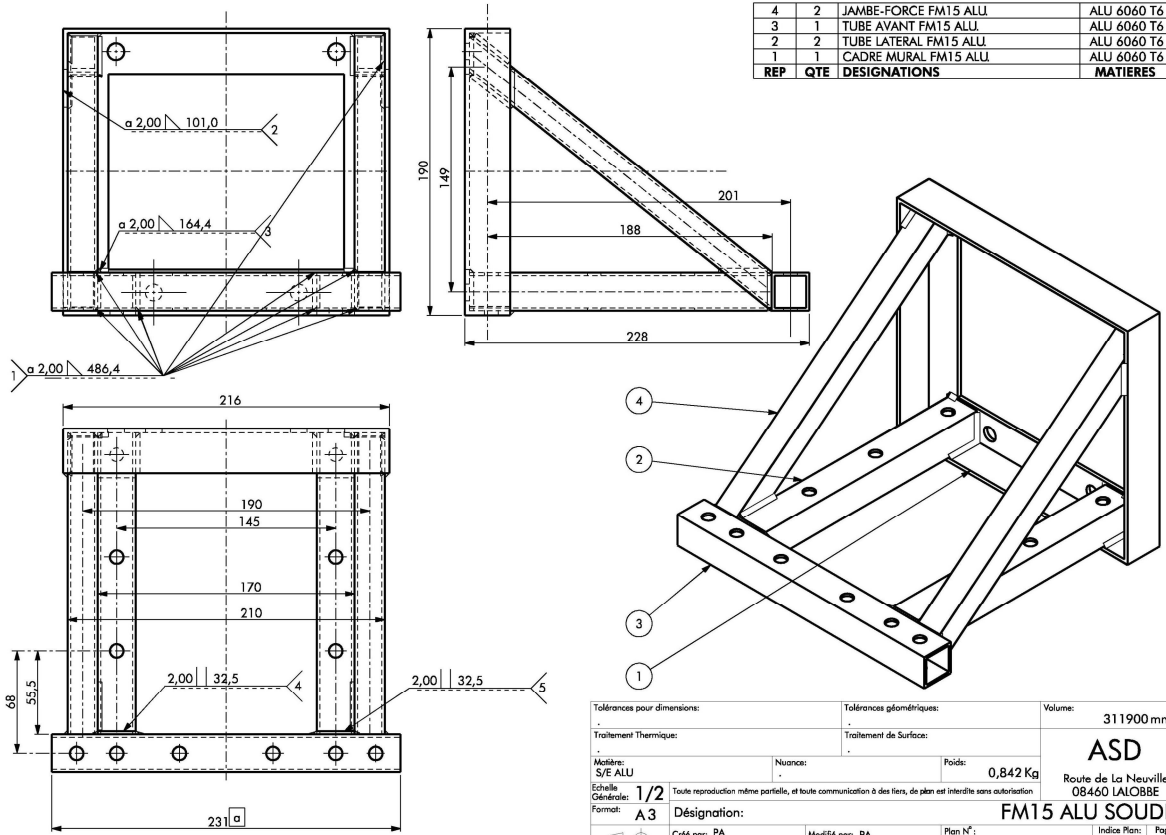
Date: ..... vendredi 16 novembre 2018

Concepteur: ..... PA

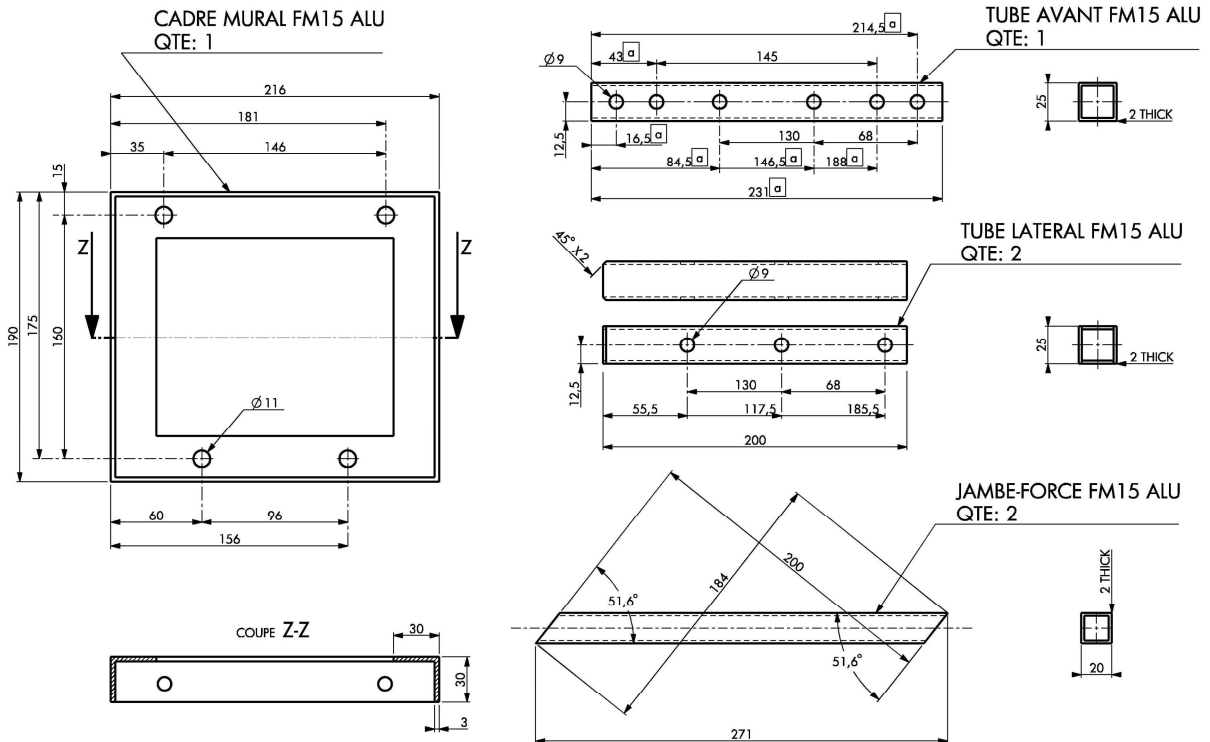
### Sommaire

Description FM15 ALU:.....	4
Caractéristiques - ALU 6060-T6 : .....	4
Caractéristiques - Cornière 30-30-3 : .....	4
Caractéristiques - Tube 20-20-2 .....	5
Caractéristiques - Tube 25-25-2 : .....	5
Paramètres du calcul du logiciel Freelem 11.0.0, conformément à l'Eurocode3 .....	6
Hypothèses : .....	6
Plan de chargement : .....	6
Tableau des nœuds .....	7
Tableau des barres.....	7
Caractéristiques matériaux.....	8
Caractéristiques profilés.....	8
Tableau des chargements.....	8
Tableau des combinaisons.....	8
Résultats : .....	9
Résultats déplacements ELS 201 .....	9
Résultats réactions ELU 301 .....	9
Résultats contraintes ELU 301 .....	10
Conclusion : .....	10





Tolérances pour dimensions:	Tolérances géométriques:	Volume: 311900 mm <sup>3</sup>
Traitement Thermique:	Traitement de Surfaces:	
Matériau: S/E ALU	Nuance:	Poids: 0,842 Kg
Echelle Générale: 1/2	Toute reproduction même partielle, et toute communication à des tiers, de plan est interdite sans autorisation	
Format: A3	Désignation: FM15 ALU SOUDEE	Route de La Neuville 08460 LALOBBE
Créé par: PA lc: 06.11.2018	Modifié par: PA lc: 13.11.2018	Plan N°: A
		Indice Plan: Page: 1/2



FM15 ALU SOUDEE . A 2/2

## Description FM15 ALU:

La FM15 (suivant plan ci-dessus) est constituée de:

- 1 cadre mural, en cornière alu de 30-30-3, en ALU 6060-T6
- 2 tubes horizontaux, en tube alu carré de 25-25-2, en ALU 6060-T6
- 1 tube avant, en tube alu carré de 25-25-2, en ALU 6060-T6
- 2 tubes renfort, en tube alu carré de 20-2, en ALU 6060-T6

## Caractéristiques - ALU 6060-T6 :

Limite d'élasticité =  $f_y > 140\text{MPa}$

Résistance traction =  $f_u > 170\text{MPa}$

Allongement 50mm =  $A_{50} > 6\%$

Dureté HB2.5/62.5 > 90HB

Module d'élasticité longitudinale =  $E = 79500\text{MPa}$

Module d'élasticité transversale =  $G = 27000\text{MPa}$

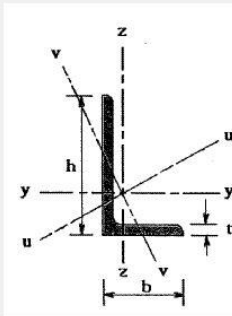
Coefficient de Poisson =  $\nu = 0.30$

Coefficient de dilatation =  $\alpha = 2.0 \times 10^{-5} (/K)$

Masse volumique =  $\rho = 2700\text{kg} / \text{m}^3$

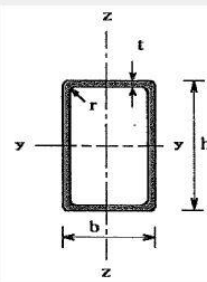
## Caractéristiques - Cornière 30-30-3 :

Nom	L 030 x 030 x 3		
Dimension h (D pour tube)	30	mm	
Dimension b (D pour tube)	30	mm	
Épaisseur âme	3	mm	
Épaisseur ailes	3	mm	
Aire	171	mm <sup>2</sup>	
Section réduite Y	90	mm <sup>2</sup>	
Section réduite Z	90	mm <sup>2</sup>	
Facteur de résistance au cisaillement Y	75	mm <sup>2</sup>	
Facteur de résistance au cisaillement Z	75	mm <sup>2</sup>	
Inertie de torsion	0.05	cm <sup>4</sup>	
Inertie Iy (flexion forte)	1.46	cm <sup>4</sup>	
Inertie Iz (flexion faible)	1.46	cm <sup>4</sup>	
Module de torsion	0.17	cm <sup>3</sup>	
Module de flexion élastique fort Wely	0.68	cm <sup>3</sup>	
Module de flexion plastique fort Wply	0.68	cm <sup>3</sup>	(EC3 - flexion classes 1/2)
Module de flexion élastique faible Welz	0.68	cm <sup>3</sup>	
Module de flexion plastique faible Wplz	0.68	cm <sup>3</sup>	(EC3 - flexion classes 1/2)
Inertie Iw de gauchissement (cm <sup>6</sup> )	0	cm <sup>6</sup>	(EC3 - déversement)
Classe de section (flexion)	3		(EC3)



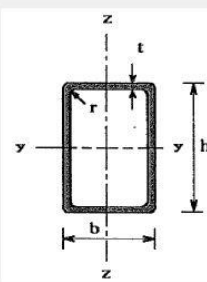
## Caractéristiques - Tube 20-20-2

Nom	CARRE 20-2	
Dimension h (D pour tube)	20	mm
Dimension b (D pour tube)	20	mm
Epaisseur âme	2	mm
Epaisseur ailes	2	mm
Aire	144	mm <sup>2</sup>
Section réduite Y	80	mm <sup>2</sup>
Section réduite Z	80	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Y	66.67	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Z	66.67	mm <sup>2</sup>
Inertie de torsion	1.17	cm <sup>4</sup>
Inertie Iy (flexion forte)	0.79	cm <sup>4</sup>
Inertie Iz (flexion faible)	0.79	cm <sup>4</sup>
Module de torsion	1.3	cm <sup>3</sup>
Module de flexion élastique fort Wely	0.79	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique fort Wply	0.98	cm <sup>3</sup> (EC3 - flexion classes 1/2)
Module de flexion élastique faible Welz	0.79	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique faible Wplz	0.98	cm <sup>3</sup> (EC3 - flexion classes 1/2)
Inertie Iw de gauchissement (cm <sup>6</sup> )	0	cm <sup>6</sup> (EC3 - déversement)
Classe de section (flexion)	1	(EC3)



## Caractéristiques - Tube 25-25-2 :

Nom	CARRE 25-2	
Dimension h (D pour tube)	25	mm
Dimension b (D pour tube)	25	mm
Epaisseur âme	2	mm
Epaisseur ailes	2	mm
Aire	184	mm <sup>2</sup>
Section réduite Y	100	mm <sup>2</sup>
Section réduite Z	100	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Y	83.33	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Z	83.33	mm <sup>2</sup>
Inertie de torsion	2.43	cm <sup>4</sup>
Inertie Iy (flexion forte)	1.63	cm <sup>4</sup>
Inertie Iz (flexion faible)	1.63	cm <sup>4</sup>
Module de torsion	2.12	cm <sup>3</sup>
Module de flexion élastique fort Wely	1.3	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique fort Wply	1.59	cm <sup>3</sup> (EC3 - flexion classes 1/2)
Module de flexion élastique faible Welz	1.3	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique faible Wplz	1.59	cm <sup>3</sup> (EC3 - flexion classes 1/2)
Inertie Iw de gauchissement (cm <sup>6</sup> )	0	cm <sup>6</sup> (EC3 - déversement)
Classe de section (flexion)	1	(EC3)



## Paramètres du calcul du logiciel Freelem 11.0.0, conformément à l'Eurocode3

Code de calcul = NF EN 1993-1-1 de octobre 2005 - Calcul des structures en acier (+ annexe de mai 2007)

Les hypothèses de calculs EC3 sont :

- 1 - Pas d'étude de torsion spécifique (torsion intégrée au cisaillement dû aux efforts tranchants)
- 2 - Pas de calculs des caractéristiques efficaces des profilés de classe 4 (valeurs élastiques en lieu et place)
- 3 - Simplification pénalisante de l'écriture flexion+axial+cisaillement :  
pour les profilés de classe 1 ou 2 :  $N/A + Mfy/Wply + Mfz/Wplz \leq (1-\rho)fy$   
pour les profilés de classe 3 et 4 : idem avec  $Wel$  au lieu de  $Wpl$ , avec  $\rho \leq 0.9$
- 4 - Abus de notation en raisonnant directement sur contraintes et non sur efforts/moments (résultats inchangés)  
 $\sigma$  flexion calculée avec  $Wpl$  pour sections classe 1 et 2,  $Wel$  sinon
- 5 - Seul le flambement par flexion est étudié, suivant §6.3.1.1, §6.3.1.2 et §6.3.1.3  
le flambement par flexion-torsion peut être dominant pour les U, les T et les cornières  
le flambement par torsion peut être dominant pour les profilés cruciformes  
les sections creuses (rond ou rectangle) sont considérées formées à froid, et les I/H laminés (non soudés)
- 6 - Déversement suivant §6.3.2.1 et §6.3.2.2\_Cas général  
charge considérée au niveau des ailes, vers centre de cisaillement, donc  $z_g = +h/2$  (déstabilisant)  
 $M_{cr}$  calculé avec longueur =  $L_{dev}$ ,  $k = k_w = 1$  et  $z_j = 0$   
coef de réduction de déversement calculé uniquement sur I/H considérés laminés (non soudés), et sur U pour les autres profilés, le coefficient de réduction déversement est égal à 1  
traverses : modèle conseillé = poutre bi-appuyée sous charge linéique  
poteaux : modèle conseillé = moments aux extrémités  
attention au modèle de moments : résultats de déversement fonction du maillage car  $M_{cr}$  dépend de C1 qui lui-même dépend du quotient des contraintes aux nœuds de la barre traitée
- 7 - Interactions flambement/déversement §6.3.3 (6.61) et (6.62), kij selon annexe A

Méthode de calcul des efforts de traction dans les chevilles d'ancrage

Equilibrage des moments par les entraxes entre chevilles (pas de prise en compte de compression sur béton)

Vérification des boulons suivant NF P 22-430 janvier 1982

Programmation de la vérification des boulons suivant NF EN 1993-1-8 décembre 2005 §3.6.1 à venir

Critères utilisés NF P 22-430 : (1 seul plan de cisaillement considéré)

$1.25 \times T / A_r \leq \sigma_{ADM}$

$1.54 \times C / A_r \leq \sigma_{ADM}$

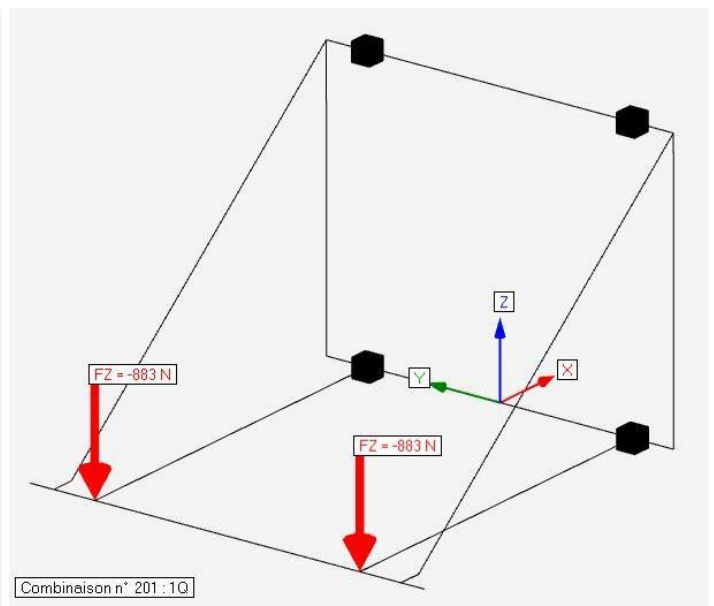
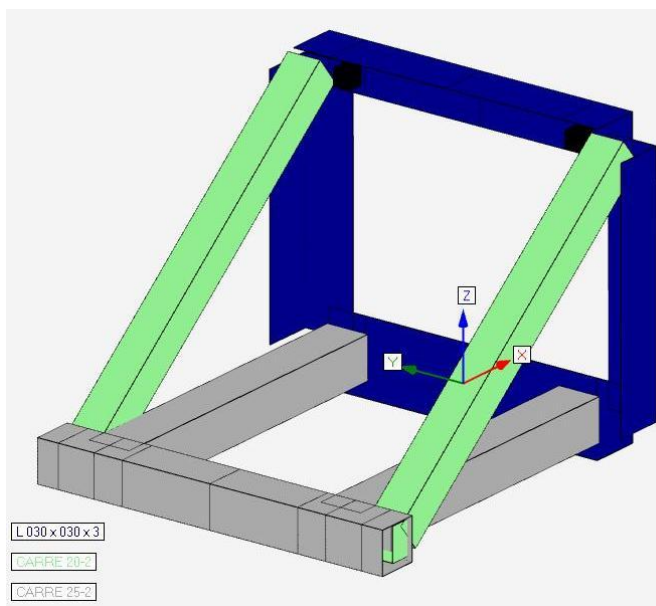
$\text{racine}(T^2 + 2.36 C^2) / A_r \leq \sigma_{ADM}$

### Hypothèses :

- Le poids de la fixation murale n'est pas pris en compte
- La FM15 est fixée au mur par 4 vis M8 => les degrés de liberté sont bloqués en X , Y et Z

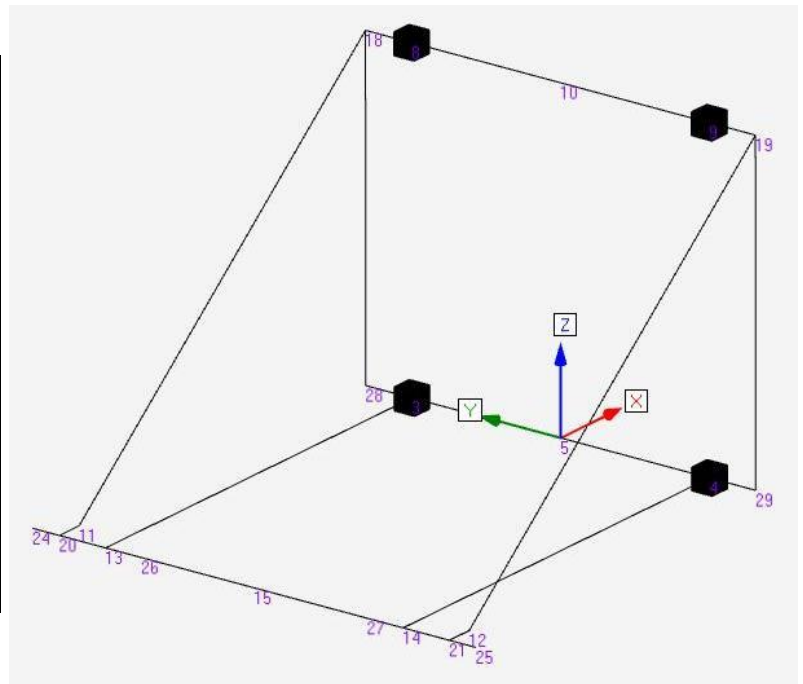
### Plan de chargement :

2 forces FZ (-883N) sont appliquées sur le tube avant (soit 180kg au total)



## Tableau des nœuds

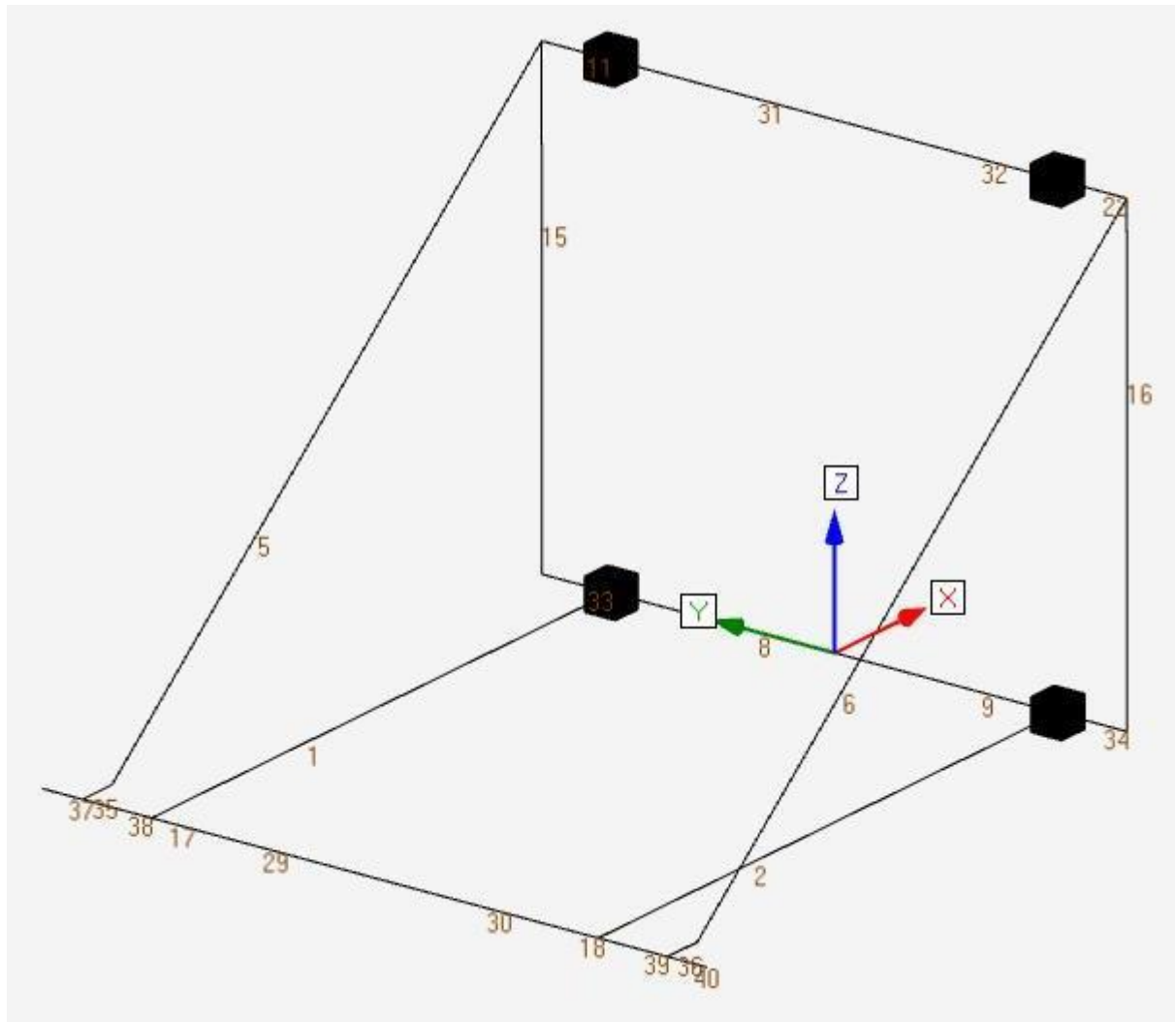
N°	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Appui
3	0	72.5	0	Encastrement
4	0	-72.5	0	Encastrement
5	0	0	0	Libre
8	0	72.5	149	Encastrement
9	0	-72.5	149	Encastrement
10	0	0	149	Libre
11	-188	95	0	Libre
12	-188	-95	0	Libre
13	-201	72.5	0	Libre
14	-201	-72.5	0	Libre
15	-201	0	0	Libre
18	0	95	149	Libre
19	0	-95	149	Libre
20	-201	95	0	Libre
21	-201	-95	0	Libre
24	-201	108	0	Libre
25	-201	-108	0	Libre
26	-201	55	0	Libre
27	-201	-55	0	Libre
28	0	95	0	Libre
29	0	-95	0	Libre



## Tableau des barres

N°	Noeud 1	Noeud 2	Profilé	Liaisons	Matériau	Angle (°)	Lfy (mm)	Lfz (mm)	Ldev (mm)	Modèle dévers.
1	3	13	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	0	201	201	201	Aucun-déversement
2	4	14	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	0	201	201	201	Aucun-déversement
5	18	11	CARRE 20-2	Enc-Enc	6060-T6	0	240	240	240	Aucun-déversement
6	19	12	CARRE 20-2	Enc-Enc	6060-T6	0	240	240	240	Aucun-déversement
8	3	5	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	90	73	73	73	Aucun-déversement
9	5	4	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	90	73	73	73	Aucun-déversement
11	18	8	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	180	23	23	23	Aucun-déversement
15	28	18	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	270	149	149	149	Aucun-déversement
16	29	19	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	0	149	149	149	Aucun-déversement
17	26	13	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	18	18	18	Aucun-déversement
18	27	14	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	18	18	18	Aucun-déversement
22	9	19	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	180	23	23	23	Aucun-déversement
29	15	26	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	55	55	55	Aucun-déversement
30	15	27	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	55	55	55	Aucun-déversement
31	8	10	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	180	73	73	73	Aucun-déversement
32	10	9	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	180	73	73	73	Aucun-déversement
33	28	3	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	90	23	23	23	Aucun-déversement
34	4	29	L 030 x 030 x 3	Enc-Enc	6060-T6	90	23	23	23	Aucun-déversement
35	11	20	CARRE 20-2	Enc-Enc	6060-T6	90	13	13	13	Aucun-déversement
36	12	21	CARRE 20-2	Enc-Enc	6060-T6	90	13	13	13	Aucun-déversement
37	24	20	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	13	13	13	Aucun-déversement
38	20	13	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	23	23	23	Aucun-déversement
39	14	21	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	23	23	23	Aucun-déversement
40	21	25	CARRE 25-2	Enc-Enc	6060-T6	90	13	13	13	Aucun-déversement





### Caractéristiques matériaux

Matériau	E (MPa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	G (MPa)	Re (MPa)	Rm (MPa)
6060-T6	70000	2700	27000	140	170

### Caractéristiques profilés

Profilé	Ax (mm <sup>2</sup> )	Ay (mm <sup>2</sup> )	Az (mm <sup>2</sup> )	Wy (mm <sup>2</sup> )	Wz (mm <sup>2</sup> )	It (cm <sup>4</sup> )	Wt (cm <sup>3</sup> )	Iy (cm <sup>4</sup> )	Wely (cm <sup>3</sup> )	Iz (cm <sup>4</sup> )	Welz (cm <sup>3</sup> )	Cl.	Wply (cm <sup>3</sup> )	Wplz (cm <sup>3</sup> )	Iw (cm <sup>6</sup> )
CARRE 25-2	184	100	100	83	83	2.4	2.12	1.6	1.3	1.6	1.3	1	1.59	1.59	0
CARRE 20-2	144	80	80	67	67	1.2	1.3	.8	.79	.8	.79	1	.98	.98	0
L 030 x 030 x 3	171	90	90	75	75	.1	.17	1.5	.68	1.5	.68	3	.68	.68	0

### Tableau des chargements

CasN°	Nom	Type	Localisation	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	Niveau Eurocode3
1	Q	Nodal	13/14			-883 N				Exploitation

### Tableau des combinaisons

N°	Nom	Cas	Coef	Règle	Niveau Eurocode3
201	1Q	1	1	Linéaire	ELS
301	1.7Q	1	1.7	Linéaire	ELU



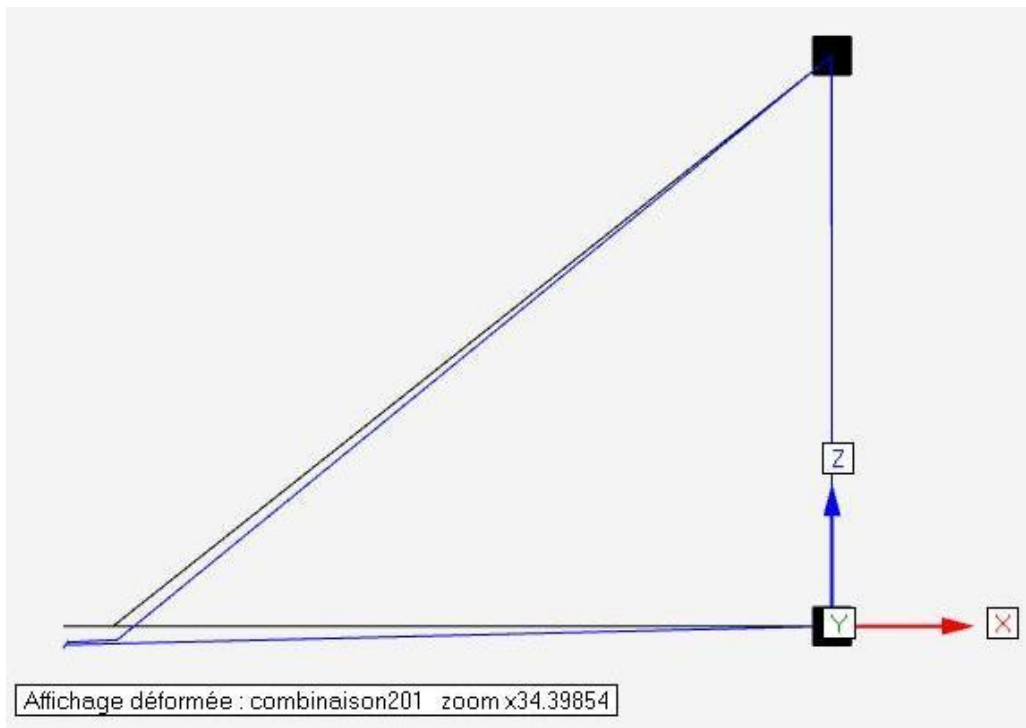
## Résultats :

### Résultats déplacements ELS 201

Noeud	Cas	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
15	201	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	0.00
27	201	0.01	0.00	-0.15	0.00	0.00	0.00
26	201	0.01	0.00	-0.15	0.00	0.00	0.00
14	201	0.02	0.00	-0.14	0.00	0.00	0.00
13	201	0.02	0.00	-0.14	0.00	0.00	0.00
21	201	0.03	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
20	201	0.03	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
25	201	0.04	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00
24	201	0.04	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00
12	201	0.03	0.01	-0.10	0.00	0.00	0.00

Flèche verticale au centre du tube avant => Dz = 0.17mm / 201mm = 1/1182<sup>ème</sup> => satisfaisant

Vue déformée (amplifiée x 36)



### Résultats réactions ELU 301

Noeud	Cas	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)	Traction max (N)	Cisaillement max (N)
3	301	-1 913	203	299	-1	17	-10	0	0
4	301	-1 913	-203	299	1	17	10	0	0
8	301	1 913	2	1 202	23	0	-45	0	0
9	301	1 913	-2	1 202	-23	0	45	0	0

Les forces Fx et Fz (aux nœuds 8 et 9) sont appliquées aux vis M8 supérieures:

Vis\_M8\_Classe\_4.6:  $A_s = 35\text{mm}^2$ ,  $f_{ub} = 400\text{MPa}$

$$\text{TRACTION: } F_{t,Ed} = F_x = 1913\text{N} \leq F_{t,Rd} = \frac{0.9 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \times 400 \times 35}{1.25} = 10080\text{N} \Rightarrow \text{satisfaisant}$$

$$\text{CISAILLEMENT: } F_{v,Ed} = F_z = 1202\text{N} \leq F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \times 400 \times 35}{1.25} = 6720\text{N} \Rightarrow \text{satisfaisant}$$

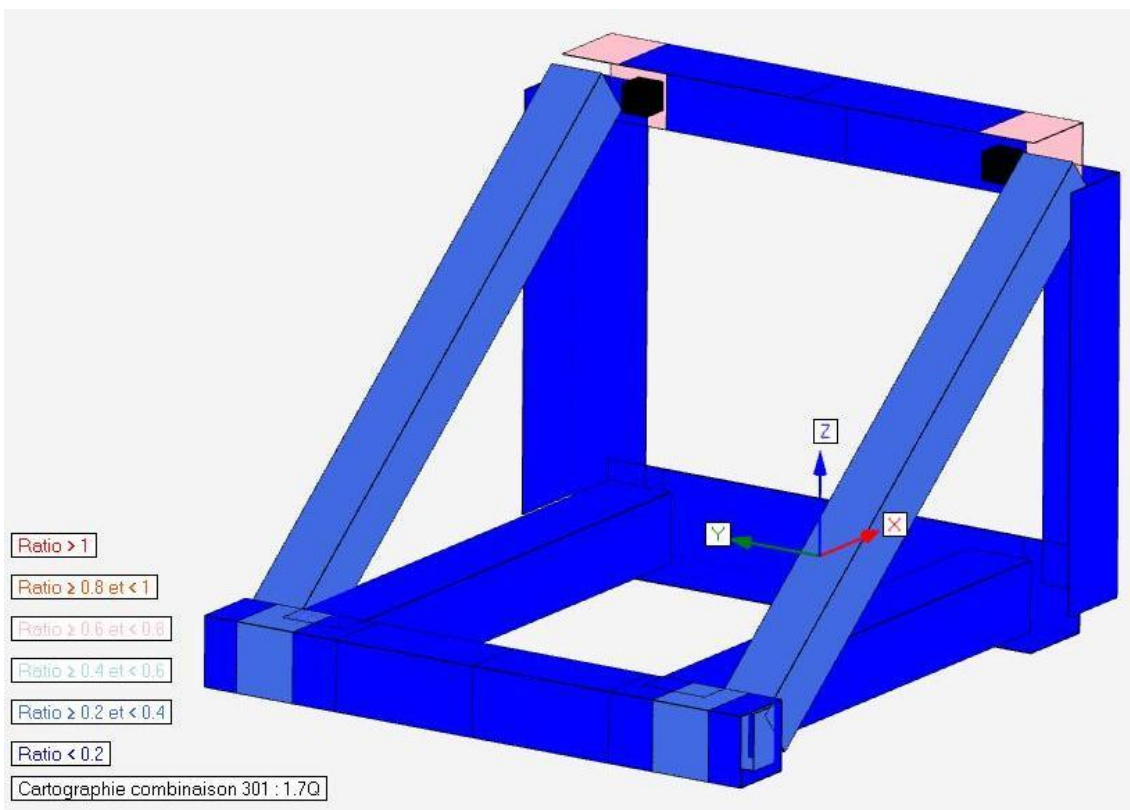
Vérification\_boulon\_cisaillé\_et\_tendu:

$$\frac{F_{t,Ed}}{1.4 \times F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1 \Rightarrow \frac{1913}{1.4 \times 10080} + \frac{1202}{6720} = 0.31 \leq 1 \Rightarrow \text{satisfaisant}$$

## Résultats contraintes ELU 301

Barre	Noeud	Cas	Axial (MPa)	Flexion Y (MPa)	Flexion Z (MPa)	Cisaillement Y (MPa)	Cisaillement Z (MPa)	Torsion (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	Von Mises (MPa)	Ratio axial	Ratio cisaillement	Ratio flexion, axial et cisaillement	Ratio flambement Y	Ratio flambement Z	Ratio déversement	Ratio (6.61)	Ratio (6.62)	Ratio max
22	9	301	0.01	33.47	66.31	25.50	16.02	0.05	99.79	30.16	112.63	0.00	0.37	0.71	0.00	0.00	0.24	0.71	0.71	0.71
11	8	301	0.01	33.47	66.31	25.50	16.02	0.05	99.79	30.16	112.63	0.00	0.37	0.71	0.00	0.00	0.24	0.71	0.71	0.71
38	13	301	-0.32	21.08	15.93	17.46	23.02	3.52	37.32	31.77	66.49	0.00	0.39	0.27	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.39
38	20	301	-0.32	6.07	4.67	17.46	23.02	3.52	11.05	31.77	56.12	0.00	0.39	0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.39
39	21	301	-0.32	6.07	4.67	17.46	23.02	3.52	11.05	31.77	56.12	0.00	0.39	0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.39
39	14	301	-0.32	21.08	15.93	17.46	23.02	3.52	37.32	31.77	66.49	0.00	0.39	0.27	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.39
22	19	301	0.01	6.30	3.02	25.50	16.02	0.05	9.33	30.16	53.07	0.00	0.37	0.07	0.00	0.00	0.04	0.07	0.07	0.37
11	18	301	0.01	6.30	3.02	25.50	16.02	0.05	9.33	30.16	53.07	0.00	0.37	0.07	0.00	0.00	0.04	0.07	0.07	0.37
36	21	301	-13.32	9.85	7.60	21.83	0.88	5.71	30.77	27.55	56.78	0.10	0.34	0.22	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.34
36	12	301	-13.32	9.07	11.70	21.83	0.88	5.71	34.09	27.55	58.65	0.10	0.34	0.24	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.34
35	20	301	-13.32	9.85	7.60	21.83	0.88	5.71	30.77	27.55	56.78	0.10	0.34	0.22	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.34
35	11	301	-13.32	9.07	11.70	21.83	0.88	5.71	34.09	27.55	58.65	0.10	0.34	0.24	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.34
6	12	301	-16.72	11.70	11.81	0.88	0.77	0.23	40.23	1.34	40.30	0.12	0.02	0.29	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.29
5	11	301	-16.72	11.70	11.81	0.88	0.77	0.23	40.23	1.34	40.30	0.12	0.02	0.29	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.29
2	14	301	10.43	4.69	12.40	1.76	0.55	2.05	27.51	3.85	28.31	0.07	0.05	0.20	0.08	0.08	0.03	0.16	0.19	0.20

Cornière supérieure, au niveau des vis M8 : Ratio maxi = 0.71  $\leq$  1 => satisfaisant



## Conclusion :

- La fixation murale FM15 ALU est compatible avec une CMU de 180kg
- Les vis ou chevilles de fixation au mur devront résister à :
  - Traction/Arrachement : 200kg
  - Cisaillement : 125kg