



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 : ANGV359 - ALU

Date: ..... lundi 12 novembre 2018

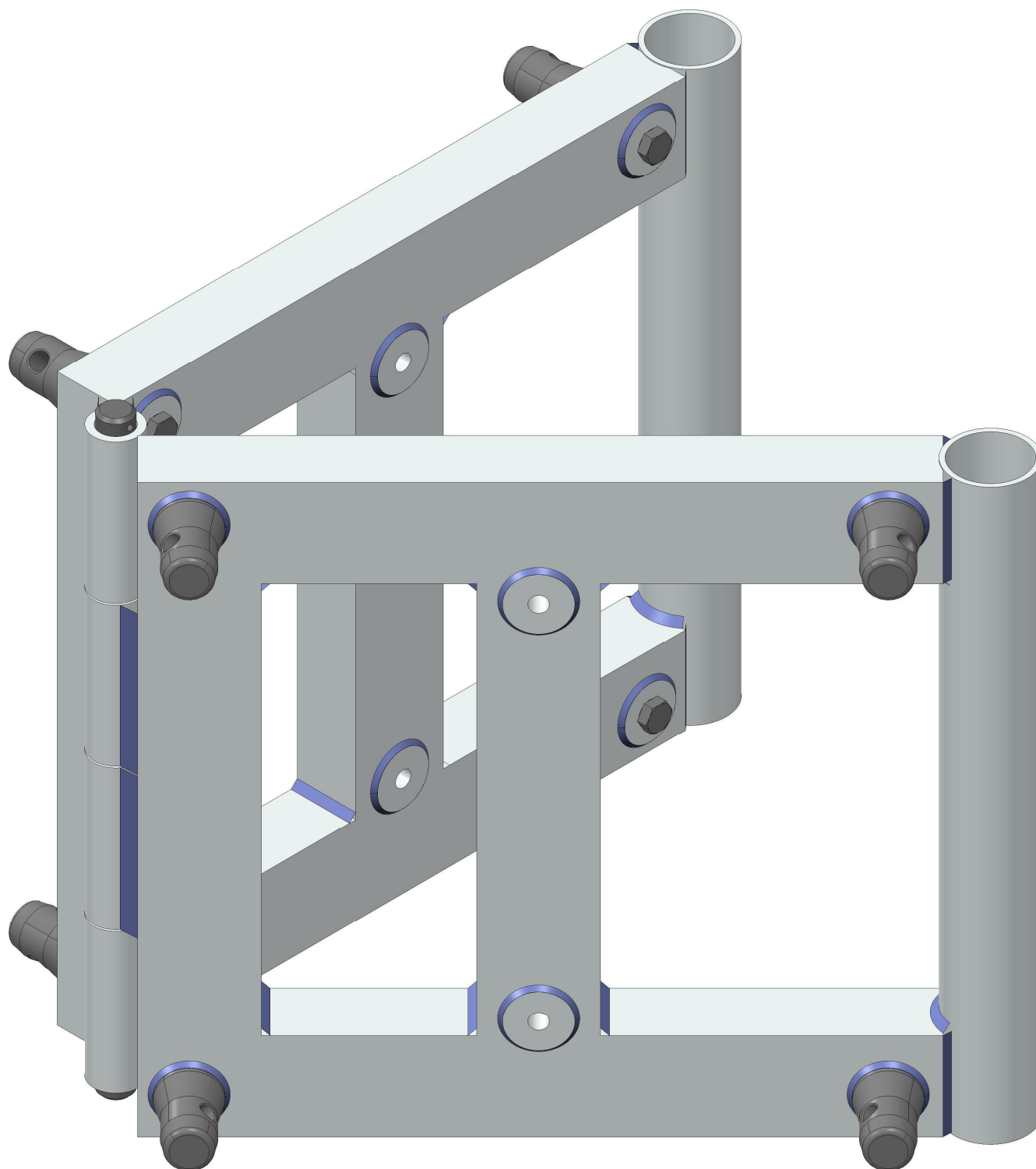
Concepteur: ..... PA

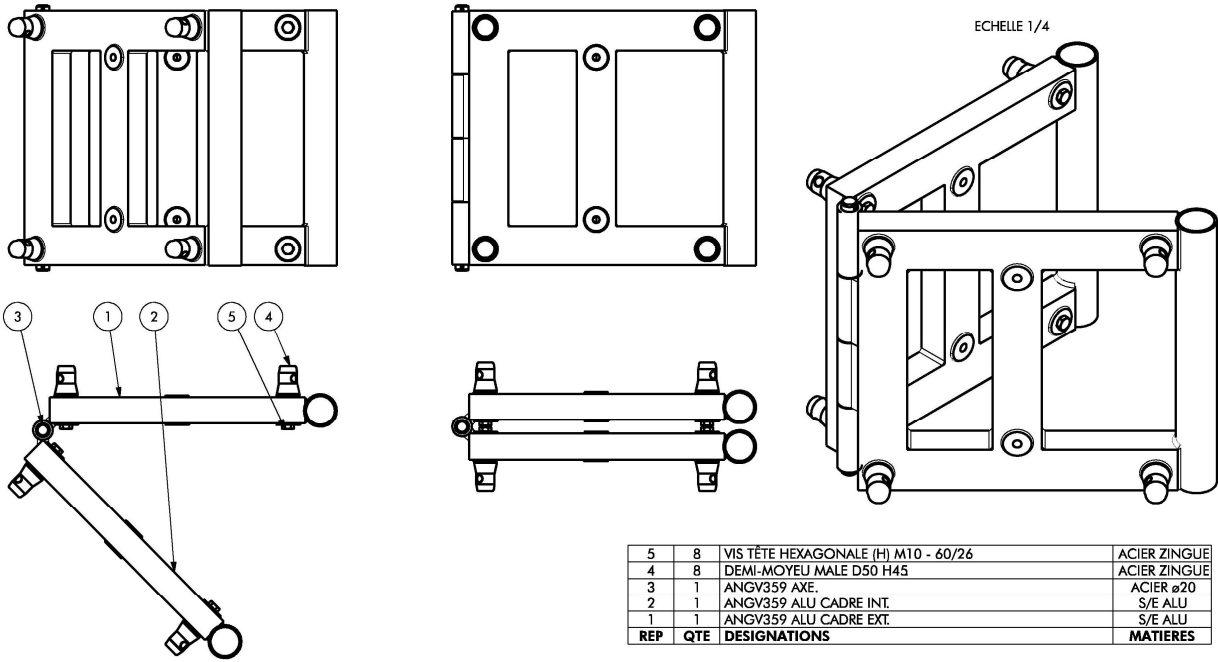
### Hypothèses de calculs:

Tout d'abord, nous calculons l'ANGV359 Acier qui est satisfaisant, et ensuite, nous calculons l'ANGV359 Alu dans le même plan de charge.

### Sommaire

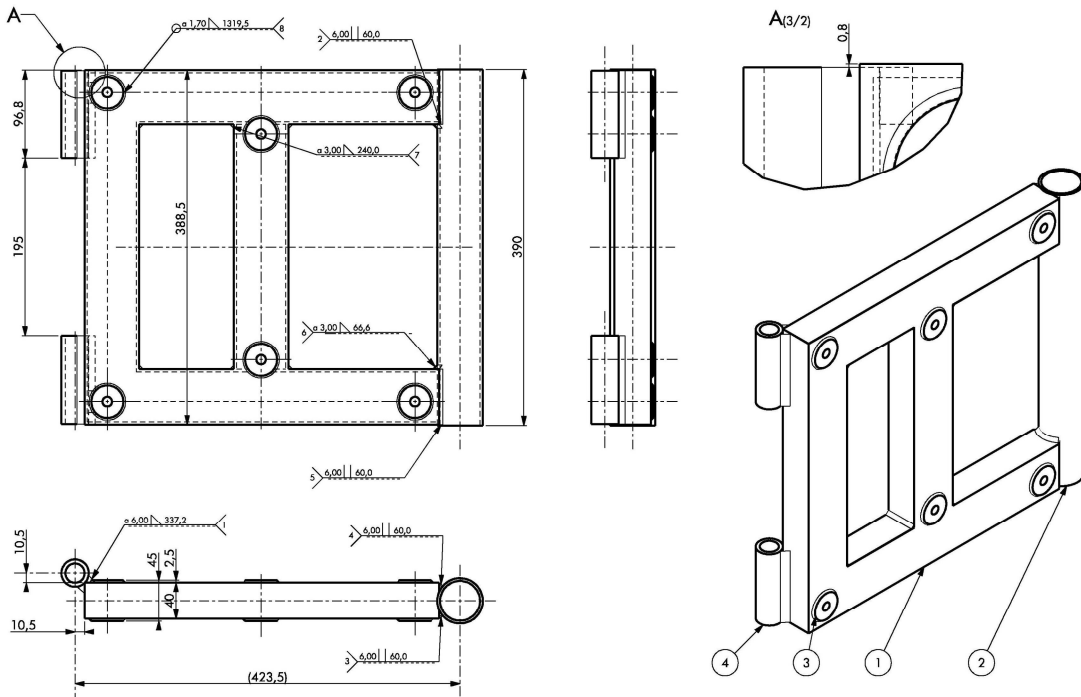
Hypothèses de calculs: .....	1
Description ANGV359 ALU:.....	4
Caractéristiques - ALU 6060-T6 : .....	4
Caractéristiques - Alu 6005A-T6 : .....	4
Caractéristiques - ACIER S235 : .....	5
Caractéristiques - Tube Alu Rectangulaire 60-40-3 : .....	5
Caractéristiques - Tube ø50-3 .....	5
Caractéristiques - Rond ø20 : .....	6
Description ANGV359 ACIER: .....	6
Caractéristiques - Tube Alu Rectangulaire 50-30-3 : .....	7
Hypothèses : .....	9
Plan de chargement : .....	9
Calcul ANGV359 ACIER.....	10
Tableau des nœuds .....	10
Tableau des barres.....	11
Caractéristiques matériaux.....	11
Caractéristiques profilés.....	11
Tableau des chargements.....	12
Tableau des combinaisons .....	12
Résultats : .....	12
Résultats déplacements ELS 201 .....	12
Résultats réactions ELU 301 .....	13
Résultats contraintes ELU 301 .....	14
Conclusion 1 : .....	14
Calcul ANGV359 ALU .....	15
Tableau des nœuds .....	15
Tableau des barres.....	15
Caractéristiques matériaux.....	16
Caractéristiques profilés.....	16
Tableau des chargements.....	16
Tableau des combinaisons .....	16
Résultats : .....	17
Résultats déplacements ELS 201 .....	17
Résultats réactions ELU 301 .....	17
Résultats contraintes ELU 301 .....	19
Conclusion 2 : .....	19





5	8	VIS TÊTE HEXAGONALE (H) M10 - 60/26	ACIER ZINGUE
4	8	DEMI-MOYEU MALE D50 H45	ACIER ZINGUE
3	1	ANGV359 AXE	ACIER ø20
2	1	ANGV359 ALU CADRE INT.	S/E ALU
1	1	ANGV359 ALU CADRE EXT.	S/E ALU
REP	QTE	DESIGNATIONS	MATIERES

Tolérances pour dimensions:	Tolérances géométriques:	Volume: 2749880 mm <sup>3</sup>
Traitement Thermique:	Traitement de Surface:	<b>ASD</b> Route de La Neuville 08460 LALOBBE
Matière: S/E ALU	Nuance:	
Echelle: 1/5	Toute reproduction même partielle, et toute communication à des tiers, de plan est interdite sans autorisation	
Format: A3	Désignation: ANG359 ALU ASSEMBLE	
Créé par: PA	Modifié par:	Plan N°:
le: 06.11.2018	le:	Indice Plan: /
		Page: 1/5



4	2	ANGV359 ALU TUBE CHARNIERE	ALU
3	6	ANGV359 ALU TUBE FIXE MOYEU	ALU
2	1	TUBE ALU ø50-3 L=0390	ALU
1	1	ANGV359 ALU CHASSIS	ALU 60-40-3
REP	QTE	DESIGNATIONS	MATIERES

ANGV359 ALU CADRE EXT . / 2/5

## Description ANGV359 ALU:

Le cadre ext ANGV359 ALU (suivant plan ci-dessus) est constitué de:

- 1 cadre, en tube alu rectangulaire de 60-40-3, en ALU 6060-T6
- 1 tube central, en tube alu rectangulaire de 60-60-3, en ALU 6060-T6
- 1 tube vertical extérieur, en tube alu  $\varnothing 50-3$ , en ALU 6005A-T6
- 2 tubes charnière, en tube alu  $\varnothing 30-4.5$  L=96mm, en ALU 6060-T6
- 6 bossages, en rond alu  $\varnothing 35$ , en ALU 6060-T6

Le cadre int ANGV359 ALU (suivant plan ci-dessus) est constitué de:

- 1 cadre, en tube alu rectangulaire de 60-40-3, en ALU 6060-T6
- 1 tube central, en tube alu rectangulaire de 60-60-3, en ALU 6060-T6
- 1 tube vertical extérieur, en tube alu  $\varnothing 50-3$ , en ALU 6005A-T6
- 2 tubes charnière, en tube alu  $\varnothing 30-4.5$  L=96mm, en ALU 6060-T6
- 6 bossages, en rond alu  $\varnothing 35$ , en ALU 6060-T6

L'ANGV359 ALU est assemblé par :

- 1 axe, en rond  $\varnothing 20$ , en ACIER S235
- 2 goupilles  $\varnothing 4$ mm

## 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 - Alu 6005A-T6 :

*Limite\_d'élasticité* =  $f_y > 225\text{MPa}$

*Résistance\_traction* =  $f_u > 270\text{MPa}$

*Allongement\_50mm* =  $A_{50} > 6\%$

*Dureté\_HB2.5/62.5* > 90HB

*Module\_d'élasticité\_longitudinale* =  $E = 79500\text{MPa}$

*Module\_d'élasticité\_transversale* =  $G = 27800\text{MPa}$

*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 - ACIER S235 :

Limite \_ d' élasticité =  $f_y > 235MPa$

Résistance \_ traction =  $f_u > 355MPa$

Résistance \_ au \_ cisaillement =  $R_t > 140MPa$

Module \_ d' élasticité \_ longitudinale =  $E = 210000MPa$

Module \_ d' élasticité \_ transversale =  $G = 80800MPa$

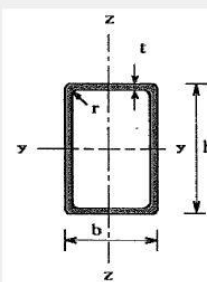
Coefficient \_ de \_ Poisson =  $\nu = 0.3$

Coefficien \_ de \_ dilatation =  $\alpha = 12 \times 10^{-6} (/ K)$

Masse \_ volumique =  $\rho = 7850kg / m^3$

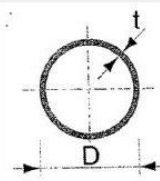
## Caractéristiques - Tube Alu Rectangulaire 60-40-3 :

Nom	RECT 60-40-3	
Dimension h (D pour tube)	60	mm
Dimension b (D pour tube)	40	mm
Epaisseur âme	3	mm
Epaisseur ailes	3	mm
Aire	564	mm <sup>2</sup>
Section réduite Y	240	mm <sup>2</sup>
Section réduite Z	360	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Y	200	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Z	300	mm <sup>2</sup>
Inertie de torsion	28.39	cm <sup>4</sup>
Inertie Iy (flexion forte)	27.39	cm <sup>4</sup>
Inertie Iz (flexion faible)	14.31	cm <sup>4</sup>
Module de torsion	12.65	cm <sup>3</sup>
Module de flexion élastique fort Wely	9.13	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique fort Wply	11.21	cm <sup>3</sup> (EC3 - flexion classes 1/2)
Module de flexion élastique faible Welz	7.15	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique faible Wplz	8.39	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)



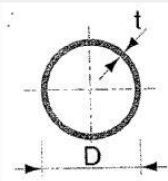
## Caractéristiques - Tube ø50-3

Nom	TUBE 50-3 AL	
Dimension h (D pour tube)	50	mm
Dimension b (D pour tube)	50	mm
Epaisseur âme	3	mm
Epaisseur ailes	3	mm
Aire	442.96	mm <sup>2</sup>
Section réduite Y	265.78	mm <sup>2</sup>
Section réduite Z	265.78	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Y	265.78	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Z	265.78	mm <sup>2</sup>
Inertie de torsion	24.56	cm <sup>4</sup>
Inertie Iy (flexion forte)	12.28	cm <sup>4</sup>
Inertie Iz (flexion faible)	12.28	cm <sup>4</sup>
Module de torsion	9.82	cm <sup>3</sup>
Module de flexion élastique fort Wely	4.91	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique fort Wply	6.63	cm <sup>3</sup> (EC3 - flexion classes 1/2)
Module de flexion élastique faible Welz	4.91	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique faible Wplz	6.63	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 - Rond ø20 :

Nom	ROND 20	
Dimension h (D pour tube)	20	mm
Dimension b (D pour tube)	20	mm
Epaisseur âme	10	mm
Epaisseur ailes	10	mm
Aire	314.16	mm <sup>2</sup>
Section réduite Y	157.08	mm <sup>2</sup>
Section réduite Z	157.08	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Y	157.08	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Z	157.08	mm <sup>2</sup>
Inertie de torsion	1.57	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	1.57	cm <sup>3</sup>
Module de flexion élastique fort Wely	0.79	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique fort Wply	1.33	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	1.33	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)



## Description ANGV359 ACIER:

Le cadre ext ANGV359 ACIER (suivant plan ci-dessus) est constitué de:

- 1 cadre, en tube acier rectangulaire de 50-30-3, en ACIER S235
- 1 tube central, en tube acier rectangulaire de 50-30-3, en ACIER S235
- 1 tube vertical extérieur, en tube alu ø50-3, en ACIER S235
- 2 tubes charnière, en tube ø70-3 L=50mm, en ACIER S235

Le cadre int ANGV359 ACIER (suivant plan ci-dessus) est constitué de:

- 1 cadre, en tube acier rectangulaire de 50-30-3, en ACIER S235
- 1 tube central, en tube acier rectangulaire de 50-30-3, en ACIER S235
- 1 tube vertical extérieur, en tube alu ø50-3, en ACIER S235
- 2 tubes charnière, en tube ø70-3 L=50mm, en ACIER S235

L'ANGV359 est assemblé par :

- 1 axe, en rond ø20, en ACIER S235
- 2 goupilles ø4mm

### Caractéristiques - Tube Alu Rectangulaire 50-30-3 :

Nom	RECT 50-30-3	
Dimension h (D pour tube)	50	mm
Dimension b (D pour tube)	30	mm
Epaisseur âme	3	mm
Epaisseur ailes	3	mm
Aire	444	mm <sup>2</sup>
Section réduite Y	180	mm <sup>2</sup>
Section réduite Z	300	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Y	150	mm <sup>2</sup>
Facteur de résistance au cisaillement Z	250	mm <sup>2</sup>
Inertie de torsion	13.06	cm <sup>4</sup>
Inertie Iy (flexion forte)	14.21	cm <sup>4</sup>
Inertie Iz (flexion faible)	6.18	cm <sup>4</sup>
Module de torsion	7.61	cm <sup>3</sup>
Module de flexion élastique fort Wely	5.68	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique fort Wply	7.13	cm <sup>3</sup> (EC3 - flexion classes 1/2)
Module de flexion élastique faible Welz	4.12	cm <sup>3</sup>
Module de flexion plastique faible Wplz	4.91	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)

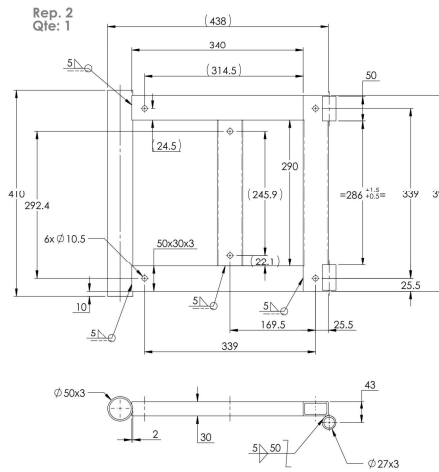
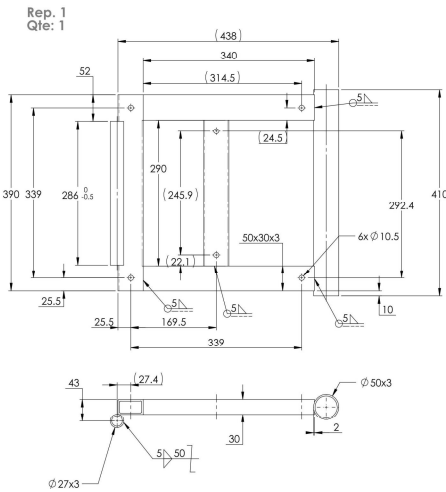
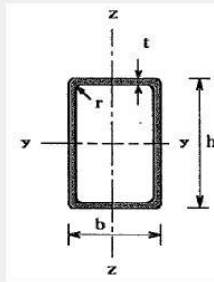
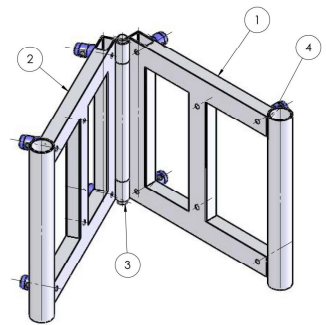
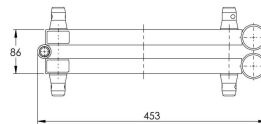
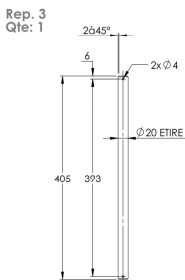


Table de nomenclature

No. article	Détail / Qté	poids unitaire	NOM DE PIECE	matiere	DESIGNATION / REFERENCE	TYPE DE BRUT
1	1		ANGV359-001			
2	1		ANGV359-002			
3	1		ANGV359-003			
4	8		DÉVILLOTEUR conique ASD			



Quantité:  
Matière: s235JR  
Traitement: E.Z  
Masse: kg



CONDITIONS GENERALES SAUF INDICATIONS PARTICULIERES

Forme et positions surfaces usinées		Tolérances de cotes	
± 0.20	0.15	0.15	
0.20	0.20	0.20	
0.10	0.20	0.20	

Etat de Surface :  
Traitement :  
Tous les angles vifs seront abattus.

Indice	Modification	Date	Nom
<p>Echelle: 1:5    Format: A2</p> <p>1er DIBOIRE</p> <p>ASD ROUTE DE LA NEUVILLE 08460 LALOBBE Tel : 03.24.59.41.91    Fax : 03.24.55.01.97 http://www.asd.com</p> <p>Dessiné par : Vérifié par : SC Date : 30/08/2011 Poids : Kg</p> <p>Ce plan est la propriété de la Ste ASD et ne peut être communiqué sans son autorisation</p> <p>CLIENT : ASD</p> <p>Titre : Sous-Titre : PLAN D'ENSEMBLE</p>			
CEDIA No	ANGV359	PLANCHE	1/1
Client No			/

## 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 :  $N/A + M_{fy}/W_{ply} + M_{fz}/W_{plz} \leq (1-\rho)f_y$   
pour les profilés de classe 3 et 4 : idem avec  $W_{el}$  au lieu de  $W_{pl}$ , 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  $W_{pl}$  pour sections classe 1 et 2,  $W_{el}$  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  
traverse : 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)

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

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

$\sqrt{T^2 + 2.36 C^2} / A_r \leq \sigma_{ADM}$

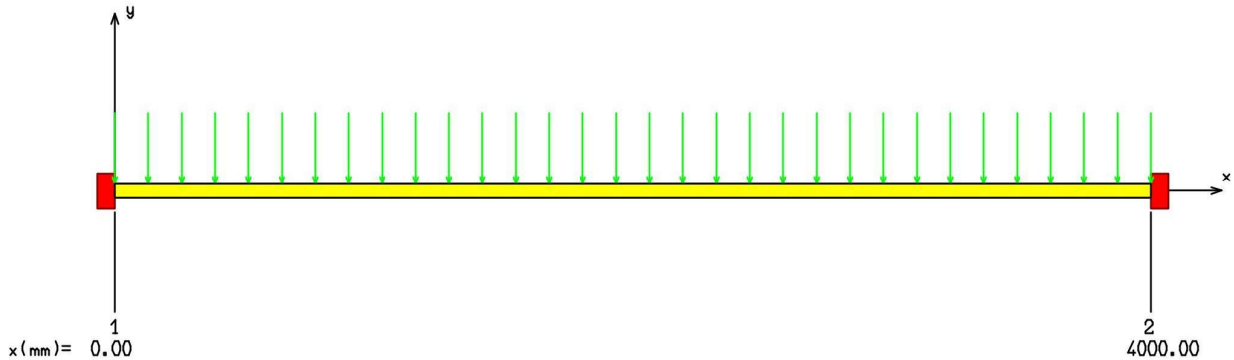


### Hypothèses :

- Le poids de l'ANGV359 n'est pas pris en compte
- Nous calculons le cadre EXT uniquement => les 2 tubes charnière sont bloqués en X, Y et Z
- Nous supposons le cadre INT fixé au mur par 4 vis M10

### Plan de chargement :

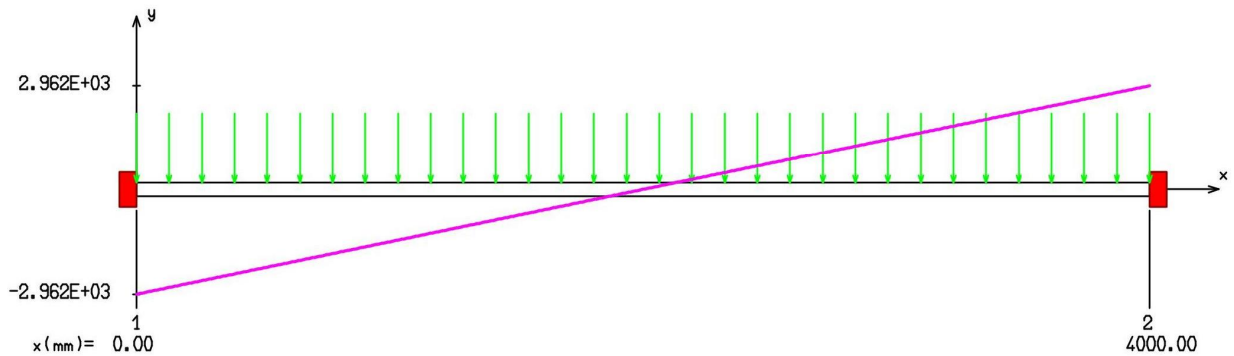
- Nous utilisons une poutre SC390 de longueur 4ml, avec une charge répartie de 604kg/ml
  - Nous divisons cette charge par 4 => 151kg/ml => P = 604kg
  - Nous considérons la poutre encastree aux 2 extrémités



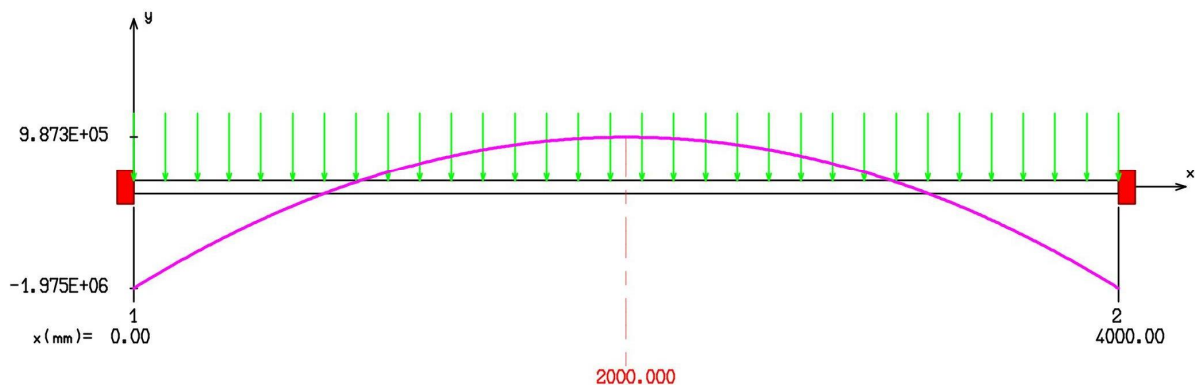
$$R_1 = \frac{P}{2} = \frac{604kg}{2} = 302kg = 2962N$$

$$M_1 = \frac{P \times L}{12} = \frac{604kg \times 4m}{12} = 201m.kg = 1975mN = 1975000mmN$$

EFFORT TRANCHANT [ N ]

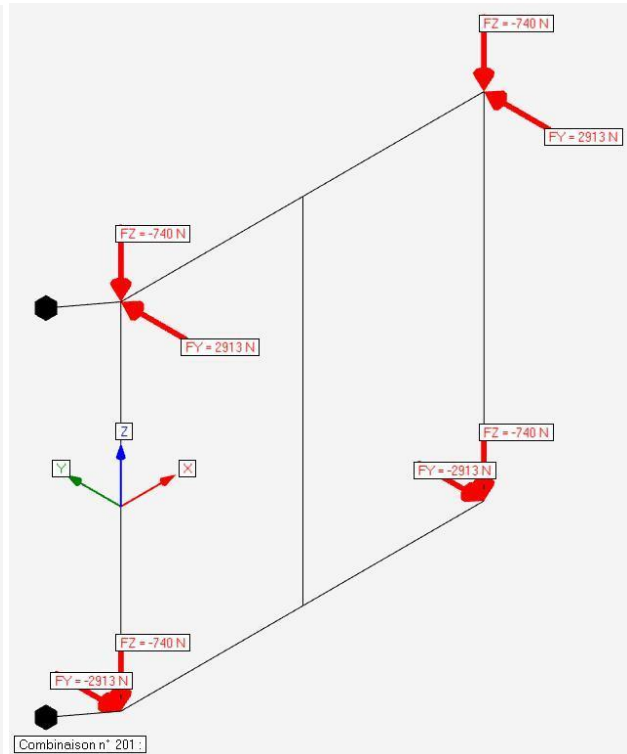
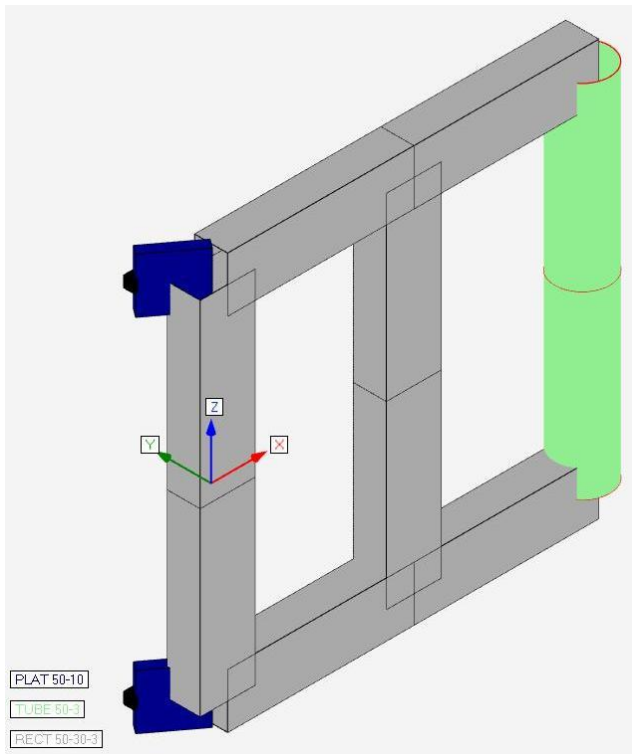


MOMENT FLECHISSANT [ N.mm ]



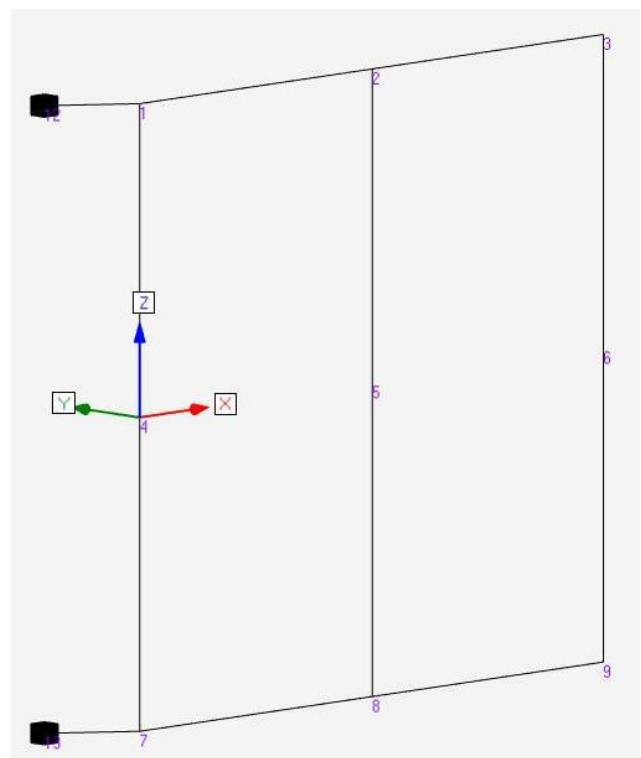
- Nous appliquons une force verticale  $R_{1z}$  de  $2962\text{N} / 4 = 740\text{N}$  sur les 4 bossages de la poutre SC390
- Nous appliquons une force horizontale  $M1x+$  de  $1975000\text{mmN} / 339\text{mm} = 5826\text{N} / 2 = 2913\text{N}$  sur les 2 bossages supérieurs
- Nous appliquons une force horizontale  $M1x-$  de  $1975000\text{mmN} / 339\text{mm} = 5826\text{N} / 2 = -2913\text{N}$  sur les 2 bossages inférieurs

## Calcul ANGV359 ACIER



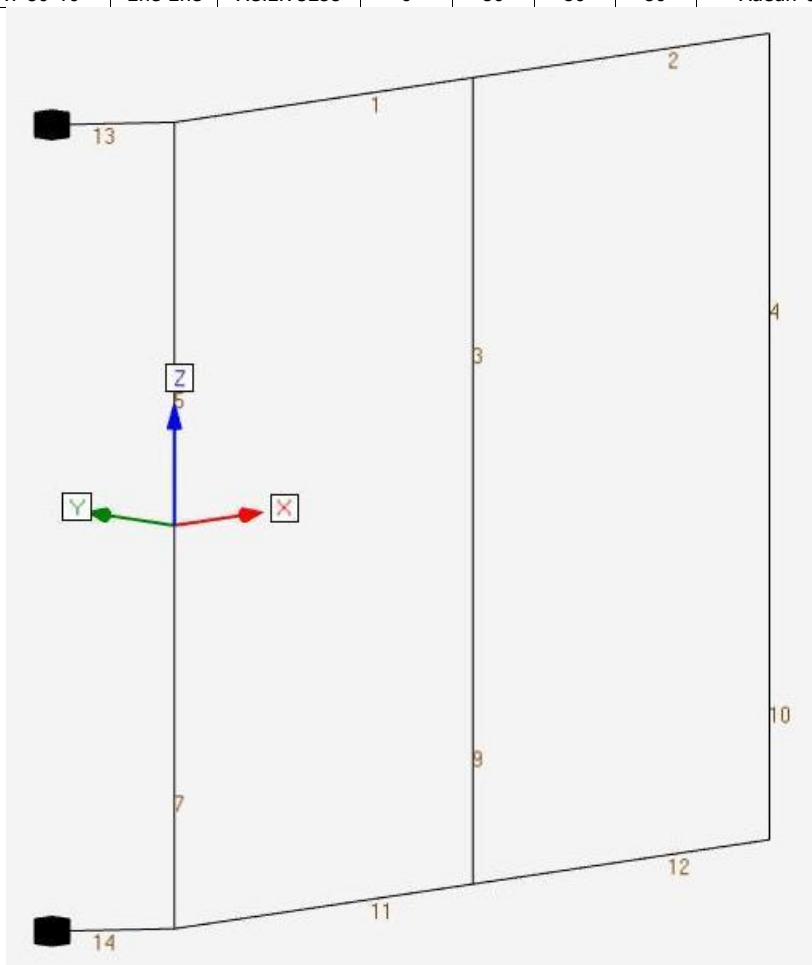
## Tableau des nœuds

N°	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Appui
1	0	0	165	Libre
2	170	0	165	Libre
3	339	0	165	Libre
4	0	0	0	Libre
5	170	0	0	Libre
6	339	0	0	Libre
7	0	0	-165	Libre
8	170	0	-165	Libre
9	339	0	-165	Libre
12	-40	30	165	Encastrement
13	-40	30	-165	Encastrement



## Tableau des barres

N°	Noeud 1	Noeud 2	Profilé	Liaisons	Matériau	Angle (°)	Lfy (mm)	Lfz (mm)	Ldev (mm)	Modèle dévers.
1	1	2	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	170	170	170	Aucun-déversement
2	2	3	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	169	169	169	Aucun-déversement
3	2	5	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	165	165	165	Aucun-déversement
4	3	6	TUBE 50-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	165	165	165	Aucun-déversement
5	1	4	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	165	165	165	Aucun-déversement
7	4	7	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	165	165	165	Aucun-déversement
9	5	8	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	165	165	165	Aucun-déversement
10	6	9	TUBE 50-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	165	165	165	Aucun-déversement
11	7	8	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	170	170	170	Aucun-déversement
12	8	9	RECT 50-30-3	Enc-Enc	ACIER S235	0	169	169	169	Aucun-déversement
13	1	12	PLAT 50-10	Enc-Enc	ACIER S235	0	50	50	50	Aucun-déversement
14	7	13	PLAT 50-10	Enc-Enc	ACIER S235	0	50	50	50	Aucun-déversement



## Caractéristiques matériaux

Matériau	E (MPa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	G (MPa)	Re (MPa)	Rm (MPa)
ACIER S235	210000	7850	80769	235	340

## 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> )
RECT 50-30-3	444	180	300	150	250	13.1	7.61	14.2	5.68	6.2	4.12	1	7.13	4.91	0
TUBE 50-3	443	221	221	221	221	24.6	9.82	12.3	4.91	12.3	4.91	1	6.63	6.63	0
PLAT 50-10	500	417	417	333	333	1.5	1.46	10.4	4.17	.4	.83	1	6.25	1.25	0

## Tableau des chargements

CasN°	Nom	Type	Localisation	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	Niveau Eurocode3
1	R1z	Nodal	1/3/7/9			-740 N				Exploitation
2	M1x+	Nodal	1/3		2913 N					Exploitation
3	M1x-	Nodal	7/9		-2913 N					Exploitation

## Tableau des combinaisons

N°	Nom	Cas	Coef	Cas	Coef	Cas	Coef	Règle	Niveau Eurocode3
201	1Q	1	1	2	1	3	1	Linéaire	ELS
301	1.5Q	1	1.5	2	1.5	3	1.5	Linéaire	ELU

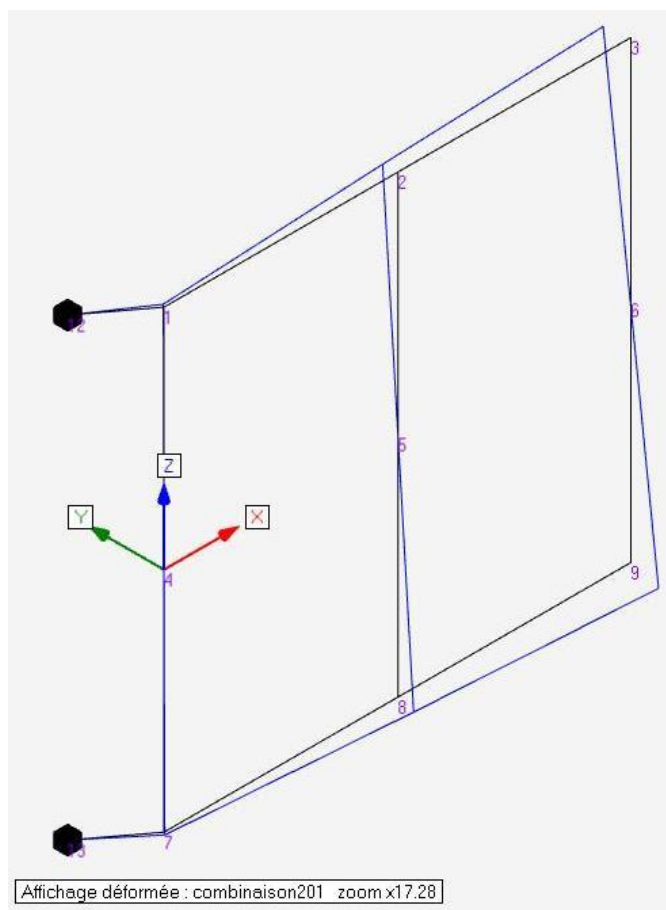
## Résultats :

### Résultats déplacements ELS 201

Noeud	Cas	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
3	201	0.09	1.25	-0.27	-0.01	0.00	0.00
2	201	0.09	0.74	-0.14	-0.00	0.00	0.00
1	201	0.09	0.12	0.00	-0.00	0.00	0.00
13	201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	201	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
5	201	-0.00	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
6	201	-0.00	-0.00	-0.27	-0.01	0.00	-0.00
7	201	-0.09	-0.12	0.00	-0.00	0.00	-0.00
8	201	-0.09	-0.74	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
9	201	-0.09	-1.25	-0.27	-0.01	0.00	-0.00

Flèche horizontale au coin du cadre =>  $Dy = 1.25\text{mm} / 339\text{mm} = 1/271^{\text{ème}}$  => satisfaisant

Vue déformée (amplifiée x 17)



## Résultats réactions ELU 301

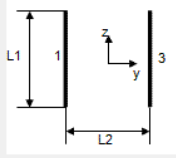
Noeud	Cas	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)	Traction max (N)	Cisaillement max (N)
12	301	-2 768	-7 993	2 220	56	-8	-291	0	0
13	301	2 768	7 993	2 220	56	-8	291	0	0

Les forces Fx, Fy et Fz (aux nœuds 12 et 13) sont appliquées aux soudures des tubes charnière:

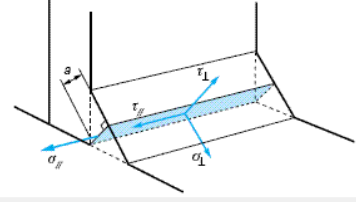
**Vérification des soudures**

http://www.freelem.com/tutorial/analyse/assemblee/soudage.htm

2 cordons //  
4 cordons (// 2 à 2)  
Cordon circulaire



Distribution selon techniques ingénieur BM 5 187 (Alain Michel)  
Critère norme NF-P 22-470



**Torseur**

Fx (N) =     Mx (N.m) =   
 Fy (N) =     My (N.m) =   
 Fz (N) =     Mz (N.m) =

**Géométrie**

a (mm) =   
 L1 (mm) =   
 L2 (mm) =

**Matériau (acier)**

oe (MPa) =

**Résultats**

k = 0.7    τ(perp) (MPa) = 85.17  
 σ(perp) (MPa) = 85.17    τ(para) (MPa) = 23.11

La contrainte totale est comparée à la limite élastique.  
C'est acceptable si le torseur est issu de chargements pondérés.  
Dans le cas contraire, il est préférable de diminuer la contrainte admissible (pondération minorant la limite élastique).

$k \cdot \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$  (MPa) = 122.48    **Soudure justifiée**

Les forces Fx et Fy (aux nœuds 12 et 13) sollicitent les tubes charnière:

$$Force\_equivalente\_F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{2768^2 + 7993^2} = 8459N$$

Cisaillement\_tube\_charnière:

$$Section\_tube\_charnière\_A_s = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(27^2 - 21^2)}{4} = 226.2mm^2$$

$$Force\_admissible\_F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \times 226.2 \times 355}{1.25} = 38544N$$

$$Ratio\_n = \frac{8459}{38544} = 0.22 \Rightarrow \text{satisfaisant}$$

Cisaillement\_axe:

$$Section\_axe\_A_s = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 20^2}{4} = 314mm^2$$

$$Force\_admissible\_F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \times 314 \times 355}{1.25} = 53505N$$

$$Ratio\_n = \frac{8459}{53505} = 0.16 \Rightarrow \text{satisfaisant}$$

$$Pression\_de\_Hertz\_P_{max} = 0.418 \sqrt{\frac{F \times E}{r_r \times l}} = 0.418 \sqrt{\frac{8459 \times 210000}{210 \times 50}} = 172MPa < 600MPa$$

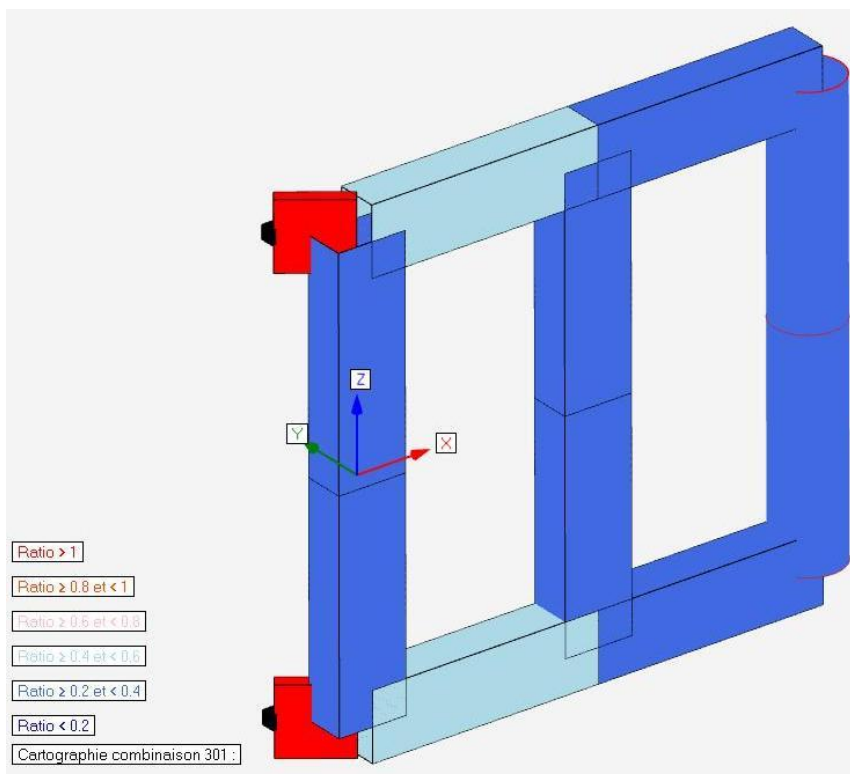
$$Avec \frac{1}{r_r} = \frac{1}{10} - \frac{1}{10.5} = 0.005 \Rightarrow r_r = 210$$

## 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
14	13	301	-5.2	4.3	232.5	24.2	6.7	34.4	242.0	58.9	262.7	0.0	0.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
13	12	301	5.2	4.3	232.5	24.2	6.7	34.4	242.0	58.9	262.7	0.0	0.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	1.0
13	1	301	5.2	22.1	89.7	24.2	6.7	34.4	117.0	58.9	155.2	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.5
14	7	301	-5.2	22.1	89.7	24.2	6.7	34.4	117.0	58.9	155.2	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5
11	7	301	3.8	13.5	43.1	17.1	4.4	39.0	60.4	56.3	114.7	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4
11	8	301	3.8	13.0	45.9	17.1	4.4	39.0	62.7	56.3	116.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4
1	1	301	-3.8	13.5	43.1	17.1	4.4	39.0	60.4	56.3	114.7	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4
1	2	301	-3.8	13.0	45.9	17.1	4.4	39.0	62.7	56.3	116.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4
2	3	301	-1.5	15.1	76.5	18.4	4.4	34.8	93.1	53.4	131.2	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4
12	9	301	1.5	15.1	76.5	18.4	4.4	34.8	93.1	53.4	131.2	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	0.4
2	2	301	-1.5	11.2	18.8	18.4	4.4	34.8	31.4	53.4	97.6	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
12	8	301	1.5	11.2	18.8	18.4	4.4	34.8	31.4	53.4	97.6	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4
7	4	301	0.0	0.0	0.0	7.0	4.3	42.5	0.0	49.7	86.1	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
7	7	301	0.0	24.8	35.4	7.0	4.3	42.5	60.2	49.7	105.1	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4
5	4	301	0.0	0.0	0.0	7.0	4.3	42.5	0.0	49.7	86.1	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4

Barres 13 et 14, plat de 50x10 = liaisons tubes charnières / axe  $\varnothing 20$ : Ratio maxi = 1 => satisfaisant

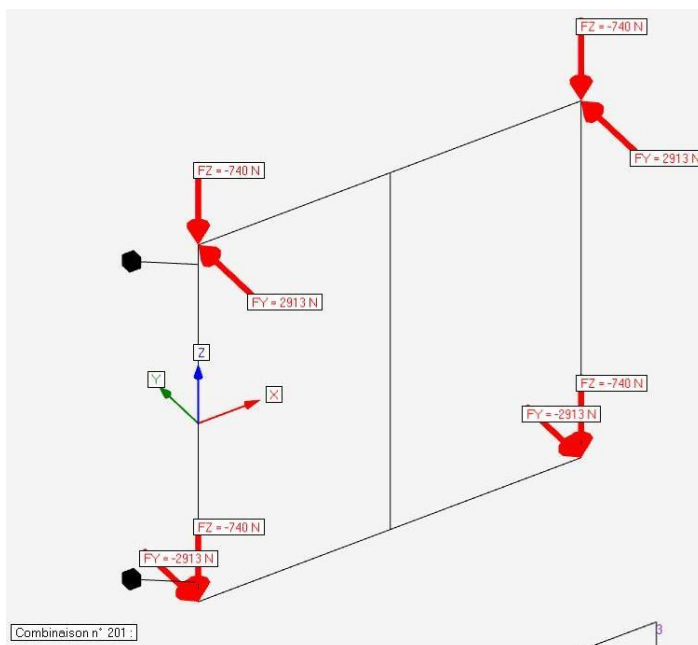
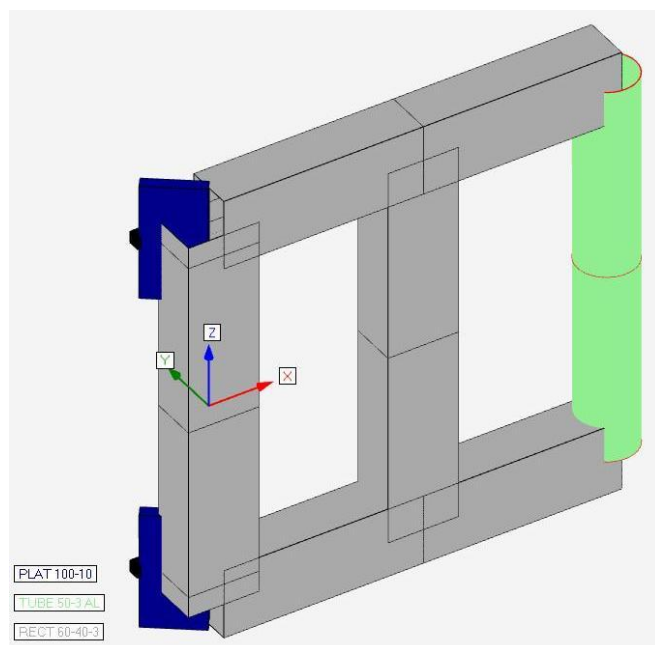
Barres 13 et 14, plat de 50x10 = soudures tubes charnières / cadre: Ratio maxi = 0.5 => satisfaisant



## Conclusion 1 :

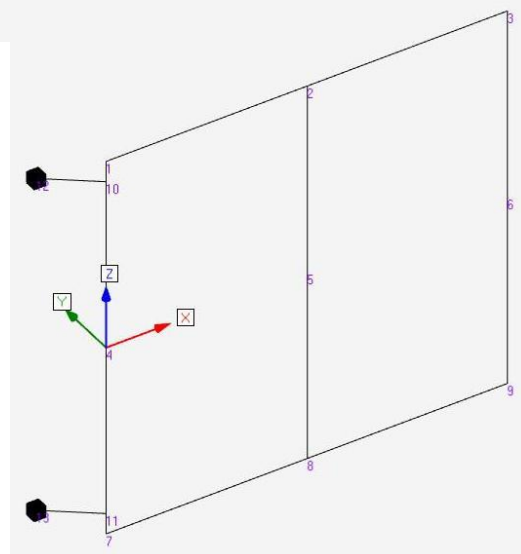
- L'ANGV359 ACIER est compatible avec :
  - une charge verticale de 300kg
  - un moment fléchissant de 200m.kg

## Calcul ANGV359 ALU



### Tableau des nœuds

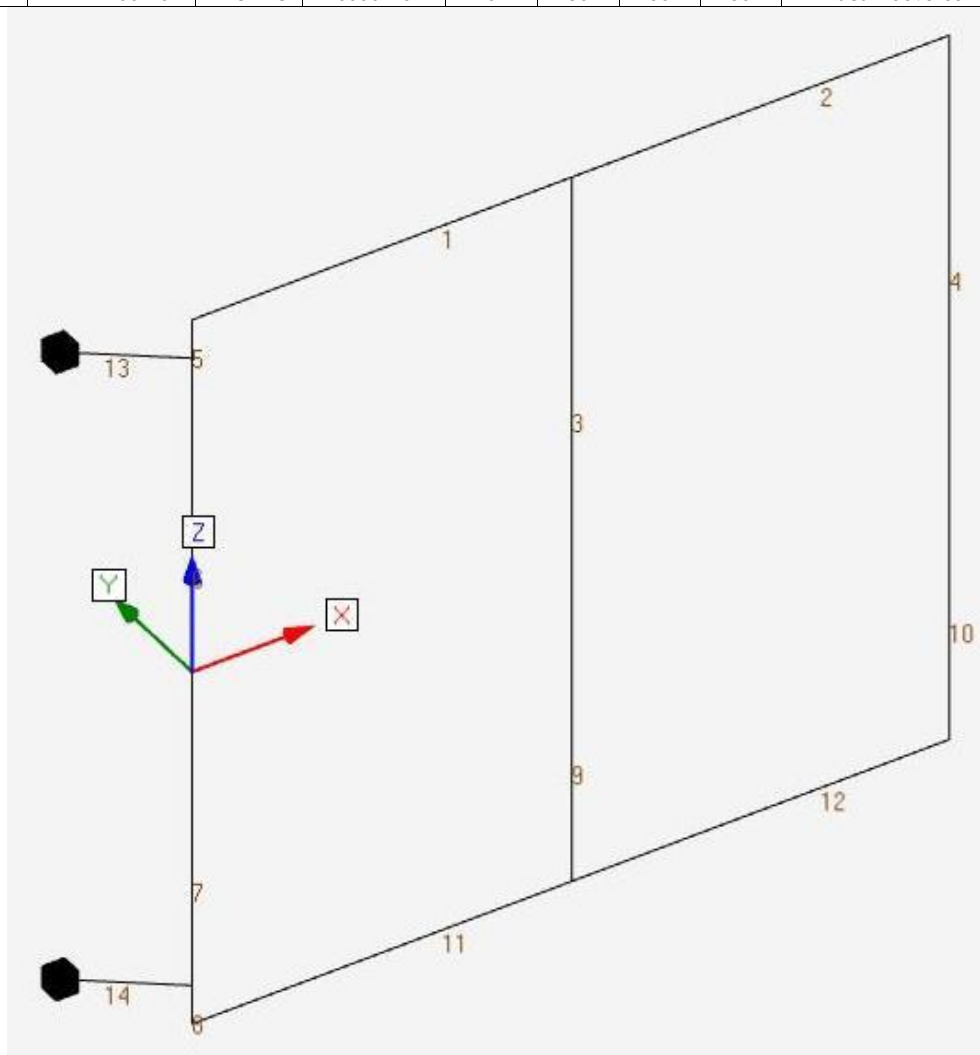
N°	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Appui
1	0	0	165	Libre
2	170	0	165	Libre
3	339	0	165	Libre
4	0	0	0	Libre
5	170	0	0	Libre
6	339	0	0	Libre
7	0	0	-165	Libre
8	170	0	-165	Libre
9	339	0	-165	Libre
12	0	0	147	Libre
13	0	0	-147	Libre



### Tableau des barres

N°	Noeud 1	Noeud 2	Profilé	Liaisons	Matériau	Angle (°)	Lfy (mm)	Lfz (mm)	Ldev (mm)	Modèle dévers.
1	1	2	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	170	170	170	Aucun-déversement
2	2	3	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	169	169	169	Aucun-déversement
3	2	5	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	165	165	165	Aucun-déversement
4	3	6	TUBE 50-3 AL	Enc-Enc	6005A-T6	0	165	165	165	Aucun-déversement
5	1	10	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	18	18	18	Aucun-déversement
6	10	4	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	147	147	147	Aucun-déversement
7	4	11	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	147	147	147	Aucun-déversement
8	11	7	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	18	18	18	Aucun-déversement
9	5	8	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	165	165	165	Aucun-déversement
10	6	9	TUBE 50-3 AL	Enc-Enc	6005A-T6	0	165	165	165	Aucun-déversement
11	7	8	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	170	170	170	Aucun-déversement
12	8	9	RECT 60-40-3	Enc-Enc	6060-T6	0	169	169	169	Aucun-déversement

13	10	12	PLAT 100-10	Enc-Enc	6060-T6	0	50	50	50	Aucun-déversement
14	11	13	PLAT 100-10	Enc-Enc	6060-T6	0	50	50	50	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
6005A-T6	79500	2700	27000	225	270

### 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> )
RECT 60-40-3	564	240	360	200	300	28.4	12.65	27.4	9.13	14.3	7.15	1	11.21	8.39	0
TUBE 50-3 AL	443	266	266	266	266	24.6	9.82	12.3	4.91	12.3	4.91	1	6.63	6.63	0
PLAT 100-10	1000	833	833	667	667	3.1	3.12	83.3	16.67	.8	1.67	1	25	2.5	0

### Tableau des chargements

CasN°	Nom	Type	Localisation	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	Niveau Eurocode3
1	R1z	Nodal	1/3/7/9			-740 N				Exploitation
2	M1x+	Nodal	1/3		2913 N					Exploitation
3	M1x-	Nodal	7/9		-2913 N					Exploitation

### Tableau des combinaisons

N°	Nom	Cas	Coef	Cas	Coef	Cas	Coef	Règle	Niveau Eurocode3
201	1Q	1	1	2	1	3	1	Linéaire	ELS
301	1.65Q	1	1.65	2	1.65	3	1.65	Linéaire	ELU



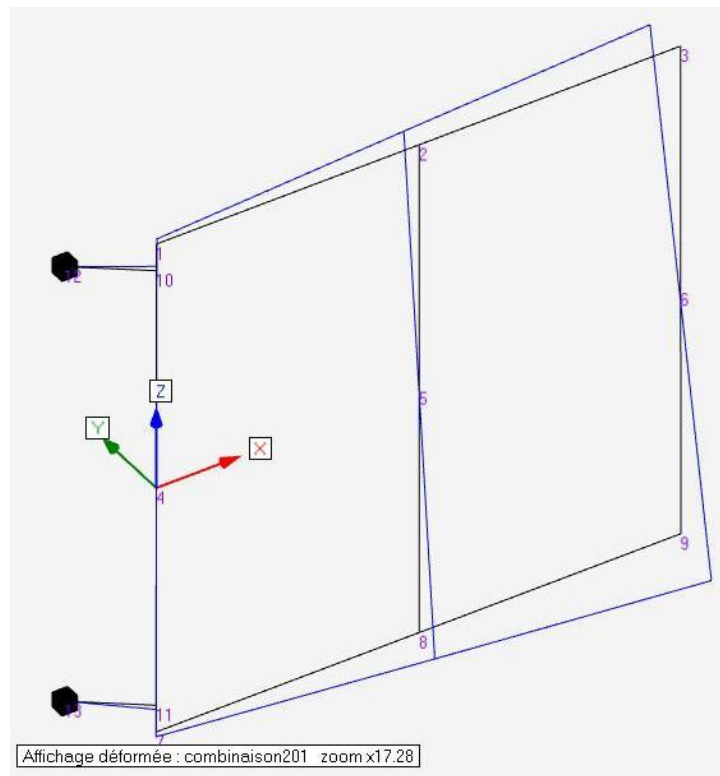
## Résultats :

### Résultats déplacements ELS 201

Noeud	Cas	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
3	201	0.17	2.05	-0.50	-0.01	0.00	0.00
2	201	0.16	1.16	-0.25	-0.01	0.00	0.01
1	201	0.16	0.22	0.00	-0.00	0.00	0.01
10	201	0.13	0.18	0.00	-0.00	0.00	0.00
6	201	0.00	0.00	-0.50	-0.01	0.00	0.00
5	201	0.00	0.00	-0.25	-0.01	0.00	0.00
4	201	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
12	201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	201	-0.13	-0.18	0.00	-0.00	0.00	-0.00
7	201	-0.16	-0.22	0.00	-0.00	0.00	-0.01
8	201	-0.16	-1.16	-0.25	-0.01	0.00	-0.01
9	201	-0.17	-2.05	-0.50	-0.01	0.00	-0.00

Flèche horizontale au coin du cadre =>  $Dy = 2.05\text{mm} / 339\text{mm} = 1/165^{\text{ème}}$  => satisfaisant

Vue déformée (amplifiée x 17)



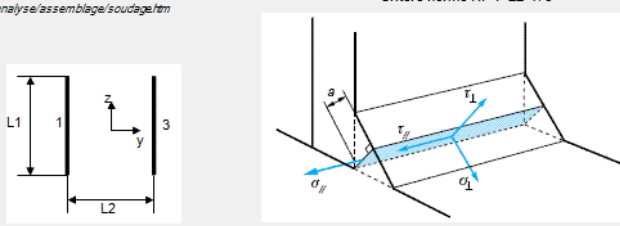
### Résultats réactions ELU 301

Noeud	Cas	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)	Traction max (N)	Cisaillement max (N)
12	301	-3 973	-9 349	2 442	139	72	-337	0	0
13	301	3 973	9 349	2 442	139	72	337	0	0

Les forces Fx, Fy et Fz (aux nœuds 12 et 13) sont appliquées aux soudures des tubes charnière:

**Vérification des soudures**  
<http://www.freelem.com/tutoriel/analyse/assemblee/soudage.htm>

Distribution selon techniques ingénieur BM 5 187 (Alain Michel)  
Critère norme NF-P 22-470



2 cordons //  
4 cordons (// 2 à 2)  
Cordon circulaire

Torseur  
 Fx (N) = 3973    Mx (N.m) = 139  
 Fy (N) = 9349    My (N.m) = 72  
 Fz (N) = 2442    Mz (N.m) = 337

Géométrie  
 a (mm) = 5  
 L1 (mm) = 96  
 L2 (mm) = 12

Matériau (acier)  
 oe (MPa) = 140

Exécution

Résultats  
 k = 0.7    tau(perp) (MPa) = 54.5  
 sigma(perp) (MPa) = 54.5    tau(para) (MPa) = 26.68

*La contrainte totale est comparée à la limite élastique.  
C'est acceptable si le torseur est issu de chargements pondérés.  
Dans le cas contraire, il est préférable de diminuer la contrainte admissible (pondération minorant la limite élastique).*

$k \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$  (MPa) = 82.87    **Soudure justifiée**

Les forces Fx et Fy (aux nœuds 12 et 13) sollicitent les tubes charnière:

$$Force\_equivalente\_F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{3973^2 + 9349^2} = 10158N$$

Cisaillement\_tube\_charnière:

$$Section\_tube\_charnière\_A_s = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(30^2 - 21^2)}{4} = 360.5mm^2$$

$$Force\_admissible\_F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \times 360.5 \times 170}{1.25} = 29417N$$

$$Ratio\_n = \frac{10158}{29417} = 0.35 \Rightarrow \text{satisfaisant}$$

Cisaillement\_axe:

$$Section\_axe\_A_s = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 20^2}{4} = 314mm^2$$

$$Force\_admissible\_F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \times 314 \times 355}{1.25} = 53505N$$

$$Ratio\_n = \frac{10158}{53505} = 0.19 \Rightarrow \text{satisfaisant}$$

$$Pression\_de\_Hertz\_P_{max} = 0.418 \sqrt{\frac{F \times E}{r_r \times l}} = 0.418 \sqrt{\frac{10158 \times 79500}{210 \times 96}} = 84MPa < 350MPa$$

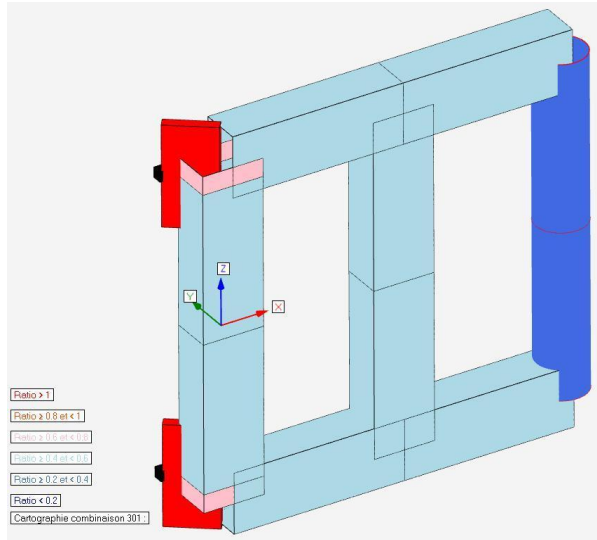
$$Avec\_ \frac{1}{r_r} = \frac{1}{10} - \frac{1}{10.5} = 0.005 \Rightarrow r_r = 210$$

### 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	
13	12	301	2.4	5.6	134.7	14.8	3.7	21.6	142.8	36.6	156.2	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.1	1.1	
14	13	301	-2.4	5.6	134.7	14.8	3.7	21.6	142.8	36.6	156.2	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
5	1	301	4.3	8.2	40.3	37.8	6.5	19.6	52.8	57.8	113.2	0.0	0.7	0.5	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	0.7	0.7
5	10	301	4.3	11.4	56.5	37.8	6.5	19.6	72.2	57.8	123.4	0.0	0.7	0.6	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7
8	7	301	-4.3	8.2	40.3	37.8	6.5	19.6	52.8	57.8	113.2	0.0	0.7	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.7
8	11	301	-4.3	11.4	56.5	37.8	6.5	19.6	72.2	57.8	123.4	0.0	0.7	0.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.7
13	10	301	2.4	10.5	62.6	14.8	3.7	21.6	75.5	36.6	98.6	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6	0.6	0.6
14	11	301	-2.4	10.5	62.6	14.8	3.7	21.6	75.5	36.6	98.6	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5
7	11	301	-0.0	26.5	31.3	8.9	6.7	32.0	57.8	41.4	92.2	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.5
7	4	301	-0.0	0.0	0.0	8.9	6.7	32.0	0.0	41.4	71.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
6	4	301	-0.0	0.0	0.0	8.9	6.7	32.0	0.0	41.4	71.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
6	10	301	-0.0	26.5	31.3	8.9	6.7	32.0	57.8	41.4	92.2	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.5
11	7	301	3.5	8.2	29.6	13.8	4.1	26.7	41.3	40.7	81.7	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
11	8	301	3.5	10.3	26.3	13.8	4.1	26.7	40.1	40.7	81.1	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
1	2	301	-3.5	10.3	26.3	13.8	4.1	26.7	40.1	40.7	81.1	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5
1	1	301	-3.5	8.2	29.6	13.8	4.1	26.7	41.3	40.7	81.7	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5
12	8	301	1.1	9.1	21.1	14.2	4.1	25.7	31.3	40.1	76.2	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5
12	9	301	1.1	9.4	36.0	14.2	4.1	25.7	46.5	40.1	83.6	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2	2	301	-1.1	9.1	21.1	14.2	4.1	25.7	31.3	40.1	76.2	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5
2	3	301	-1.1	9.4	36.0	14.2	4.1	25.7	46.5	40.1	83.6	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5

Barres 13 et 14, plat de 100x10 = liaisons tubes charnières / axe  $\varnothing 20$ : Ratio maxi = 1.1 => satisfaisant

Barres 5 et, tube 60-40-3 = soudures tubes charnières / cadre: Ratio maxi = 0.7 => satisfaisant



### Conclusion 2 :

- L'ANGV359 ALU est compatible avec :
  - une charge verticale maxi de 300kg
  - un moment fléchissant maxi de 200m.kg

Rappel: \_Poutre\_ encastrée\_ aux\_ 2\_ extrémités\_ avec\_ une\_ charge\_ répartie\_  $P_{(kg)}$  :

$$\text{Charge}_\text{verticale} = \frac{P_{(kg)}}{2} \text{ et } \text{Moment}_\text{fléchissant} = \frac{P_{(kg)} \times L_{(m)}}{12}$$