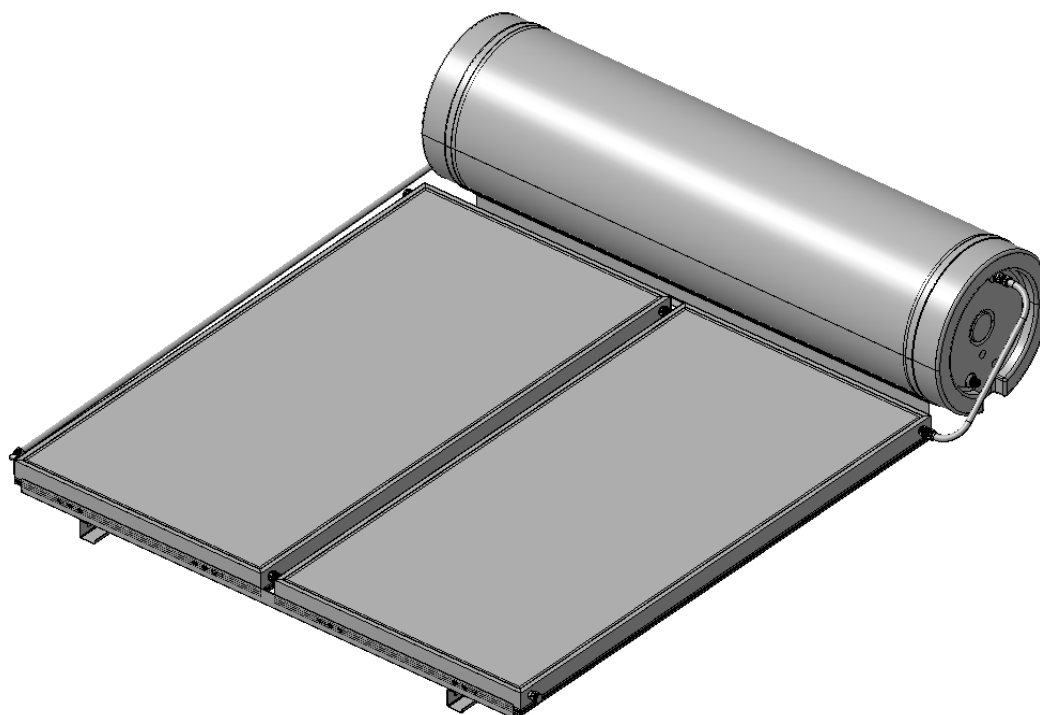


NOTE DE CALCUL

SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)



REF Client :
DAK INDUSTRIES

N° Commande :
BPA du 26/08/2020

EVOLUTION DU DOSSIER

INDICE	DATE	MODICATIONS	REDACTEUR	VERIFICATEUR
A	02/12/2020	Création	E.M.S.	DAK INDUSTRIES
B	24/03/2021	Prise en compte modèle capteur 6 vis	E.M.S.	DAK INDUSTRIES

SOMMAIRE

1 - GENERALITES.....	4
1 - 1 - OBJET DU DOCUMENT.....	4
1 - 2 - CADRE NORMATIF.....	4
1 - 3 - ZONES CLIMATIQUES	4
1 - 4 - SEISME.....	5
1 - 5 - CONCLUSIONS	6
2 - STRUCTURE : MODELES ET CAS DE CHARGE	7
2 - 1 - PREAMBULE.....	7
2 - 2 - GEOMETRIE	7
2 - 3 - SECTIONS DES POUTRES.....	13
2 - 4 - CARACTERISTIQUES MATIERES	13
2 - 5 - CONDITIONS AUX LIMITES ET LIAISONS RIGIDES	14
2 - 6 - CAS DE CHARGES	16
2 - 7 - CAS DE CHARGES SISMIQUES	21
2 - 8 - COMBINAISONS DE CHARGES.....	25
3 - REACTIONS AUX APPUIS.....	27
3 - 1 - REACTIONS ELEMENTAIRES.....	27
3 - 2 - REACTIONS ENVELOPPES (ELU)	30
3 - 3 - REACTIONS SOUS CHARGES SISMIQUES.....	34
4 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1500	38
4 - 1 - ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2	38
4 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2	40
4 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2	42
5 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1333	44
5 - 1 - ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2	44
5 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2	46
5 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2	48
6 - STRUCTURE : ETUDE SOUS CHARGES SISMIQUES ENTRAXE 1500.....	50
6 - 1 - ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2	50
6 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2	52
6 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2	54

7 -	STRUCTURE : ETUDE SOUS CHARGES SISMIQUES ENTRAXE 1333.....	56
7 - 1 -	ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2	56
7 - 2 -	ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2	58
7 - 3 -	ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2	60
8 -	STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1500	62
8 - 1 -	DEFORMEE : G	62
8 - 2 -	DEFORMEE : G + Q	63
8 - 1 -	DEFORMEE : G + V	64
8 - 2 -	DEFORMEE : G + Q + V	65
9 -	STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1333.....	66
9 - 1 -	DEFORMEE : G	66
9 - 2 -	DEFORMEE : G + Q	67
9 - 3 -	DEFORMEE : G + V	68
9 - 4 -	DEFORMEE : G + Q + V	70
10 -	VERIFICATION DES LIAISONS.....	72
10 - 1 -	VIS DE FIXATION SUR LES PANNES.....	72
10 - 2 -	TENUE DES VIS DE FIXATION DU CAPTEUR ET DU BALLON.....	73
10 - 3 -	TENUE DES VIS DE FIXATION DES TRAVERSEES SUR LES LONGERONS.....	74

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 4/74
--	---	---

1 - GENERALITES

1 - 1 - OBJET DU DOCUMENT

L'objet de ce document est de valider la tenue mécanique d'un châssis métallique destiné à supporter la charge d'une ballon de 300L et de deux capteurs de 2m² suivant les règles des Eurocodes. On considère les cas de charges élémentaires suivants :

- ✓ Poids propre de la structure métallique du châssis,
- ✓ Poids propres du ballon à vide (75 daN),
- ✓ Poids propre des capteurs à vide (60 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le ballon (300 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le capteur (6 daN),
- ✓ Charges de vent (cf §1-3),
- ✓ Charges sismiques.

La présente étude couvre les cas où les capteurs sont fixés par 6 vis pour le modèle V19 et par 4 vis pour le modèle V20.

Les calculs de structure sont réalisés sur Robot Structural Analysis 2020.

1 - 2 - CADRE NORMATIF

Les calculs sont réalisés suivant :

- ✓ L'Eurocode 0 pour les pondérations,
- ✓ L'Eurocode 1 pour les charges de vent (1-4),
- ✓ Cahier 3797 du CSTB : Application des Eurocodes au solaire thermique,
- ✓ L'Eurocode 3 pour dimensionnement.

1 - 3 - ZONES CLIMATIQUES

Les zones climatiques étudiées prennent en compte les paramètres suivants :

- ✓ Vent : région Guadeloupe (couvrant les régions Martinique, Guyane et Réunion),
- ✓ Catégorie de terrain : 0 (zone côtière exposée aux vents de mer), couvrant les catégories II, IIIa, IIIb et IV,
- ✓ Hauteur toiture par rapport au sol : 15 m, couvrant les hauteurs inférieures.

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 5/74
--	---	---

1 - 4 - SEISME

La Guyane et la Réunion étant en zone de sismicité 1 (sismicité très faible), la résistance aux contraintes sismiques n'est pas imposée par la réglementation.

En revanche, pour la Martinique et la Guadeloupe (zone de sismicité 5 forte), la résistance aux contraintes sismiques n'est pas imposée par la réglementation uniquement pour les bâtiments de catégorie d'importance I (bâtiments sans activité humaine de longue durée).

Pour les bâtiments de catégorie d'importance II (bâtiments d'habitation individuelle ou collective, bâtiments industriels), seuls les effets inertiels horizontaux sont à considérer.

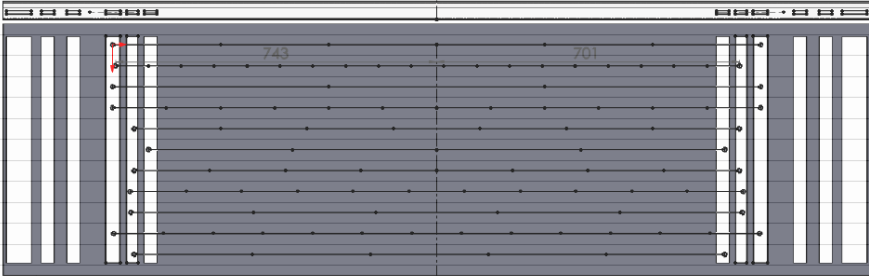
Pour les bâtiments de catégorie d'importance III (établissements scolaires et établissements recevant du public) et les bâtiments de catégorie d'importance IV (dont la protection est primordiale pour les besoins de la sécurité civile et de la défense nationale), les effets inertiels horizontaux et verticaux sont à considérer.

Des calculs complémentaires sont réalisés pour des installations à la Martinique et à la Guadeloupe. On considère une catégorie d'importance III (permettant de couvrir jusqu'aux établissements recevant du public) et une zone de sismicité de 5 (couvrant la Martinique et la Guadeloupe).

1 - 5 - CONCLUSIONS

Le châssis et ses fixations sont dimensionnés pour supporter l'ensemble des combinaisons des cas de charges élémentaires définis en objet conformément aux règles des Eurocodes pour les conditions climatiques maxi décrites au §1-3 et les conditions sismiques définies au §1-4.

Le document présente les calculs pour les entraxes mini et maxi de 1333 mm et 1500 mm pour couvrir l'ensemble des cas possibles de montage.

Traverse 2006 et 2100				Diagramme des solutions	
Ordre sur diagramme	Pas	Nombre de pas	Entraxe		
1	250	6	1500		
2	76	19	1444		
3	500	3	1500		
4	125	12	1500		
5	200	7	1400		
6	333,3	4	1333,2		
7	175	8	1400		
8	129	11	1419		
9	283	5	1415		
10	115	13	1495		
11	273,3	5	1366,5		
Mini			1333,2		
Maxi			1500		

2 - STRUCTURE : MODELES ET CAS DE CHARGE

2 - 1 - PREAMBULE

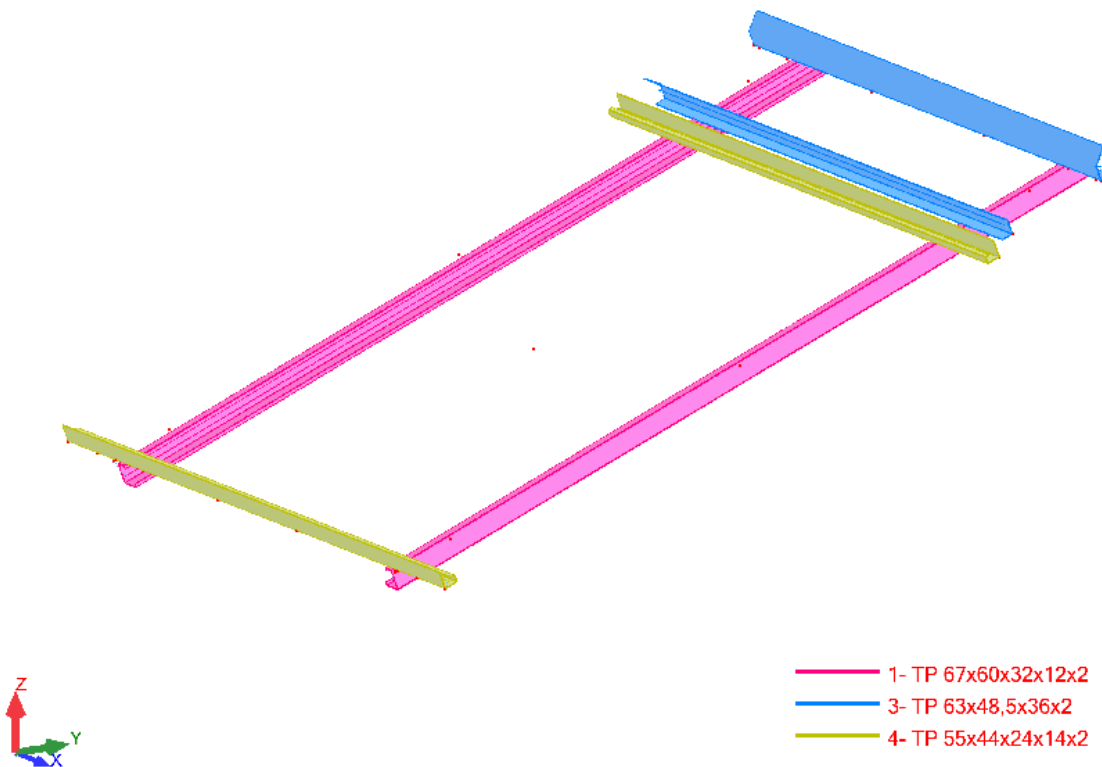
Le châssis est prévu pour être fixé sur les pannes métalliques d'une toiture au moyen de 6 vis autotaraudeuses. Chaque longeron est fixé par 3 vis dont le positionnement est le suivant : 2 vis à 200 mm de chaque extrémité et 1 vis centrale (soit 2 entraxes de 1050 mm).

La toiture est considérée à 21° (valeur moyenne), les charges de vent en surpression et en dépression sont considérées dans les cas pires (sur une plage angulaire de 5° à 45° et pour des toitures 1 et 2 versants).

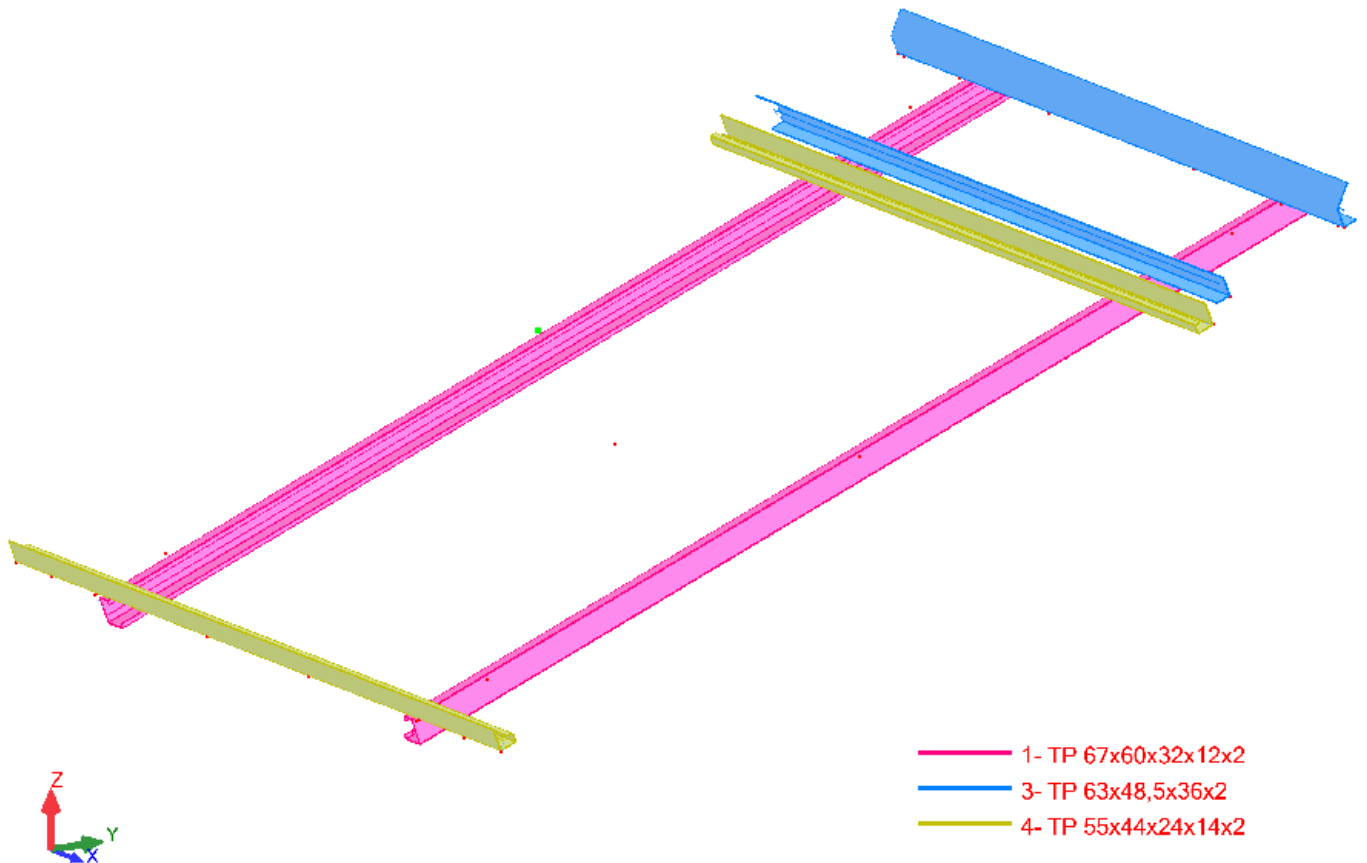
2 - 2 - GEOMETRIE

La structure est modélisée par des éléments barres. Les conditions aux limites sont appliquées sur les noeuds correspondant aux fixations des longerons sur les pannes métalliques (6 noeuds).

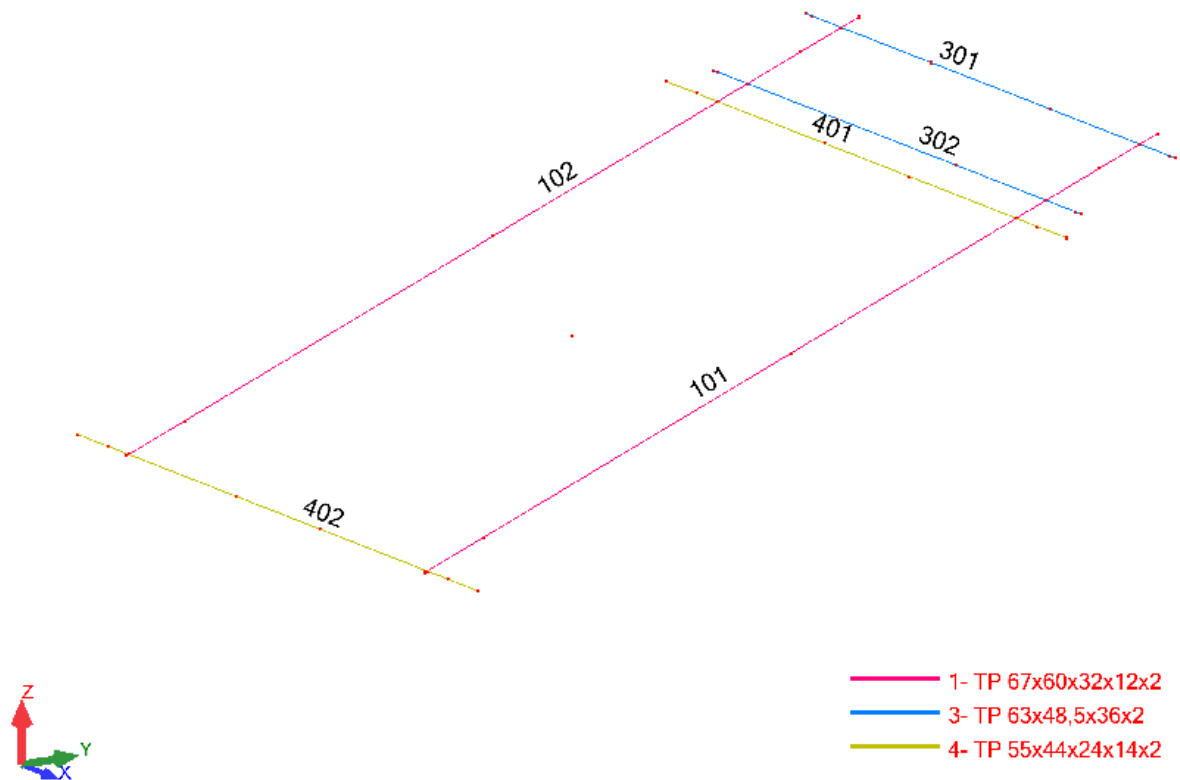
Modèle de calcul (entraxe 1500 mm) :



Modèle de calcul (entraxe 1333 mm) :

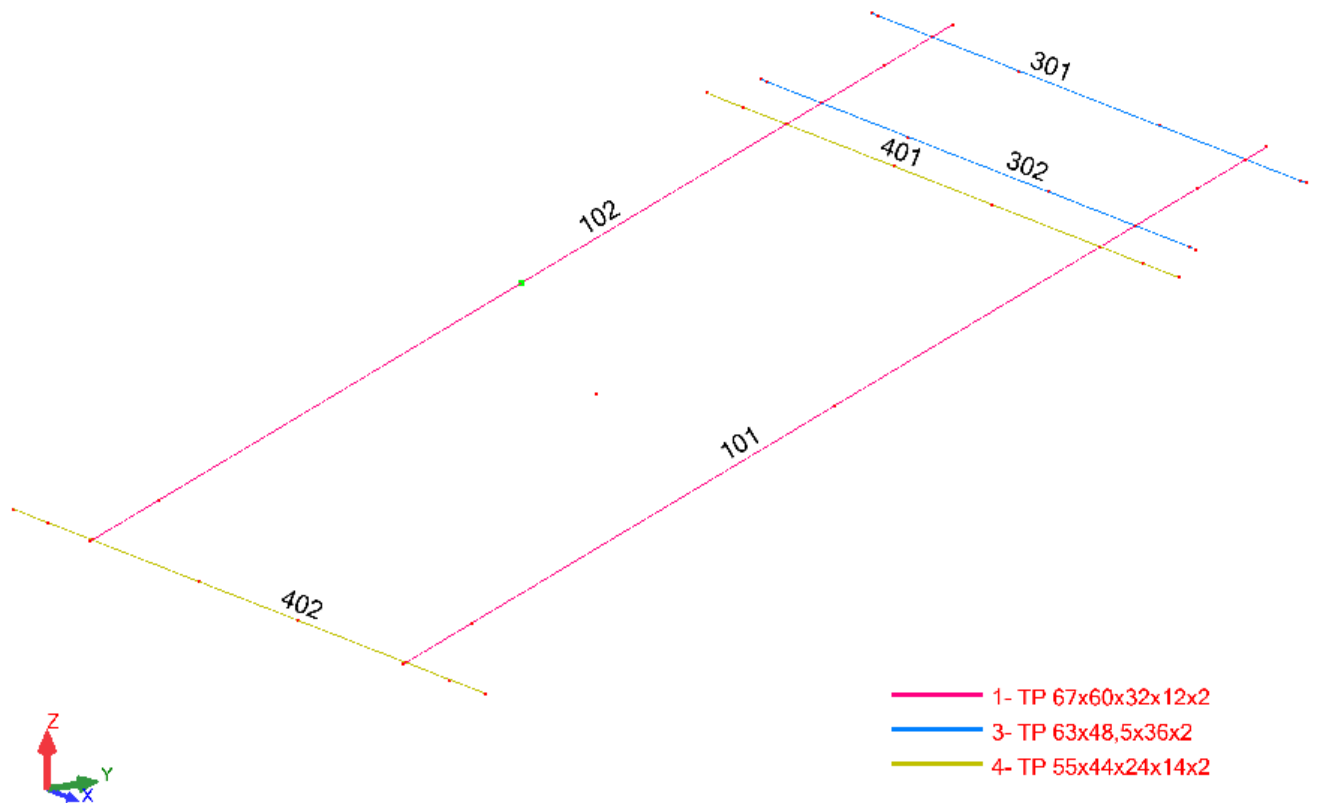


Eléments (entraxe 1500 mm) :



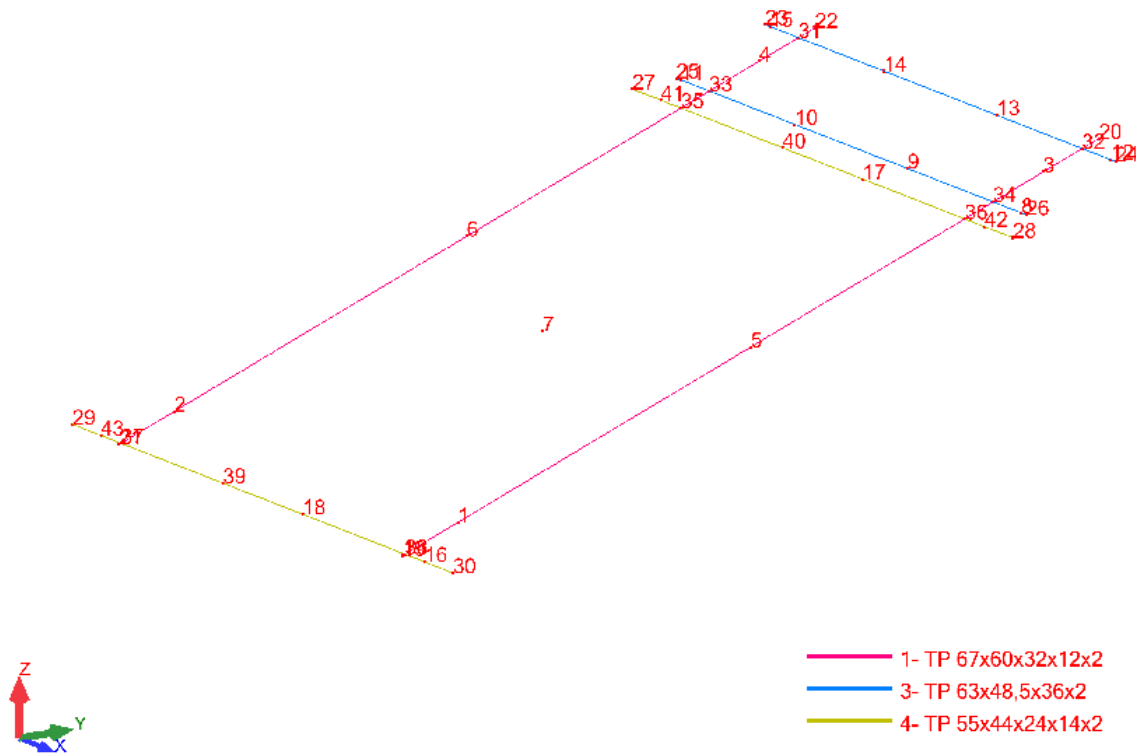
Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	L [m]
101	19	20	1- TP 67x60x32x12x2	2,500
102	22	21	1- TP 67x60x32x12x2	2,500
301	23	24	3- TP 63x48,5x36x2	1,846
302	26	25	3- TP 63x48,5x36x2	1,846
401	27	28	4- TP 55x44x24x14x2	2,006
402	30	29	4- TP 55x44x24x14x2	2,006

Eléments (entraxe 1333 mm) :



Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	L [m]
101	19	20	1- TP 67x60x32x12x2	2,500
102	22	21	1- TP 67x60x32x12x2	2,500
301	23	24	3- TP 63x48,5x36x2	1,846
302	26	25	3- TP 63x48,5x36x2	1,846
401	27	28	4- TP 55x44x24x14x2	2,006
402	30	29	4- TP 55x44x24x14x2	2,006

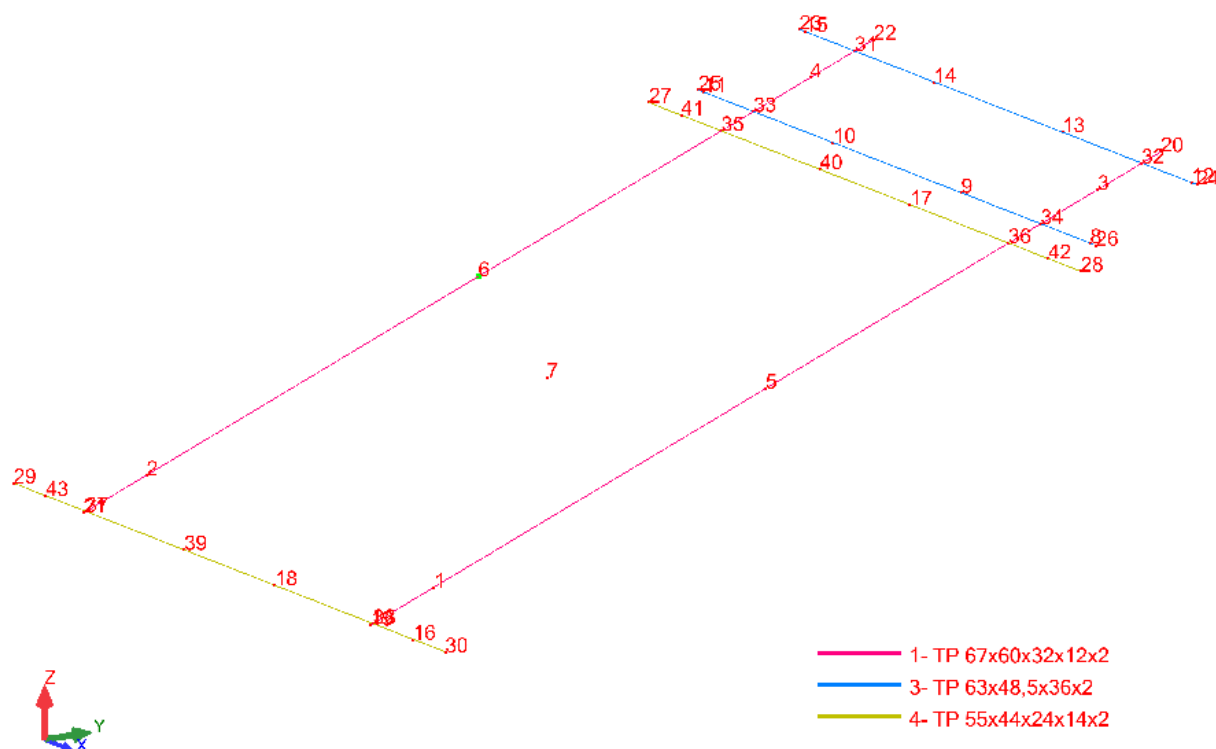
Nœuds (entraxe 1500 mm) :



Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0,750	0,179	0,069
2	-0,750	0,179	0,069
3	0,750	2,140	0,821
4	-0,750	2,140	0,821
5	0,750	1,160	0,445
6	-0,750	1,160	0,445
7	0,0	0,938	0,360
8	0,898	1,972	0,757
9	0,298	1,972	0,757
10	-0,298	1,972	0,757
11	-0,898	1,972	0,757
12	0,898	2,270	0,872
13	0,298	2,270	0,872
14	-0,298	2,270	0,872
15	-0,898	2,270	0,872
16	0,853	0,0	0,0
17	0,210	1,876	0,720
18	0,210	0,0	0,0
19	0,750	-0,007	-0,003
20	0,750	2,326	0,893
21	-0,750	-0,007	-0,003
22	-0,750	2,326	0,893

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
23	-0,923	2,270	0,872
24	0,923	2,270	0,872
25	-0,923	1,972	0,757
26	0,923	1,972	0,757
27	-1,003	1,876	0,720
28	1,003	1,876	0,720
29	-1,003	0,0	0,0
30	1,003	0,0	0,0
31	-0,750	2,270	0,872
32	0,750	2,270	0,872
33	-0,750	1,972	0,757
34	0,750	1,972	0,757
35	-0,750	1,876	0,720
36	0,750	1,876	0,720
37	-0,750	0,0	0,0
38	0,750	0,0	0,0
39	-0,210	0,0	0,0
40	-0,210	1,876	0,720
41	-0,853	1,876	0,720
42	0,853	1,876	0,720
43	-0,853	0,0	0,0

Nœuds (entraxe 1333 mm) :



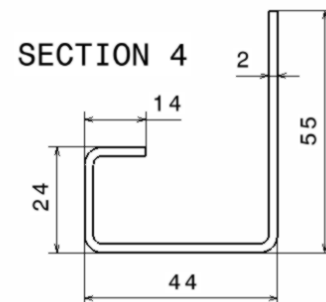
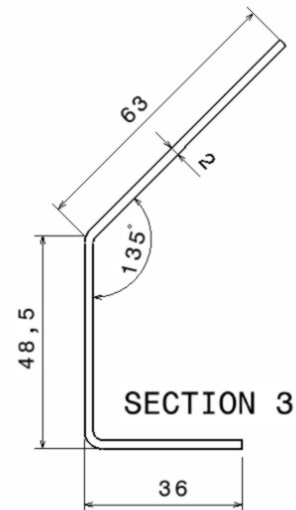
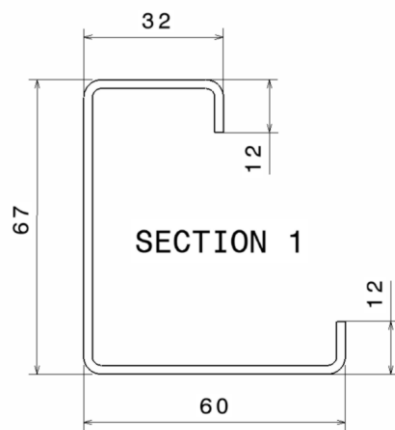
Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0,667	0,179	0,069
2	-0,667	0,179	0,069
3	0,667	2,140	0,821
4	-0,667	2,140	0,821
5	0,667	1,160	0,445
6	-0,667	1,160	0,445
7	0,0	0,938	0,360
8	0,898	1,972	0,757
9	0,298	1,972	0,757
10	-0,298	1,972	0,757
11	-0,898	1,972	0,757
12	0,898	2,270	0,872
13	0,298	2,270	0,872
14	-0,298	2,270	0,872
15	-0,898	2,270	0,872
16	0,853	0,0	0,0
17	0,210	1,876	0,720
18	0,210	0,0	0,0
19	0,667	-0,007	-0,003
20	0,667	2,326	0,893
21	-0,667	-0,007	-0,003
22	-0,667	2,326	0,893

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
23	-0,923	2,270	0,872
24	0,923	2,270	0,872
25	-0,923	1,972	0,757
26	0,923	1,972	0,757
27	-1,003	1,876	0,720
28	1,003	1,876	0,720
29	-1,003	0,0	0,0
30	1,003	0,0	0,0
31	-0,667	2,270	0,872
32	0,667	2,270	0,872
33	-0,667	1,972	0,757
34	0,667	1,972	0,757
35	-0,667	1,876	0,720
36	0,667	1,876	0,720
37	-0,667	0,0	0,0
38	0,667	0,0	0,0
39	-0,210	0,0	0,0
40	-0,210	1,876	0,720
41	-0,853	1,876	0,720
42	0,853	1,876	0,720
43	-0,853	0,0	0,0

2 - 3 - SECTIONS DES POUTRES

Les sections suivantes sont considérées :

- ✓ Section 1 : U 67x60x32x12x2
- ✓ Section 3 : TP 63x48,5x36x2
- ✓ Section 4 : TP 55x44x24x14x2



Les inerties sont calculées sur les feuilles de calcul de chaque élément critique (cf §4).

2 - 4 - CARACTERISTIQUES MATIERES

Tous les éléments métalliques sont en acier S320GD :

- ✓ Limite élastique : $R_{e \min} = 320 \text{ MPa}$
- ✓ Résistance à la rupture : $R_{m \min} = 390 \text{ MPa}$
- ✓ Module de Young : $E = 210\,000 \text{ MPa}$
- ✓ Coefficient de Poisson : $\nu = 0,3$
- ✓ Densité : 7,85

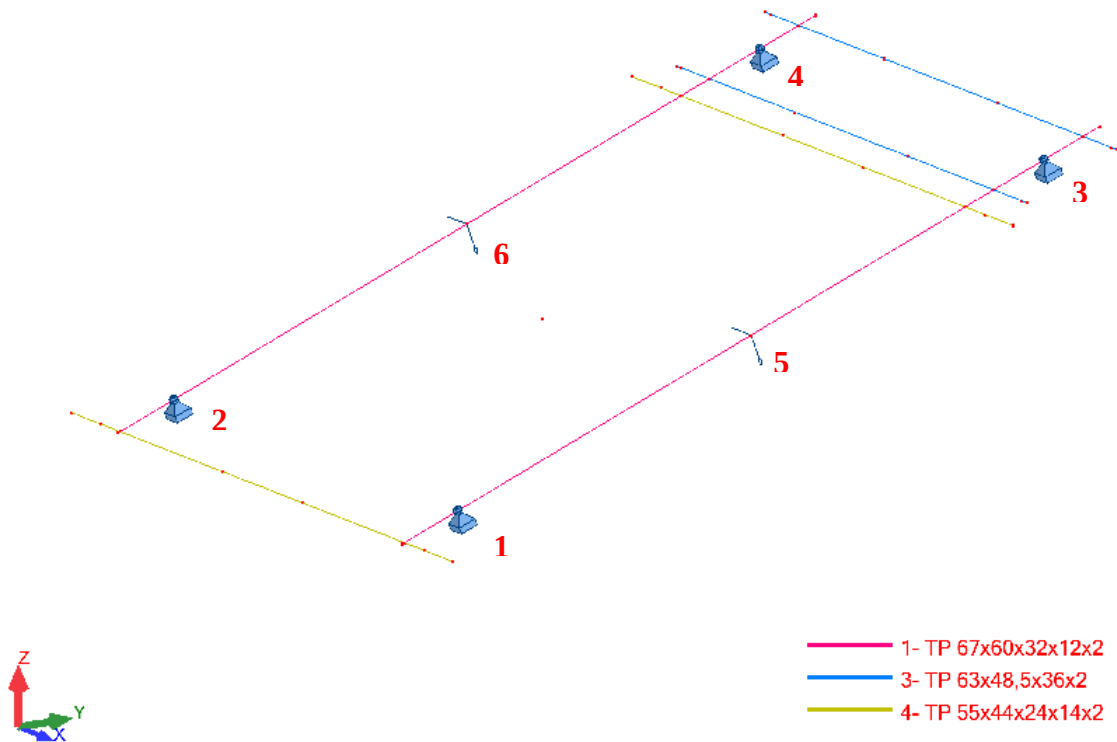
2 - 5 - CONDITIONS AUX LIMITES ET LIAISONS RIGIDES

Conditions aux limites :

Les conditions aux limites sont appliquées sur les noeuds correspondant aux fixations du des longerons sur les pannes :

- ✓ noeuds **1** à **4** - blocage des 3 translations dx, dy et dz (repère local),
- ✓ noeuds **5** et **6** - blocage des 2 translations dx et dz (repère locale)

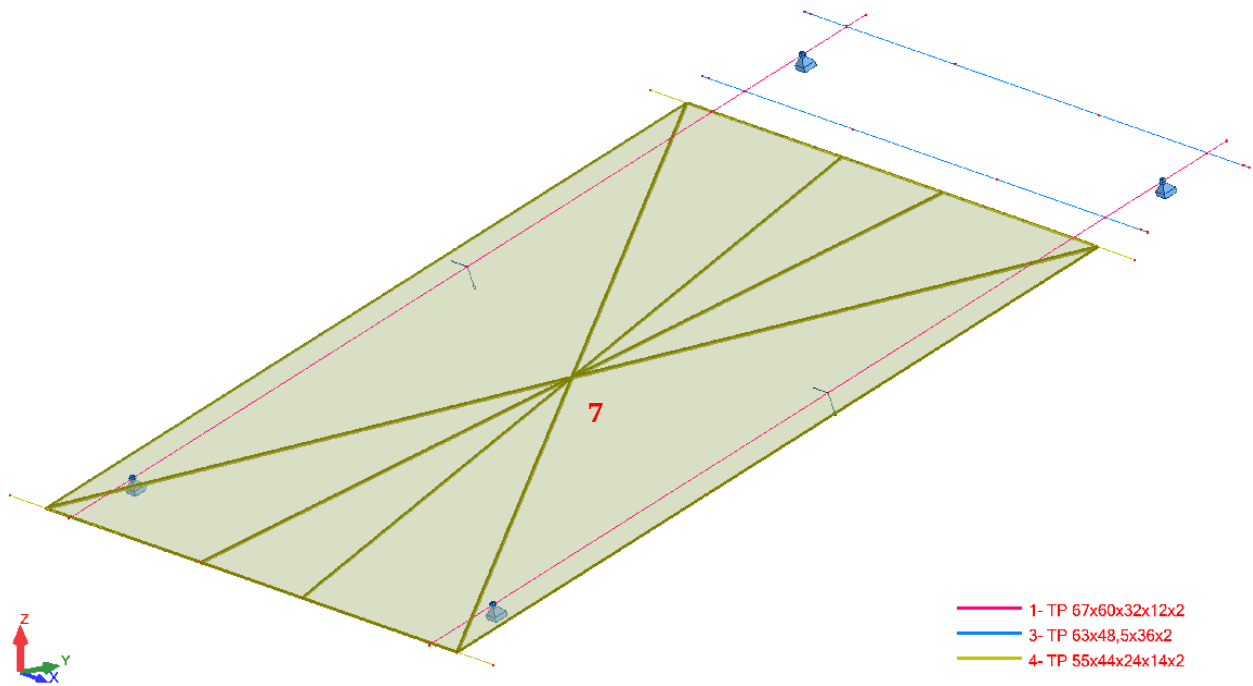
On présente ici l'image du chassis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.



Liaison rigide :

Afin de prendre compte la rigidité des panneaux, on crée une liaison rigide entre les points de fixation des panneaux et un nœud de chargement central 7.

On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.



2 - 6 - CAS DE CHARGES

Cas 1 - G1 (Poids propre structure) :

Il s'agit du poids propre de la structure. Il est appliqué sur chaque élément par une accélération de 1g suivant -Z.

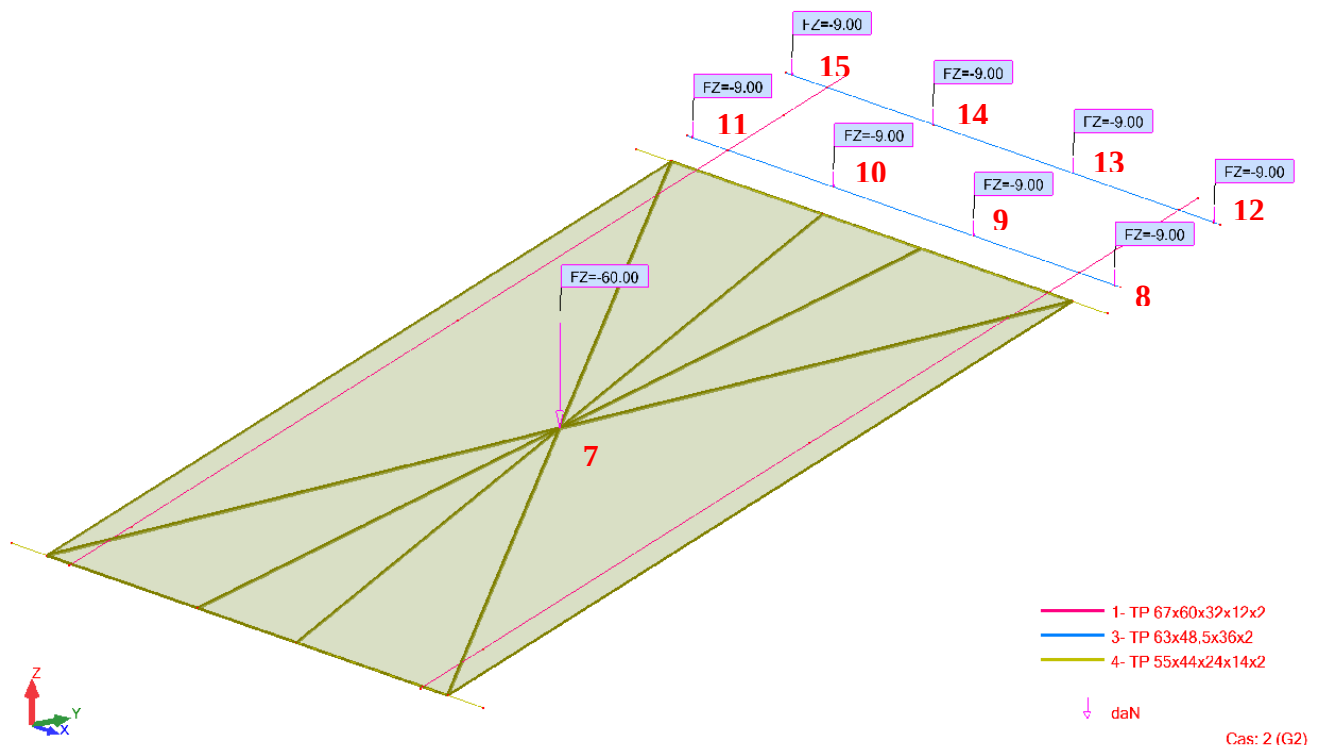
Poids propre structure : 29 daN

Cas 2 - G2 (Poids propre du capteur et du ballon à vide) :

On considère ici le poids propre des capteur (60 daN) au nœud de chargement ainsi que le poids propre du ballon (75 daN) réparti sur ses 8 nœuds de fixation.

On applique donc :

- ✓ une charge de 60 daN sur le nœud 7,
- ✓ une charge de 9 daN sur les nœuds 8 à 15.



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.

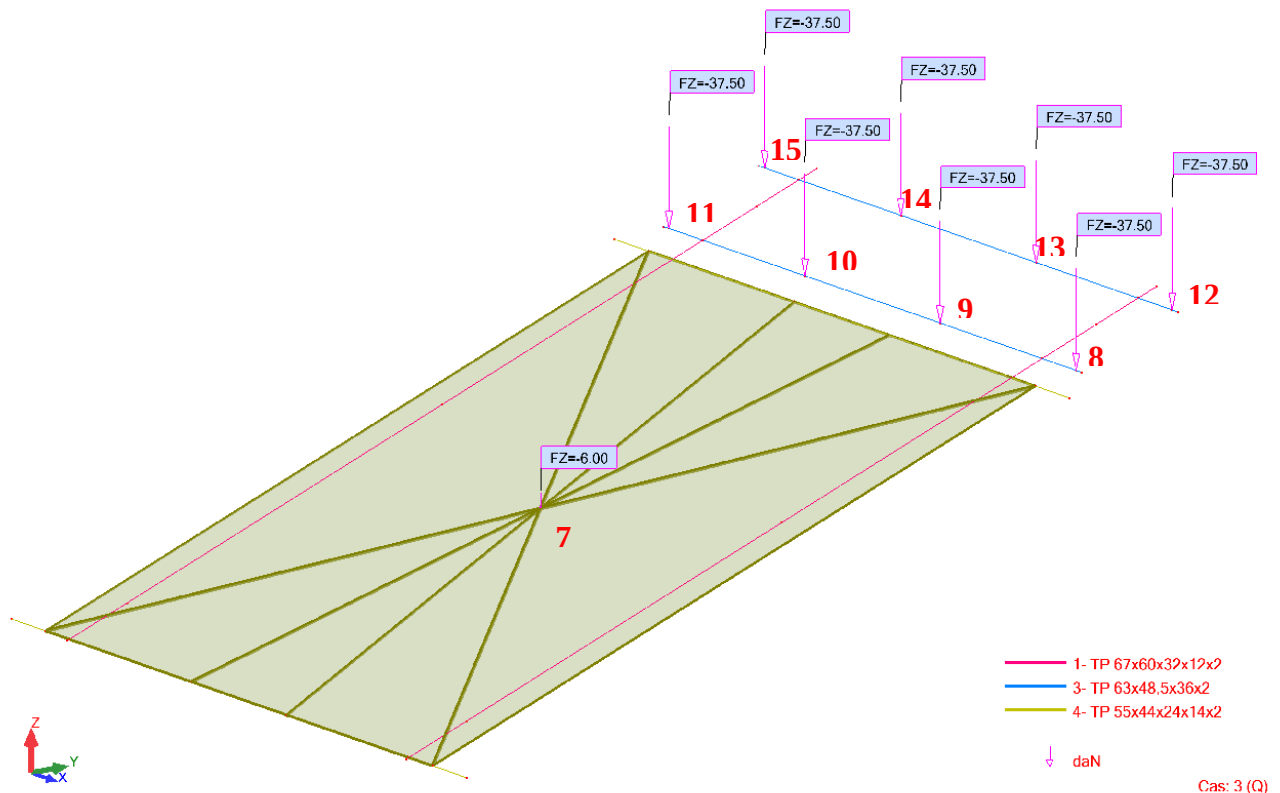
Résultante totale : 132 daN

Cas 3 - Q (Charges d'eau dans le capteur et dans le ballon) :

On considère ici le poids de l'eau dans le capteur (6 daN) au nœud de chargement ainsi que le poids de l'eau dans le ballon (300 daN) réparti sur ses 8 nœuds de fixation.

On applique donc :

- ✓ une charge de 6 daN sur les nœuds 7,
- ✓ une charge de 37,5 daN sur les nœuds 8 à 15.



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.

Résultante totale : 306 daN

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 18/74
--	---	--

Cas 4 et 5 :

Le vent peut agir en surpression (cas 4 - V+) ou en dépression (cas 5 - V-).

Calcul de la pression dynamique de pointe :

- ✓ Zone géographique Guadeloupe (le plus critique couvrant les autres DOM)
- ✓ Vitesse de référence $v_b = 36$ m/s
- ✓ Catérogie de terrain 0 (bord de mer)
- ✓ Coefficient d'orographie $c_0(z) = 1$
- ✓ Hauteur maxi de la toiture / sol $z = 15$ m (couvrant les hauteurs moindres)
- ✓ Intensité de la turbulence $I_v(z) = 0,125$
- ✓ Vitesse moyenne du vent $v_m(z) = 46,6$ m/s
- ✓ Densité de l'air $\rho = 1,225$ kg/m³
- ✓ Pression dynamique de pointe $q_p(z=15\text{ m}) = 249,4$ daN/m²

Les coefficients de pression en surpression et en dépression sont tirés de l'Eurocode 1 partie 1-4. On considère les coefficients de pression les plus critiques dans le cas de toitures à 1 ou 2 versants et pour des angles de toiture allant de 5° à 45°.

La valeurs les plus critiques en surpression et en dépression sont les suivantes (zones G, H, I et J) :

- ✓ $c_{pe,1} = + 0,7$ en surpression
- ✓ $c_{pe,1} = - 2$ en dépression

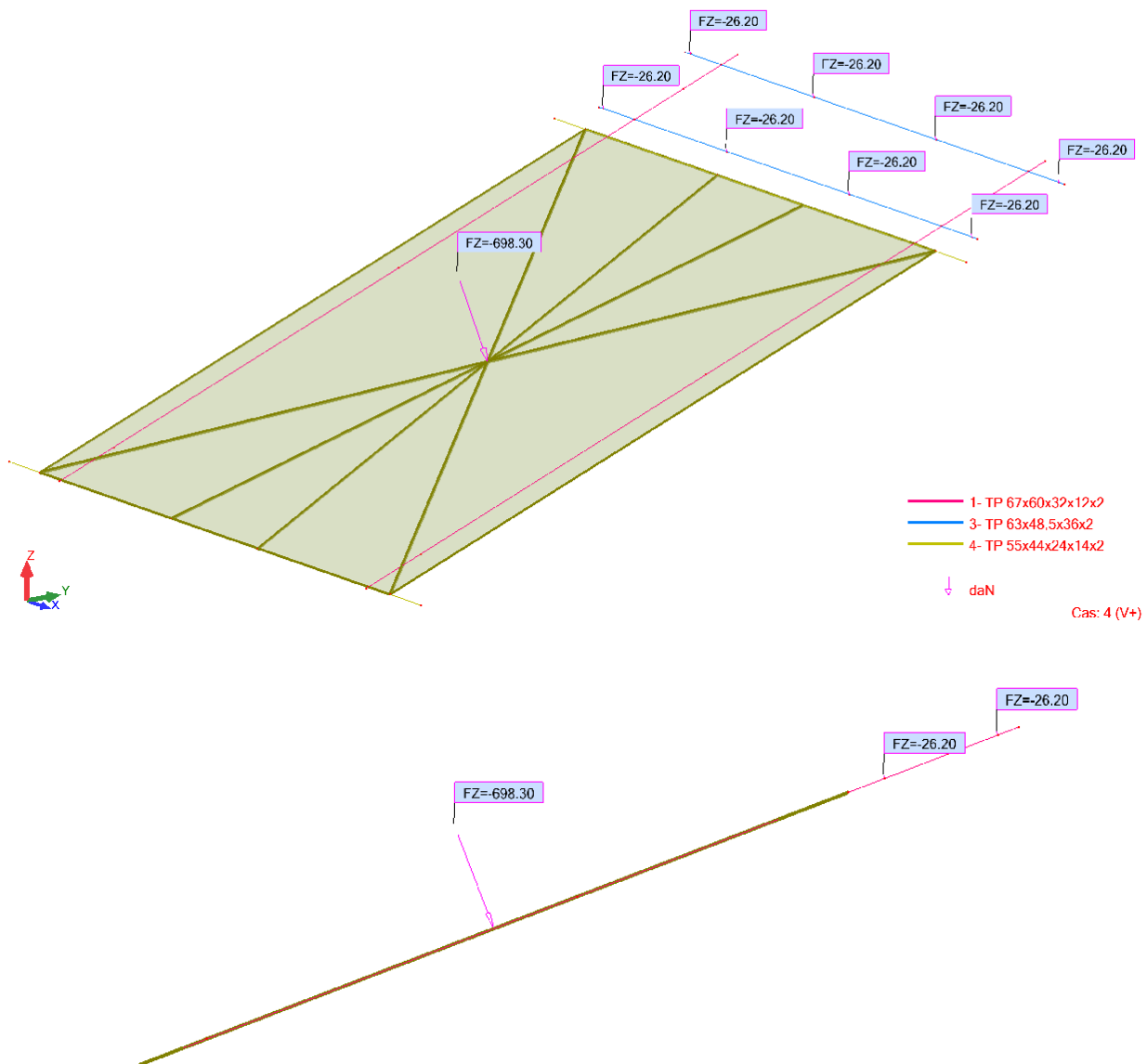
On a ainsi les efforts résultants suivants sur les capteurs (4 m²) et le ballon (1,2 m²) :

- ✓ En surpression (V+) :
 - Sur capteur : $F = 0,7 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 4 \text{ m}^2 = 698,3 \text{ daN}$
 - Sur ballon : $F = 0,7 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 1,2 \text{ m}^2 = 209,5 \text{ daN}$
- ✓ En dépression (V-) :
 - Sur capteur : $F = 2 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 4 \text{ m}^2 = 1995,2 \text{ daN}$
 - Sur ballon : $F = 2 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 1,2 \text{ m}^2 = 598,6 \text{ daN}$

Cas 4 - V+ (Vent en surpression) :

On transfère les efforts résultants sur les nœuds de fixation du capteur et du ballon.

- ✓ Capteurs : 698,3 daN (nœud 7),
- ✓ Ballon : 8 x 26,2 daN (nœuds 8 à 15).

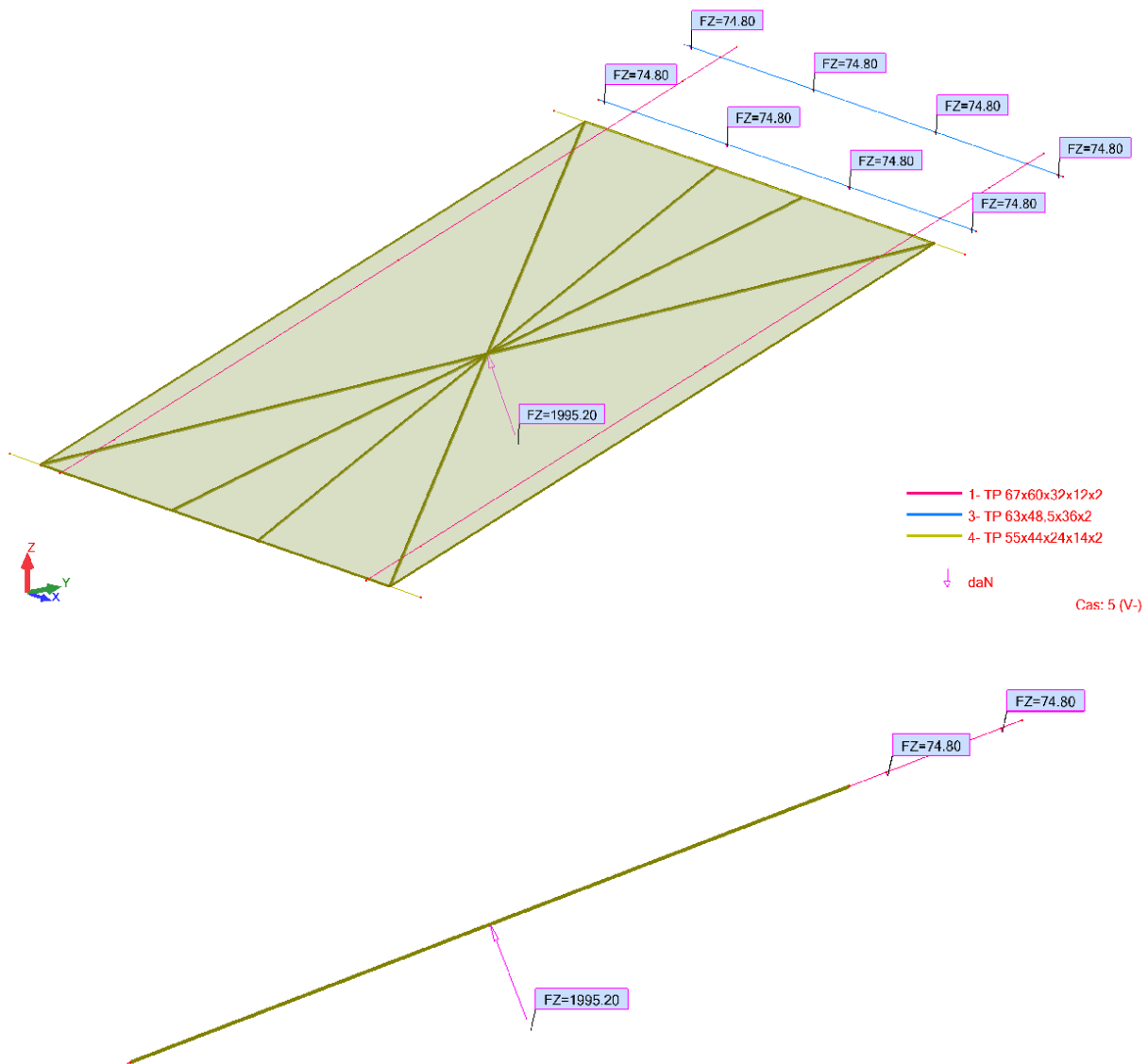


On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.

Cas 5 - V- (Vent en dépression) :

On transfère les efforts résultants sur les nœuds de fixation du capteur et du ballon.

- ✓ Capteur : 1995,2 daN (nœuds 7),
- ✓ Ballon : 8 x 74,8 daN (nœuds 8 à 15).



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.

2 - 7 - CAS DE CHARGES SISMQUES

Afin de prendre en compte les charges sismiques, on applique sur l'ensemble des poids propres (support, panneau et ballon remplis d'eau) des coefficients horizontaux $k_{a,h}$ et verticaux $k_{a,v}$.

Résultats : Valeur de $k_{a,h}$ (pour $q_a = 2$)

Les zones grisées du tableau correspondent à des cas pour lesquels la résistance aux actions sismiques n'est pas imposée par la réglementation.

			Catégorie d'importance du bâtiment			
			I	II	III	IV
Zone de sismicité Classe de sol	1	A	0,09	0,11	0,13	0,16
		B	0,12	0,15	0,18	0,21
		C	0,13	0,17	0,20	0,24
		D	0,14	0,18	0,22	0,25
		E	0,16	0,20	0,24	0,28
	2	A	0,16	0,20	0,24	0,27
		B	0,21	0,26	0,32	0,37
		C	0,24	0,29	0,35	0,41
		D	0,25	0,31	0,38	0,44
		E	0,28	0,35	0,42	0,49
	3	A	0,25	0,31	0,37	0,43
		B	0,33	0,42	0,50	0,58
		C	0,37	0,46	0,56	0,65
		D	0,39	0,49	0,59	0,69
		E	0,44	0,56	0,67	0,78
	4	A	0,36	0,45	0,54	0,63
		B	0,48	0,61	0,73	0,85
		C	0,54	0,67	0,81	0,94
		D	0,57	0,72	0,86	1,00
		E	0,65	0,81	0,97	1,13
	5	A	0,67	0,84	1,01	1,18
		B	0,81	1,01	1,21	1,41
		C	0,77	0,97	1,16	1,35
		D	0,91	1,14	1,36	1,59
		E	0,94	1,18	1,41	1,65

Résultats : Valeur de $k_{a,h}$ (pour $q_a = 2$)

Les zones grisées du tableau correspondent à des cas pour lesquels la résistance aux actions sismiques n'est pas imposée par la réglementation ($a_{vg} < 2,5 \text{ m/s}^2$).

		Catégorie d'importance du bâtiment			
		I	II	III	IV
Zone de sismicité	1	0,03	0,04	0,04	0,05
	2	0,05	0,06	0,08	0,09
	3	0,08	0,10	0,12	0,14
	4	0,12	0,15	0,18	0,21
	5	0,20	0,24	0,29	0,34

Pour une zone de sismicité 5 (forte), une catégorie d'importance de III et l'ensemble des classes de sol, les coefficients sont les suivants :

- ✓ $k_{a,h} = 1,41$
- ✓ $k_{a,h} = 0,29$

Cas 12 - SISx (Charges inertielles suivant +x) :

Il s'agit des charges inertielles dans la direction +x exercées sur le support, sur le panneau et sur le ballon remplis d'eau. Pour le support, on applique sur chaque élément une accélération de 1,41g suivant +x.

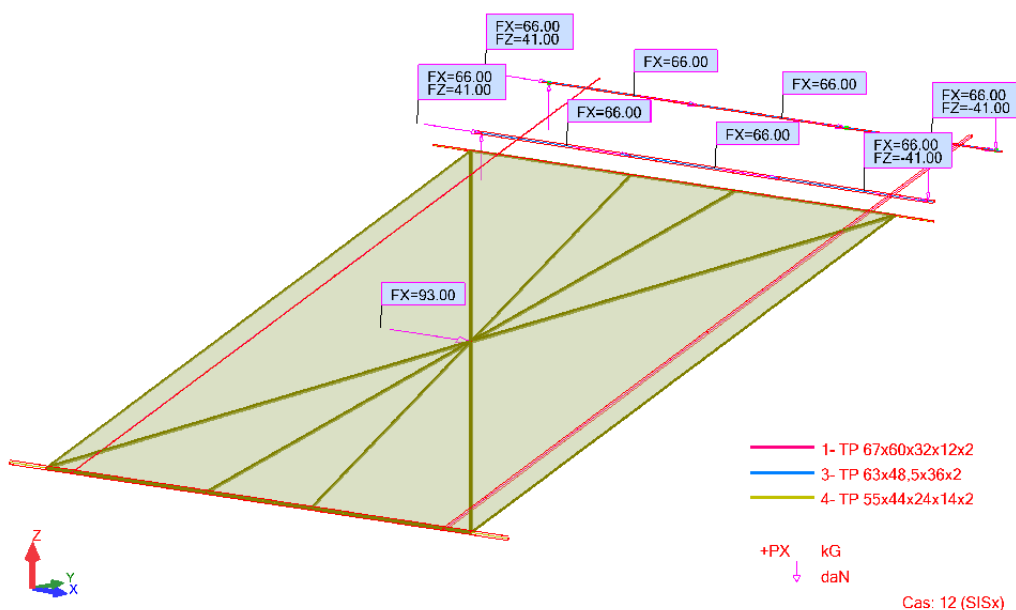
Pour le panneau et le ballon :

- ✓ Panneau $F_x = 66 \text{ daN} \times 1,41 = 93 \text{ daN}$ au nœud 7.
- ✓ Ballon $F_x = 375 \text{ daN} \times 1,41 = 529 \text{ daN}$ réparti sur les 8 nœuds 8 à 15.

Soit 66 daN par nœud.

On prend également en compte le déport du CdG du ballon par rapport aux 4 points de fixation externes (280 mm pour des entraxes entre fixations 1 796 mm dans la direction x) :

- ✓ 41 daN suivant +z aux nœuds 11 et 15
- ✓ 41 daN suivant -z aux nœuds 8 et 12



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.

Résultante suivant x : 449 daN

Cas 13 - SISy (Charges inertielles suivant +y) :

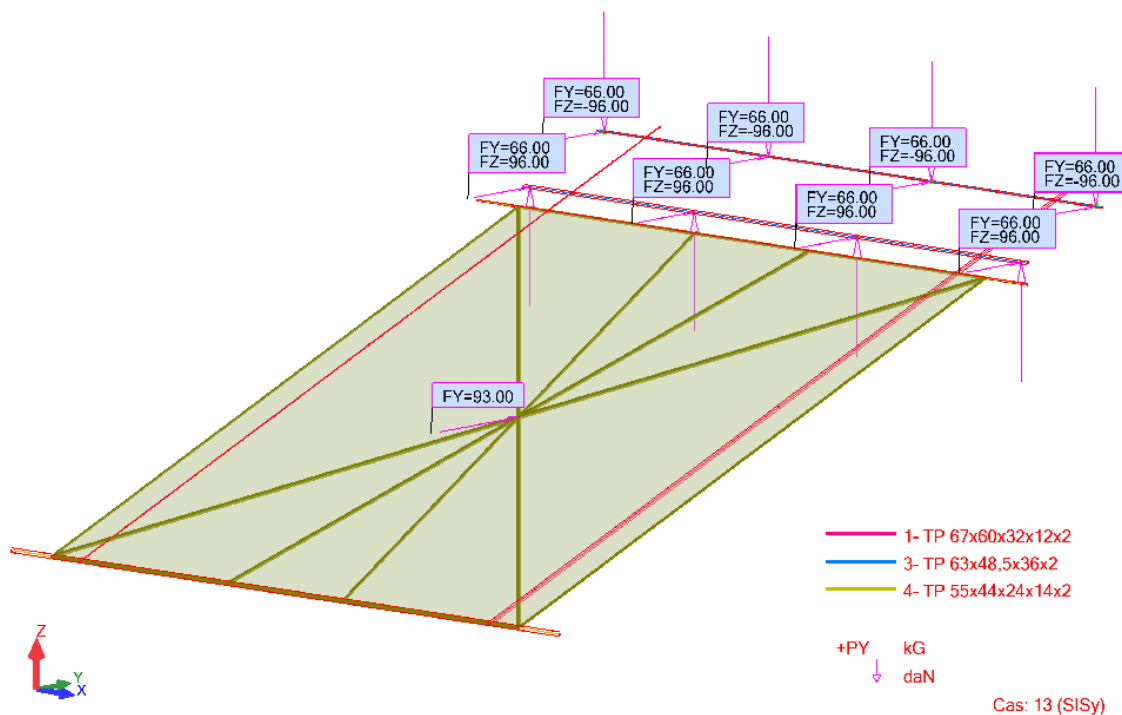
Il s'agit des charges inertielles dans la direction +y exercées sur le support, sur le panneau et sur le ballon remplis d'eau. Pour le support, on applique sur chaque élément une accélération de 1,41g suivant +y.

Pour le panneau et le ballon :

- ✓ Panneau $F_y = 66 \text{ daN} \times 1,41 = 93 \text{ daN}$ au nœud 7.
- ✓ Ballon $F_y = 375 \text{ daN} \times 1,41 = 529 \text{ daN}$ réparti sur les 8 nœuds 8 à 15.
- ✓ Soit 66 daN par nœud.

On prend également en compte le déport du CdG du ballon par rapport aux 8 points de fixation (280 mm pour un entraxe entre fixations de 386 mm dans la direction y) :

- ✓ 96 daN suivant +z aux nœuds 8, 9, 10 et 11
- ✓ 96 daN suivant -z aux nœuds 12, 13, 14 et 15



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.

Résultante suivant y : 449 daN

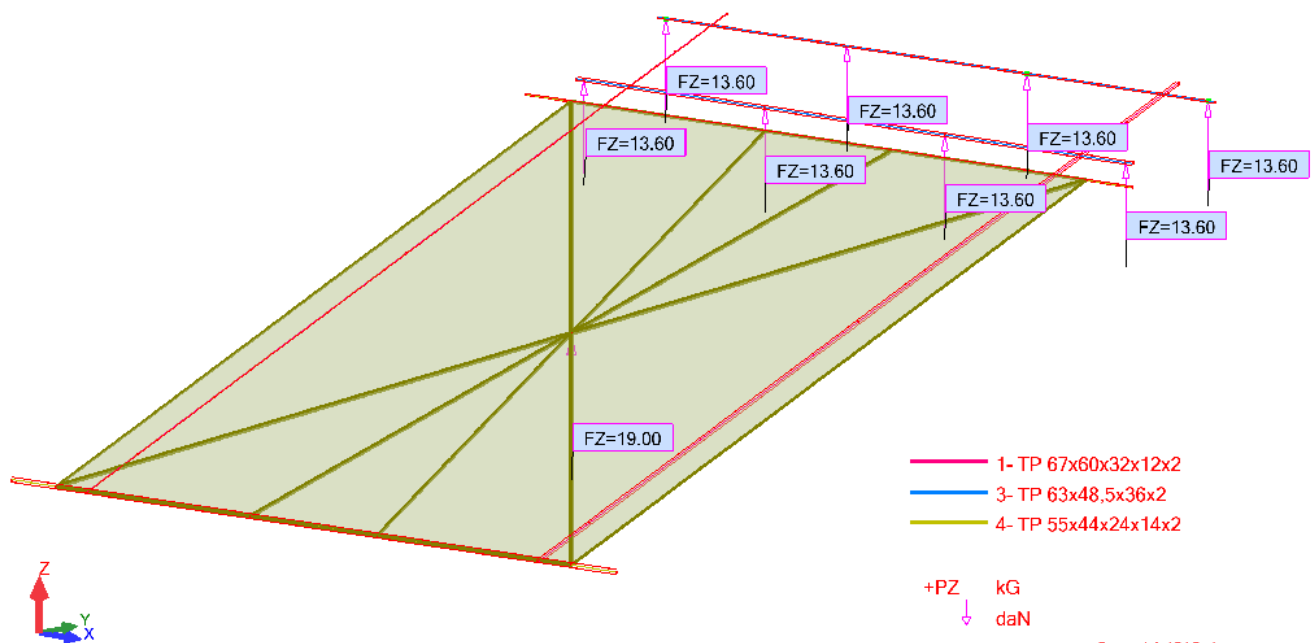
Cas 14 - SISz (Charges inertielles suivant +z) :

Il s'agit des charges inertielles dans la direction +z exercées sur le support, sur le panneau et sur le ballon remplis d'eau. Pour le support, on applique sur chaque élément une accélération de 0,29g suivant +z.

Pour le panneau et le ballon :

- ✓ Panneau $F_z = 66 \text{ daN} \times 0,29 = 19 \text{ daN}$ au nœud 7.
- ✓ Ballon $F_z = 375 \text{ daN} \times 0,29 = 109 \text{ daN}$ réparti sur les 8 nœuds 8 à 15.

Soit 13,6 daN par nœud.



Cas: 14 (SISz)

On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1333 mm.

Résultante suivant z : 92 daN

2 - 8 - COMBINAISONS DE CHARGES

On génère l'ensemble des combinaisons de charges ELU et ELS conformément aux règles des Eurocodes. Pour les combinaisons ELU, on calcule les taux de travail des différentes poutres en prenant en compte les paramètres de flambement et de déversement conformément aux règles des Eurocodes. Les taux de travail doivent rester inférieurs à 1 (100 %). Pour les combinaisons ELS sont présentées les déformations de la structure pour les combinaisons caractéristiques.

ELU		
Combinaison	Type de la combinaison	Définition
ELU/1	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35 + Q*1.50$
ELU/2	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35 + Q*1.50 + V+*0.90$
ELU/3	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35 + Q*1.50 + V-*0.90$
ELU/4	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35$
ELU/5	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.50$
ELU/6	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.50 + V+*0.90$
ELU/7	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.50 + V-*0.90$
ELU/8	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00$
ELU/9	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35 + Q*1.50 + V+*1.50$
ELU/10	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35 + Q*1.50 + V-*1.50$
ELU/11	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35 + V+*1.50$
ELU/12	ELU	$G1*1.35 + G2*1.35 + V-*1.50$
ELU/13	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.50 + V+*1.50$
ELU/14	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.50 + V-*1.50$
ELU/15	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + V+*1.50$
ELU/16	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + V-*1.50$

ELS		
Combinaison	Type de la combinaison	Définition
ELS/1	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.00$
ELS/2	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.00 + V+*0.60$
ELS/3	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.00 + V-*0.60$
ELS/4	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00$
ELS/5	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.00 + V+*1.00$
ELS/6	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + Q*1.00 + V-*1.00$
ELS/7	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + V+*1.00$
ELS/8	ELU	$G1*1.00 + G2*1.00 + V-*1.00$

On analyse également les combinaisons accidentelles sismiques suivantes :

- ✓ Combinaison 101 = $G1 + G2 + Q + SISx + SISz$
- ✓ Combinaison 102 = $G1 + G2 + Q + SISx - SISz$
- ✓ Combinaison 103 = $G1 + G2 + Q + SISy + SISz$
- ✓ Combinaison 104 = $G1 + G2 + Q - SISy + SISz$
- ✓ Combinaison 105 = $G1 + G2 + Q + SISy - SISz$
- ✓ Combinaison 106 = $G1 + G2 + Q - SISy - SISz$

3 - REACTIONS AUX APPUIS

3 - 1 - REACTIONS ELEMENTAIRES

On présente ici les valeurs des réactions élémentaires au niveau des nœuds de fixation.

Réactions aux noeuds 1 à 6 (entraxe 1500 mm) :

Cas 1 - G1			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/1	4,21	-2,34	3,55
2/1	-4,21	-2,34	3,55
3/1	7,15	3,17	8,78
4/1	-7,15	3,17	8,78
5/1	2,13	-0,83	2,15
6/1	-2,13	-0,83	2,15
Total	0,00	-0,00	28,96

Cas 2 - G2			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/2	15,80	-0,18	16,62
2/2	-15,80	-0,18	16,62
3/2	42,69	1,54	45,82
4/2	-42,69	1,54	45,82
5/2	3,68	-1,37	3,57
6/2	-3,68	-1,37	3,57
Total	0	0	132

Cas 3 - Q			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/3	0,75	29,67	12,22
2/3	-0,75	29,67	12,22
3/3	138,93	-28,04	136,53
4/3	-138,93	-28,04	136,53
5/3	4,66	-1,63	4,25
6/3	-4,66	-1,63	4,25
Total	0	0	306

E.M.S.

NOTE DE CALCUL
SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE
(BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)

REF N° : 20-07-2182-PT02
REVISION : B
DATE : 24/03/2021
PAGE : 28/74

Cas 4 - V+			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/4	200,51	-153,43	152,72
2/4	-200,51	-153,43	152,72
3/4	224,47	3,23	238,56
4/4	-224,47	3,23	238,56
5/4	32,66	-12,48	32,52
6/4	-32,66	-12,48	32,52
Total	0,00	-325,36	847,60

Cas 5 - V-			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/5	-572,90	438,41	-436,35
2/5	572,90	438,41	-436,35
3/5	-641,12	-9,34	-681,41
4/5	641,12	-9,34	-681,41
5/5	-93,31	35,66	-92,90
6/5	93,31	35,66	-92,90
Total	-0,00	929,46	-2421,33

Réactions aux noeuds 1 à 6 (entraxe 1333 mm) :

Cas 1 - G1			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/1	4,18	-3,38	3,12
2/1	-4,18	-3,38	3,12
3/1	7,13	4,23	9,15
4/1	-7,13	4,23	9,15
5/1	2,19	-0,85	2,21
6/1	-2,19	-0,85	2,21
Total	-0,00	0,00	28,96

Cas 2 - G2			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/2	15,84	-0,46	16,54
2/2	-15,84	-0,46	16,54
3/2	42,87	1,80	45,96
4/2	-42,87	1,80	45,96
5/2	3,58	-1,34	3,50
6/2	-3,58	-1,34	3,50
Total	-0,00	0,00	132,00

Cas 3 - Q			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/3	0,70	19,33	8,16
2/3	-0,70	19,33	8,16
3/3	139,42	-17,64	140,44
4/3	-139,42	-17,64	140,44
5/3	4,69	-1,69	4,40
6/3	-4,69	-1,69	4,40
Total	-0,00	0,00	306,00

Cas 4 - V+			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/4	201,29	-134,35	160,83
2/4	-201,29	-134,35	160,83
3/4	225,72	-16,37	231,82
4/4	-225,72	-16,37	231,82
5/4	31,18	-11,96	31,15
6/4	-31,18	-11,96	31,15
Total	-0,00	-325,36	847,60

Cas 5 - V-			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/5	-575,14	383,88	-459,52
2/5	575,14	383,89	-459,52
3/5	-644,70	46,68	-662,15
4/5	644,70	46,68	-662,15
5/5	-89,09	34,16	-89,00
6/5	89,09	34,16	-89,00
Total	0,00	929,46	-2421,33

3 - 2 - REACTIONS ENVELOPPES (ELU)

On présente ici les valeurs mini et maxi des réactions aux appuis et les combinaisons de charges ELU associées.

Noeuds 1 à 4 (entraxe 1500 mm) :

ELU			
Noeud / Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/ELU/9	328,56>>	-202,38	269,14
1/ELU/16	-839,35<<	655,09	-634,36
1/ELU/14	-838,56	686,25>>	-621,53
1/ELU/11	327,77	-233,54<<	256,31
1/ELU/9	328,56	-202,38	269,14>>
1/ELU/16	-839,35	655,09	-634,36<<
2/ELU/16	839,35>>	655,09	-634,36
2/ELU/9	-328,56<<	-202,39	269,14
2/ELU/14	838,56	686,25>>	-621,53
2/ELU/11	-327,77	-233,54<<	256,31
2/ELU/9	-328,56	-202,39	269,14>>
2/ELU/16	839,35	655,09	-634,36<<
3/ELU/9	549,86>>	-18,24	574,91
3/ELU/16	-911,85<<	-9,29	-967,52
3/ELU/11	403,98	11,20>>	431,55
3/ELU/7	-318,78	-45,75<<	-353,87
3/ELU/9	549,86	-18,24	574,91>>
3/ELU/16	-911,85	-9,29	-967,52<<
4/ELU/16	911,85>>	-9,30	-967,52
4/ELU/9	-549,86<<	-18,24	574,91
4/ELU/11	-403,98	11,20>>	431,55
4/ELU/7	318,78	-45,75<<	-353,88
4/ELU/9	-549,86	-18,24	574,91>>
4/ELU/16	911,85	-9,30	-967,52<<

Noeuds 5 et 6 (entraxe 1500 mm) :

ELU			
Noeud / Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
5/ELU/9	61,72>>	-23,40	60,95
5/ELU/16	-134,15<<	51,30	-133,64
5/ELU/16	-134,15	51,30>>	-133,64
5/ELU/9	61,72	-23,40<<	60,95
5/ELU/9	61,72	-23,40	60,95>>
5/ELU/16	-134,15	51,30	-133,64<<
6/ELU/16	134,15>>	51,30	-133,64
6/ELU/9	-61,72<<	-23,40	60,95
6/ELU/16	134,15	51,30>>	-133,64
6/ELU/9	-61,72	-23,40<<	60,95
6/ELU/9	-61,72	-23,40	60,95>>
6/ELU/16	134,15	51,30	-133,64<<

Tableau récapitulatif pour les noeuds 1 à 6 (entraxe 1500 mm) :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	911,85	686,25	574,91
Noeud	4	2	3
Cas	ELU/16	ELU/14	ELU/9
MIN	-911,85	-233,54	-967,52
Noeud	3	2	3
Cas	ELU/16	ELU/11	ELU/16

Dans le repère de la toiture (entraxe 1500 mm) :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	911,85	419,64	543,26
Noeud	4	2	3
Cas	ELU/16	ELU/10	ELU/9
MIN	-911,85	-355,41	-899,93
Noeud	3	4	3
Cas	ELU/16	ELU/16	ELU/16

La vis la plus sollicitée voit donc les efforts maxi suivants :

- ✓ Traction F = 900 daN
- ✓ Cisaillement T = 1004 daN

Noeuds 1 à 6 (entraxe 1333 mm) :

ELU			
Noeud / Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/ELU/9	329,69>>	-186,41	276,36
1/ELU/16	-842,70<<	571,99	-669,62
1/ELU/14	-841,97	592,29>>	-661,04
1/ELU/11	328,96	-206,71<<	267,79
1/ELU/9	329,69	-186,41	276,36>>
1/ELU/16	-842,70	571,99	-669,62<<
2/ELU/16	842,70>>	571,99	-669,62
2/ELU/9	-329,69<<	-186,41	276,36
2/ELU/14	841,97	592,29>>	-661,04
2/ELU/11	-328,96	-206,71<<	267,79
2/ELU/9	-329,69	-186,41	276,36>>
2/ELU/16	842,70	571,99	-669,62<<
3/ELU/9	552,47>>	-34,94	569,58
3/ELU/16	-917,05<<	76,06	-938,11
3/ELU/12	-899,55	78,17>>	-918,82
3/ELU/13	534,97	-37,06<<	550,29
3/ELU/9	552,47	-34,94	569,58>>
3/ELU/16	-917,05	76,06	-938,11<<
4/ELU/16	917,05>>	76,06	-938,11
4/ELU/9	-552,47<<	-34,95	569,58
4/ELU/12	899,55	78,17>>	-918,82
4/ELU/13	-534,97	-37,06<<	550,29
4/ELU/9	-552,47	-34,95	569,58>>
4/ELU/16	917,05	76,06	-938,11<<
5/ELU/9	59,49>>	-22,67	59,06
5/ELU/16	-127,86<<	49,05	-127,79
5/ELU/16	-127,86	49,05>>	-127,79
5/ELU/9	59,49	-22,67<<	59,06
5/ELU/9	59,49	-22,67	59,06>>
5/ELU/16	-127,86	49,05	-127,79<<
6/ELU/16	127,86>>	49,05	-127,79
6/ELU/9	-59,49<<	-22,67	59,06
6/ELU/16	127,86	49,05>>	-127,79
6/ELU/9	-59,49	-22,67<<	59,06
6/ELU/9	-59,49	-22,67	59,06>>
6/ELU/16	127,86	49,05	-127,79<<

Tableau récapitulatif pour les noeuds 1 à 6 (entraxe 1333 mm) :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	917,05	592,29	569,58
Noeud	4	2	3
Cas	ELU/16	ELU/14	ELU/9
MIN	-917,05	-206,71	-938,11
Noeud	3	2	3
Cas	ELU/16	ELU/11	ELU/16

Dans le repère de la toiture (entraxe 1333 mm) :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	917,05	317,26	544,28
Noeud	4	2	3
Cas	ELU/16	ELU/10	ELU/9
MIN	-917,05	-265,19	-903,06
Noeud	3	3	3
Cas	ELU/16	ELU/16	ELU/16

La vis la plus sollicitée voit donc les efforts maxi suivants :

- ✓ Traction F = 903 daN
- ✓ Cisaillement T = 970 daN

3 - 3 - REACTIONS SOUS CHARGES SISMIQUES

On présente ici les valeurs des réactions aux appuis pour les 6 combinaisons sismiques pour l'entraxe 1500 :

Combinaisons 101 (entraxe 1500)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/101	-93,56	113,48	62,07
2/101	-123,11	-75,14	-16,09
3/101	-76,87	90,78	258,09
4/101	-344,12	-123,69	12,55
5/101	-4,67	-7,28	18,96
6/101	-19,52	1,85	-4,82
Total	-661,84	0,00	330,76

Combinaisons 102 (entraxe 1500)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/102	-81,60	129,45	80,85
2/102	-135,06	-59,17	2,70
3/102	33,42	77,03	369,72
4/102	-454,40	-137,43	124,17
5/102	1,41	-9,50	24,75
6/102	-25,61	-0,37	0,97
Total	-661,84	0,00	603,16

Combinaisons 103 (entraxe 1500)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/103	23,28	170,89	90,06
2/103	-23,28	170,89	90,06
3/103	288,23	-514,54	108,49
4/103	-288,23	-514,54	108,50
5/103	-33,48	12,74	-33,18
6/103	33,48	12,74	-33,18
Total	0,00	-661,84	330,76

Combinaisons 104 (entraxe 1500)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/104	6,27	-132,55	-44,08
2/104	-6,27	-132,55	-44,08
3/104	-20,99	481,64	162,15
4/104	20,99	481,63	162,14
5/104	48,33	-18,16	47,31
6/104	-48,33	-18,16	47,31
Total	-0,00	661,84	330,76

E.M.S.

NOTE DE CALCUL
SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE
(BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)

REF N° : 20-07-2182-PT02
REVISION : B
DATE : 24/03/2021
PAGE : 35/74

Combinaisons 105 (entraxe 1500)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/105	35,24	186,86	108,85
2/105	-35,24	186,86	108,85
3/105	398,52	-528,29	220,12
4/105	-398,52	-528,29	220,12
5/105	-27,40	10,51	-27,38
6/105	27,40	10,51	-27,38
Total	-0,00	-661,84	603,16

Combinaisons 106 (entraxe 1500)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/106	18,22	-116,58	-25,30
2/106	-18,23	-116,58	-25,29
3/106	89,30	467,89	273,77
4/106	-89,30	467,88	273,77
5/106	54,42	-20,39	53,11
6/106	-54,42	-20,39	53,11
Total	-0,00	661,84	603,16

On présente ici les valeurs des réactions aux appuis pour les 6 combinaisons sismiques pour l'entraxe 1333 :

Combinaisons 101 (entraxe 1333)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/101	-77,97	137,15	89,15
2/101	-107,46	-115,30	-49,61
3/101	-85,71	52,97	243,85
4/101	-353,88	-69,32	33,03
5/101	-10,99	-5,25	13,69
6/101	-25,83	-0,25	0,66
Total	-661,84	-0,00	330,76

Combinaisons 102 (entraxe 1333)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/102	-66,03	146,28	105,26
2/102	-119,39	-106,17	-33,50
3/102	24,96	46,09	358,06
4/102	-464,55	-76,19	147,24
5/102	-4,91	-7,51	19,56
6/102	-31,92	-2,51	6,54
Total	-661,84	-0,00	603,16

Combinaisons 103 (entraxe 1333)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/103	22,96	193,28	98,23
2/103	-22,96	193,28	98,23
3/103	289,45	-536,65	99,58
4/103	-289,45	-536,65	99,58
5/103	-32,82	12,45	-32,44
6/103	32,82	12,45	-32,43
Total	0,00	-661,84	330,76

Combinaisons 104 (entraxe 1333)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/104	6,54	-171,43	-58,69
2/104	-6,54	-171,43	-58,69
3/104	-21,28	520,30	177,30
4/104	21,28	520,30	177,30
5/104	47,66	-17,96	46,78
6/104	-47,66	-17,96	46,78
Total	-0,00	661,84	330,76

E.M.S.

NOTE DE CALCUL
SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE
(BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)

REF N° : 20-07-2182-PT02
REVISION : B
DATE : 24/03/2021
PAGE : 37/74

Combinaisons 105 (entraxe 1333)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/105	34,89	202,41	114,34
2/105	-34,89	202,41	114,34
3/105	400,12	-543,53	213,79
4/105	-400,12	-543,52	213,80
5/105	-26,74	10,19	-26,56
6/105	26,74	10,19	-26,56
Total	0,00	-661,84	603,16

Combinaisons 106 (entraxe 1333)			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/106	18,47	-162,29	-42,58
2/106	-18,47	-162,29	-42,58
3/106	89,39	513,43	291,51
4/106	-89,39	513,42	291,51
5/106	53,75	-20,21	52,66
6/106	-53,75	-20,21	52,66
Total	-0,00	661,84	603,16

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 38/74
--	---	--

4 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1500

4 - 1 - ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.92	6 ELU /14/
102	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.92	6 ELU /14/

L'élément **101** est le plus chargé avec un taux de travail de **92 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **101**.

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 39/74
--	---	--

Elément 101 - TP 67x60x32x12x2 (ELU)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 101

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.008 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /14/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.05 + 5*1.50

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 1- TP 67x60x32x12x2

h=82.7 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=58.6 mm	Ay=2.49 cm²	Az=1.89 cm²	Ax=3.38 cm²
tw=0.0 mm	Iy=26.84 cm⁴	Iz=9.80 cm⁴	Ix=0.05 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.75 cm³	Wplz=4.99 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -634.07 daN	My,Ed = -92.98 daN*m	Mz,Ed = -94.06 daN*m	Vy,Ed = -457.82 daN
Nt,Rd = 10816.00 daN	My,pl,Rd = 279.97 daN*m	Mz,pl,Rd = 159.60 daN*m	Vy,T,Rd = 4603.21 daN
	My,c,Rd = 279.97 daN*m	Mz,c,Rd = 159.60 daN*m	Vz,Ed = 994.15 daN
	MN,y,Rd = 279.01 daN*m	MN,z,Rd = 159.05 daN*m	Vz,T,Rd = 3487.15 daN
			Tt,Ed = -0.50 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.3.(1))
$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.33 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.59 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.92 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.10 < 1.00$ (6.2.6.(1))
$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.29 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 40/74
--	---	--

4 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
301	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.26	6 ELU /16/
302	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.22	6 ELU /2/

L'élément **301** est le plus chargé avec un taux de travail de **26 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **301**.

Elément 301 - TP 63x48,5x36x2 (ELU)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 301

POINT: 1

COORDONNEE: $x = 0.66 \text{ L} = 1.221 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /16/ $1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.00 + 5 \cdot 1.50$

MATERIAU:

S320GD $f_y = 320.00 \text{ MPa}$

PARAMETRES DE LA SECTION: 3- TP 63x48,5x36x2

$h=100.2 \text{ mm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=46.6 \text{ mm}$	$A_y=2.17 \text{ cm}^2$	$A_z=1.91 \text{ cm}^2$	$A_x=2.86 \text{ cm}^2$
$t_w=0.0 \text{ mm}$	$I_y=29.15 \text{ cm}^4$	$I_z=3.92 \text{ cm}^4$	$I_x=0.04 \text{ cm}^4$
$t_f=0.0 \text{ mm}$	$W_{ply}=8.11 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=2.80 \text{ cm}^3$	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

$N_{Ed} = 379.46 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = -53.07 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -4.54 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -28.81 \text{ daN}$
$N_{c,Rd} = 9153.01 \text{ daN}$	$M_{y,pl,Rd} = 259.54 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 89.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 4003.49 \text{ daN}$
$N_{b,Rd} = 9153.01 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 259.54 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 89.55 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 99.14 \text{ daN}$
	$MN_{y,Rd} = 259.09 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 89.40 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 3523.86 \text{ daN}$
			$T_{t,Ed} = -1.69 \text{ daN}\cdot\text{m}$
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.20 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.26 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 42/74
--	---	--

4 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.63	6 ELU /14/
402	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.66	6 ELU /14/

L'élément **402** est le plus chargé avec un taux de travail de **66 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **402**.

Elément 402 - TP 55x44x24x14x2 (ELU)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 402

POINT: 1

COORDONNEE: $x = 0.87 \text{ L} = 1.753 \text{ m}$

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /14/ $1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.05 + 5*1.50$

MATERIAU:

S320GD $f_y = 320.00 \text{ MPa}$

PARAMETRES DE LA SECTION: 4- TP 55x44x24x14x2

h=66.9 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=42.9 mm	Ay=1.96 cm²	Az=1.79 cm²	Ax=2.53 cm²
tw=0.0 mm	Iy=9.91 cm⁴	Iz=4.08 cm⁴	Ix=0.03 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=4.38 cm³	Wplz=2.82 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -683.94 daN	My,Ed = 65.10 daN*m	Mz,Ed = -17.52 daN*m	Vy,Ed = 125.23 daN
Nt,Rd = 8096.00 daN	My,pl,Rd = 140.10 daN*m	Mz,pl,Rd = 90.12 daN*m	Vy,T,Rd = 3617.18 daN
	My,c,Rd = 140.10 daN*m	Mz,c,Rd = 90.12 daN*m	Vz,Ed = -980.06 daN
	MN,y,Rd = 139.10 daN*m	MN,z,Rd = 89.48 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = 0.20 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.47 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.20 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.66 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.30 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 44/74
--	---	--

5 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1333

5 - 1 - ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.89	6 ELU /14/
102	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.89	6 ELU /14/

L'élément **101** est le plus chargé avec un taux de travail de **89 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **101**.

Elément 101 - TP 67x60x32x12x2 (ELU)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 101

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.008 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /14/ 1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.05 + 5*1.50

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 1- TP 67x60x32x12x2

h=82.7 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=58.6 mm	Ay=2.49 cm²	Az=1.89 cm²	Ax=3.38 cm²
tw=0.0 mm	Iy=26.84 cm⁴	Iz=9.80 cm⁴	Ix=0.05 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.75 cm³	Wplz=4.99 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -514.92 daN	My,Ed = -85.39 daN*m	Mz,Ed = -93.13 daN*m	Vy,Ed = -459.88 daN
Nt,Rd = 10816.00 daN	My,pl,Rd = 279.97 daN*m	Mz,pl,Rd = 159.60 daN*m	Vy,T,Rd = 4603.21 daN
	My,c,Rd = 279.97 daN*m	Mz,c,Rd = 159.60 daN*m	Vz,Ed = 994.96 daN
	MN,y,Rd = 279.34 daN*m	MN,z,Rd = 159.24 daN*m	Vz,T,Rd = 3487.15 daN
			Tt,Ed = -0.49 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.3.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.31 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.58 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.89 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.10 < 1.00$ (6.2.6.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.29 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 46/74
--	---	--

5 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
301	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.17	6 ELU /16/
302	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.20	6 ELU /2/

L'élément **302** est le plus chargé avec un taux de travail de **20 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **302**.

Elément 302 - TP 63x48,5x36x2 (ELU)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 302

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.14 L = 0.256 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /2/ 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.50 + 4*0.90

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 3- TP 63x48,5x36x2

h=100.2 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=46.6 mm	Ay=2.17 cm²	Az=1.91 cm²	Ax=2.86 cm²
tw=0.0 mm	Iy=29.15 cm⁴	Iz=3.92 cm⁴	Ix=0.04 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.11 cm³	Wplz=2.80 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -127.04 daN	My,Ed = -14.55 daN*m	Mz,Ed = -13.26 daN*m	Vy,Ed = -46.47 daN
Nt,Rd = 9153.01 daN	My,pl,Rd = 259.54 daN*m	Mz,pl,Rd = 89.55 daN*m	Vy,T,Rd = 4003.49 daN
	My,c,Rd = 259.54 daN*m	Mz,c,Rd = 89.55 daN*m	Vz,Ed = 80.31 daN
	MN,y,Rd = 259.49 daN*m	MN,z,Rd = 89.53 daN*m	Vz,T,Rd = 3523.86 daN
			Tt,Ed = -2.27 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.3.(1))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.15 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.20 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 48/74
--	---	--

5 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.85	6 ELU /16/
402	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.84	6 ELU /16/

L'élément **401** est le plus chargé avec un taux de travail de **85 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **401**.

Elément 401 - TP 55x44x24x14x2 (ELU)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 401

POINT: 7

COORDONNEE: x = 0.93 L = 1.856 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /16/ 1*1.00 + 2*1.00 + 5*1.50

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 4- TP 55x44x24x14x2

h=66.9 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=42.9 mm	Ay=1.96 cm²	Az=1.79 cm²	Ax=2.53 cm²
tw=0.0 mm	Iy=9.91 cm⁴	Iz=4.08 cm⁴	Ix=0.03 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=4.38 cm³	Wplz=2.82 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -381.74 daN	My,Ed = -79.31 daN*m	Mz,Ed = -25.30 daN*m	Vy,Ed = 230.93 daN
Nt,Rd = 8096.00 daN	My,pl,Rd = 140.10 daN*m	Mz,pl,Rd = 90.12 daN*m	Vy,T,Rd = 3617.18 daN
	My,c,Rd = 140.10 daN*m	Mz,c,Rd = 90.12 daN*m	Vz,Ed = -656.99 daN
	MN,y,Rd = 139.79 daN*m	MN,z,Rd = 89.92 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = -0.11 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.3.(1))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.57 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.28 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.85 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.6.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.20 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 50/74
--	---	--

6 - STRUCTURE : ETUDE SOUS CHARGES SISMIQUES ENTRAXE 1500

6 - 1 - ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.29	105
102	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.29	105

L'élément **101** est le plus chargé avec un taux de travail de **29 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **101**.

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 51/74
--	---	--

Elément 101 - TP 67x60x32x12x2 (SIS)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 101

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.92 L = 2300.000

mm

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 105 105 (1+2+3+13)*1.00+14*-1.00

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 1- TP 67x60x32x12x2

h=82.7 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=58.6 mm	Ay=2.49 cm2	Az=1.89 cm2	Ax=3.38 cm2
tw=0.0 mm	Iy=26.84 cm4	Iz=9.80 cm4	Ix=0.05 cm4
tf=0.0 mm	Wply=8.75 cm3	Wplz=4.99 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -13.53 daN	My,Ed = -58.60 daN*m	Mz,Ed = -13.05 daN*m	Vy,Ed = -121.08 daN
Nt,Rd = 10816.00 daN	My,pl,Rd = 279.97 daN*m	Mz,pl,Rd = 159.60 daN*m	Vy,T,Rd = 4603.21 daN
	My,c,Rd = 279.97 daN*m	Mz,c,Rd = 159.60 daN*m	Vz,Ed = 426.03 daN
	MN,y,Rd = 279.97 daN*m	MN,z,Rd = 159.60 daN*m	Vz,T,Rd = 3487.15 daN
			Tt,Ed = -0.09 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.3.(1))
$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.21 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^1 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^1 = 0.29 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.6.(1))
$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.12 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 52/74
--	---	--

6 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
301	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.33	105
302	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.60	106

L'élément **302** est le plus chargé avec un taux de travail de **60 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **302**.

Elément 302 - TP 63x48,5x36x2 (SIS)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 302
mm

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.09 L = 175.000

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 106 106 (1+2+3)*1.00+(13+14)*-1.00

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 3- TP 63x48,5x36x2

h=100.2 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=46.6 mm	Ay=2.17 cm²	Az=1.91 cm²	Ax=2.86 cm²
tw=0.0 mm	Iy=29.15 cm⁴	Iz=3.92 cm⁴	Ix=0.04 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.11 cm³	Wplz=2.80 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 57.89 daN	My,Ed = -21.85 daN*m	Mz,Ed = -45.86 daN*m	Vy,Ed = -147.17 daN
Nc,Rd = 9153.01 daN	My,pl,Rd = 259.54 daN*m	Mz,pl,Rd = 89.55 daN*m	Vy,T,Rd = 4003.49 daN
Nb,Rd = 9153.01 daN	My,c,Rd = 259.54 daN*m	Mz,c,Rd = 89.55 daN*m	Vz,Ed = 89.70 daN
	MN,y,Rd = 259.53 daN*m	MN,z,Rd = 89.55 daN*m	Vz,T,Rd = 3523.86 daN
			Tt,Ed = -6.42 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.51 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.60 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 54/74
--	---	--

6 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.21	102
402	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.14	102

L'élément **401** est le plus chargé avec un taux de travail de **21 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **401**.

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 55/74
--	---	--

Elément 401 - TP 55x44x24x14x2 (SIS)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 401

POINT: 7

COORDONNEE: x = 0.93 L = 1856.000

mm

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 102 102 (1+2+3+12)*1.00+14*-1.00

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 4- TP 55x44x24x14x2

h=66.9 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=42.9 mm	Ay=1.96 cm2	Az=1.79 cm2	Ax=2.53 cm2
tw=0.0 mm	Iy=9.91 cm4	Iz=4.08 cm4	Ix=0.03 cm4
tf=0.0 mm	Wply=4.38 cm3	Wplz=2.82 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 145.82 daN	My,Ed = 10.00 daN*m	Mz,Ed = -12.37 daN*m	Vy,Ed = 24.88 daN
Nc,Rd = 8096.00 daN	My,pl,Rd = 140.10 daN*m	Mz,pl,Rd = 90.12 daN*m	Vy,T,Rd = 3617.18 daN
Nb,Rd = 8096.00 daN	My,c,Rd = 140.10 daN*m	Mz,c,Rd = 90.12 daN*m	Vz,Ed = 67.44 daN
	MN,y,Rd = 140.06 daN*m	MN,z,Rd = 90.09 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = -0.02 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.14 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.21 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 56/74
--	---	--

7 - STRUCTURE : ETUDE SOUS CHARGES SISMIQUES ENTRAXE 1333

7 - 1 - ANALYSE DES TP 67x60x32x12x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.32	106
102	TP 67x60x62x12x2	S320GD	88.72	146.80	0.32	106

L'élément **101** est le plus chargé avec un taux de travail de **32 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **101**.

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 57/74
--	---	--

Elément 101 - TP 67x60x32x12x2 (SIS)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 101

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.92 L = 2.300 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 105 105 (1+2+3+13)*1.00+14*-1.00

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 1- TP 67x60x32x12x2

h=82.7 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=58.6 mm	Ay=2.49 cm²	Az=1.89 cm²	Ax=3.38 cm²
tw=0.0 mm	Iy=26.84 cm⁴	Iz=9.80 cm⁴	Ix=0.05 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.75 cm³	Wplz=4.99 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -13.53 daN	My,Ed = -59.96 daN*m	Mz,Ed = -16.21 daN*m	Vy,Ed = -113.93 daN
Nt,Rd = 10816.00 daN	My,pl,Rd = 279.97 daN*m	Mz,pl,Rd = 159.60 daN*m	Vy,T,Rd = 4603.21 daN
	My,c,Rd = 279.97 daN*m	Mz,c,Rd = 159.60 daN*m	Vz,Ed = 422.95 daN
	MN,y,Rd = 279.97 daN*m	MN,z,Rd = 159.60 daN*m	Vz,T,Rd = 3487.15 daN
			Tt,Ed = -0.08 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.3.(1))
$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.21 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.10 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.32 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6.(1))
$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.12 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 58/74
--	---	--

7 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
301	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.27	105
302	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.52	106

L'élément **302** est le plus chargé avec un taux de travail de **52 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **302**.

Elément 302 - TP 63x48,5x36x2 (SIS)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 302

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.14 L = 0.256 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 106 106 (1+2+3)*1.00+(13+14)*-1.00

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 3- TP 63x48,5x36x2

h=100.2 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=46.6 mm	Ay=2.17 cm ²	Az=1.91 cm ²	Ax=2.86 cm ²
tw=0.0 mm	Iy=29.15 cm ⁴	Iz=3.92 cm ⁴	Ix=0.04 cm ⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.11 cm ³	Wplz=2.80 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -90.58 daN	My,Ed = -21.87 daN*m	Mz,Ed = -39.31 daN*m	Vy,Ed = -146.83 daN
Nt,Rd = 9153.01 daN	My,pl,Rd = 259.54 daN*m	Mz,pl,Rd = 89.55 daN*m	Vy,T,Rd = 4003.49 daN
	My,c,Rd = 259.54 daN*m	Mz,c,Rd = 89.55 daN*m	Vz,Ed = 89.66 daN
	MN,y,Rd = 259.51 daN*m	MN,z,Rd = 89.54 daN*m	Vz,T,Rd = 3523.86 daN
			Tt,Ed = -6.42 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.3.(1))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.44 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.52 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 60/74
--	---	--

7 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.19	102
402	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.17	102

L'élément **401** est le plus chargé avec un taux de travail de **65 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **401**.

Elément 401 - TP 55x44x24x14x2 (SIS)

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: *Vérification des pièces*

FAMILLE:

PIECE: 401

POINT: 7

COORDONNEE: x = 0.83 L = 1.670 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 102 102 (1+2+3+12)*1.00+14*-1.00

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 4- TP 55x44x24x14x2

h=66.9 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=42.9 mm	Ay=1.96 cm²	Az=1.79 cm²	Ax=2.53 cm²
tw=0.0 mm	Iy=9.91 cm⁴	Iz=4.08 cm⁴	Ix=0.03 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=4.38 cm³	Wplz=2.82 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -28.41 daN	My,Ed = -8.78 daN*m	Mz,Ed = 11.81 daN*m	Vy,Ed = -41.85 daN
Nt,Rd = 8096.00 daN	My,pl,Rd = 140.10 daN*m	Mz,pl,Rd = 90.12 daN*m	Vy,T,Rd = 3617.18 daN
	My,c,Rd = 140.10 daN*m	Mz,c,Rd = 90.12 daN*m	Vz,Ed = -31.93 daN
	MN,y,Rd = 140.10 daN*m	MN,z,Rd = 90.12 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = 0.01 daN*m
			Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

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

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

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

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.19 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6.(1))

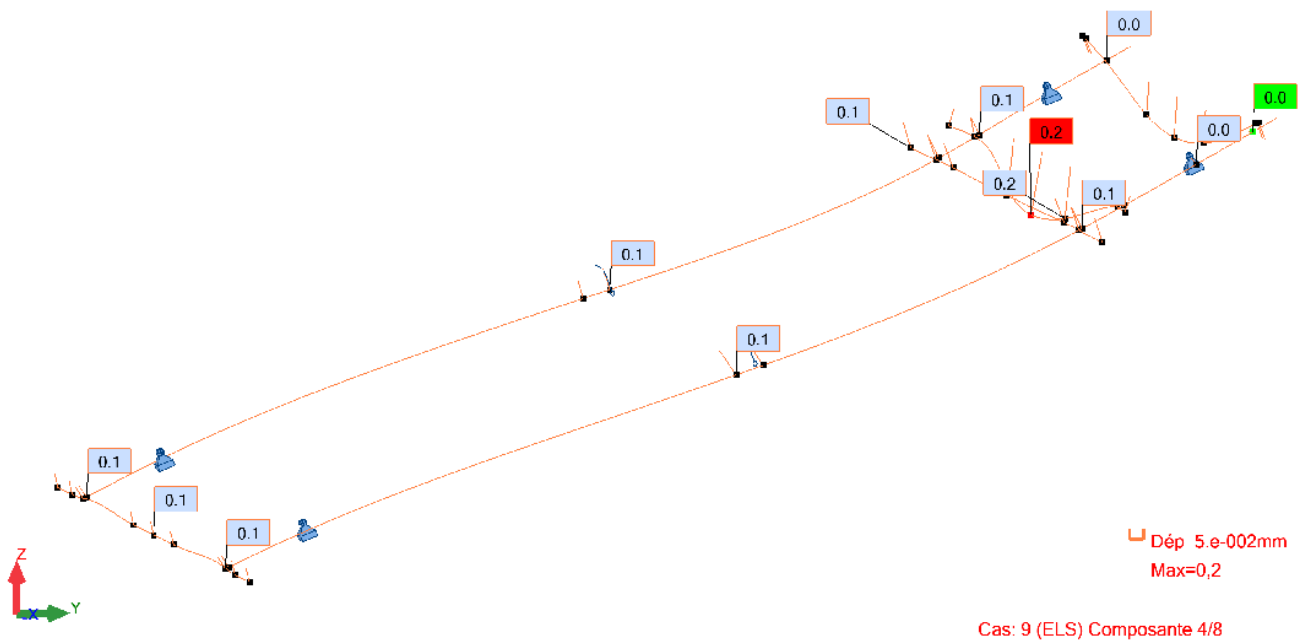
Profil correct !!!

8 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1500

8 - 1 - DEFORMEE : G

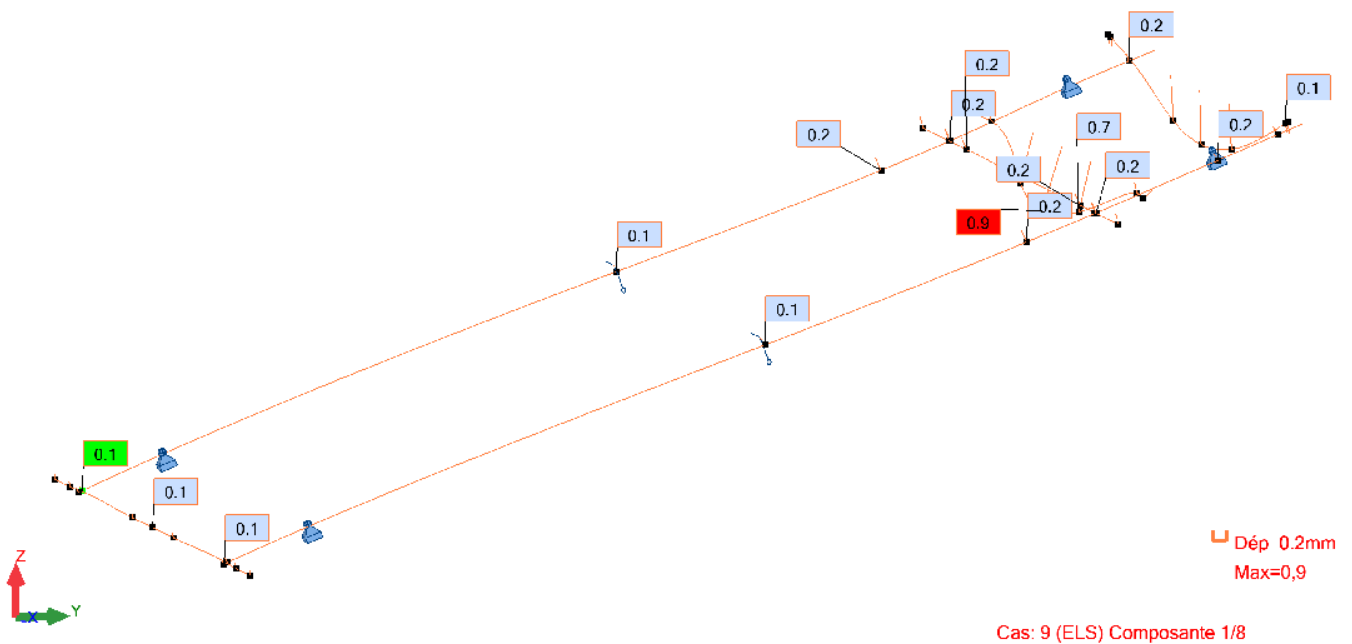
Déformée $ELS/4 = G1 + G2$

(charges permanentes seules)



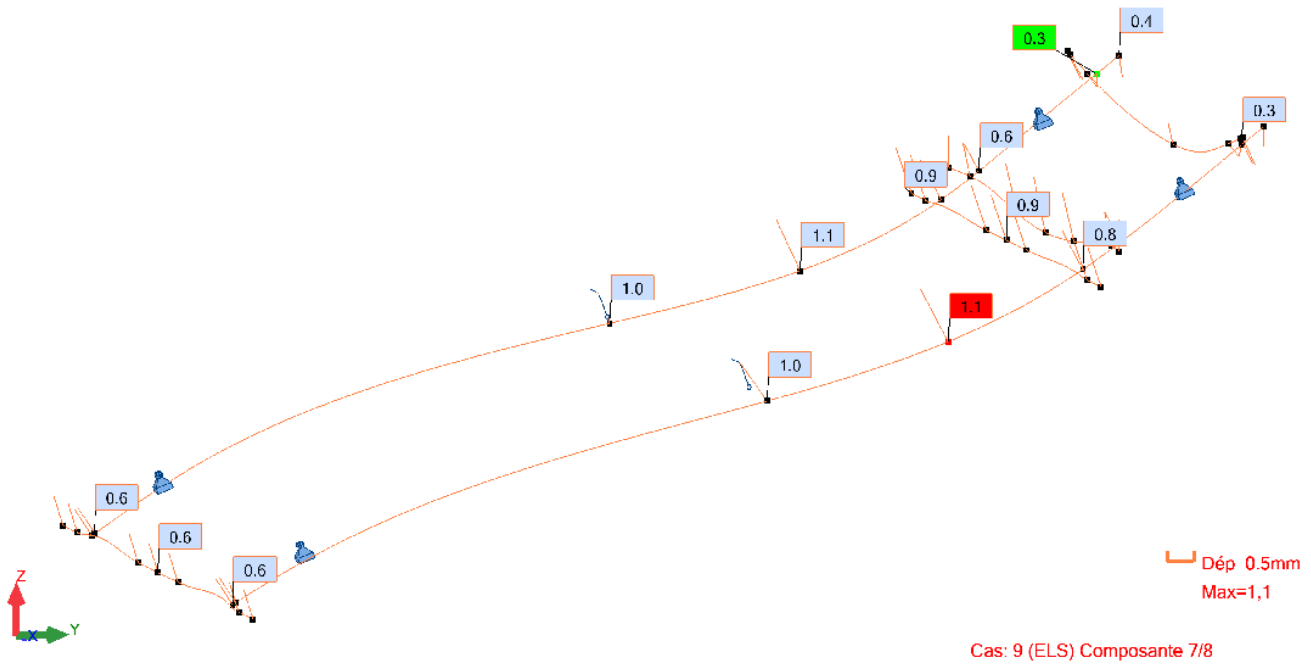
8 - 2 - DEFORMEE : G + Q

$Déformée\ ELS/1 = G1 + G2 + Q$
(charges permanentes + charges d'exploitation)

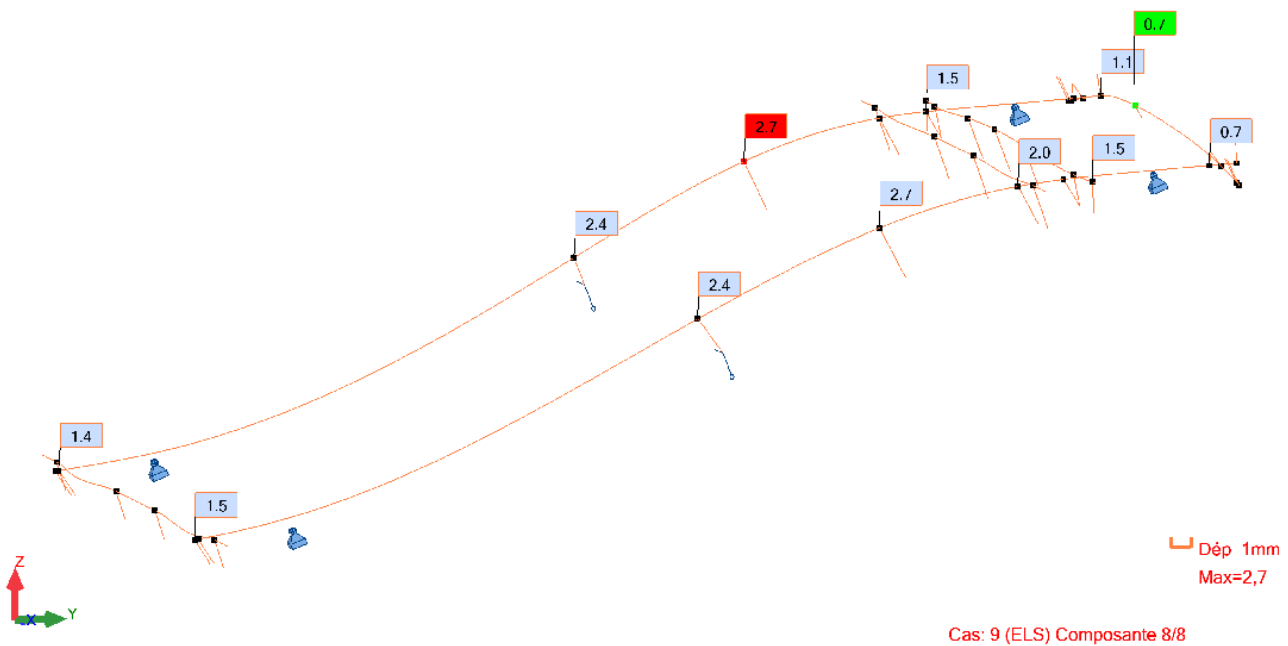


8 - 1 - DEFORMEE : G + V

Déformée ELS/7 = $G1 + G2 + V+$
(charges permanentes + vent en surpression)

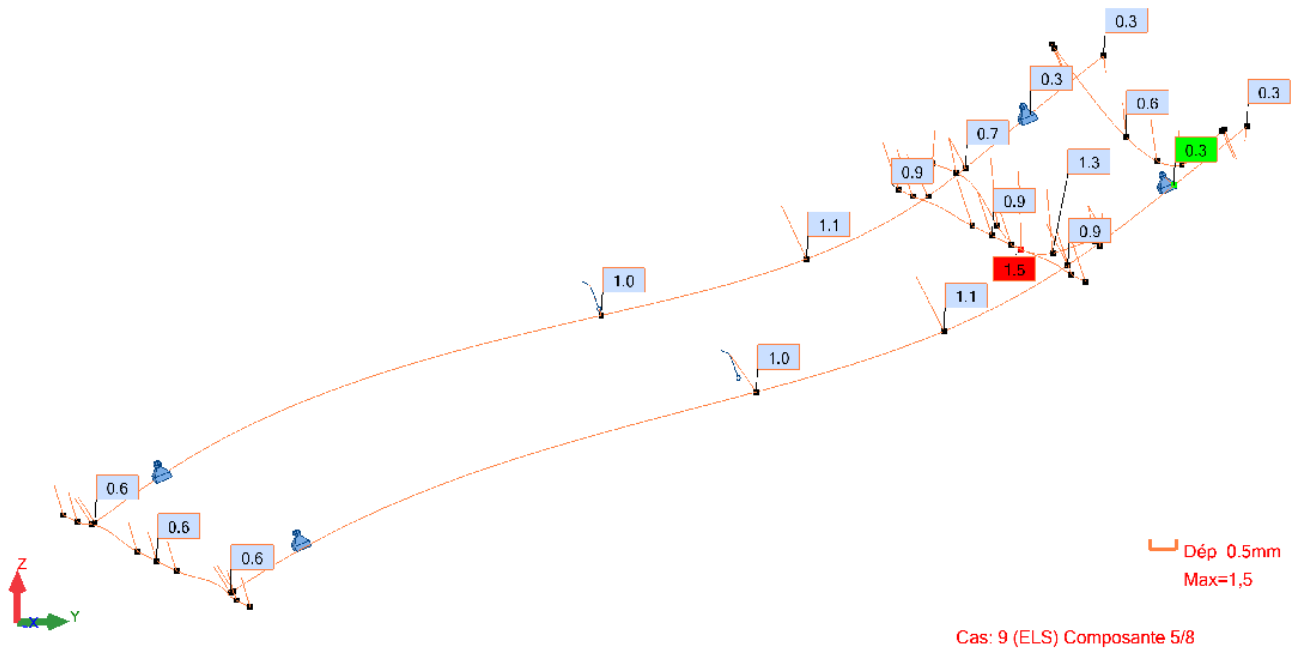


Déformée ELS/8 = $G1 + G2 + V-$
(charges permanentes + vent en dépression)

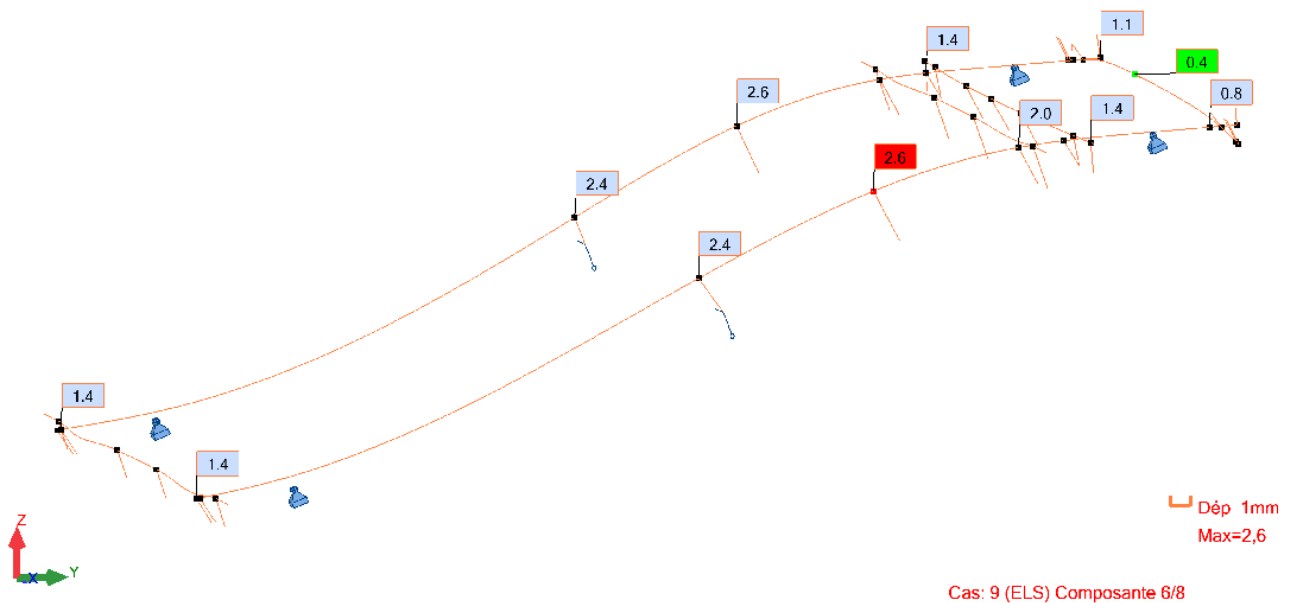


8 - 2 - DEFORMEE : G + Q + V

Déformée ELS/5 = G1 + G2 + Q + V+
(charges permanentes + charges d'exploitation + vent en surpression)



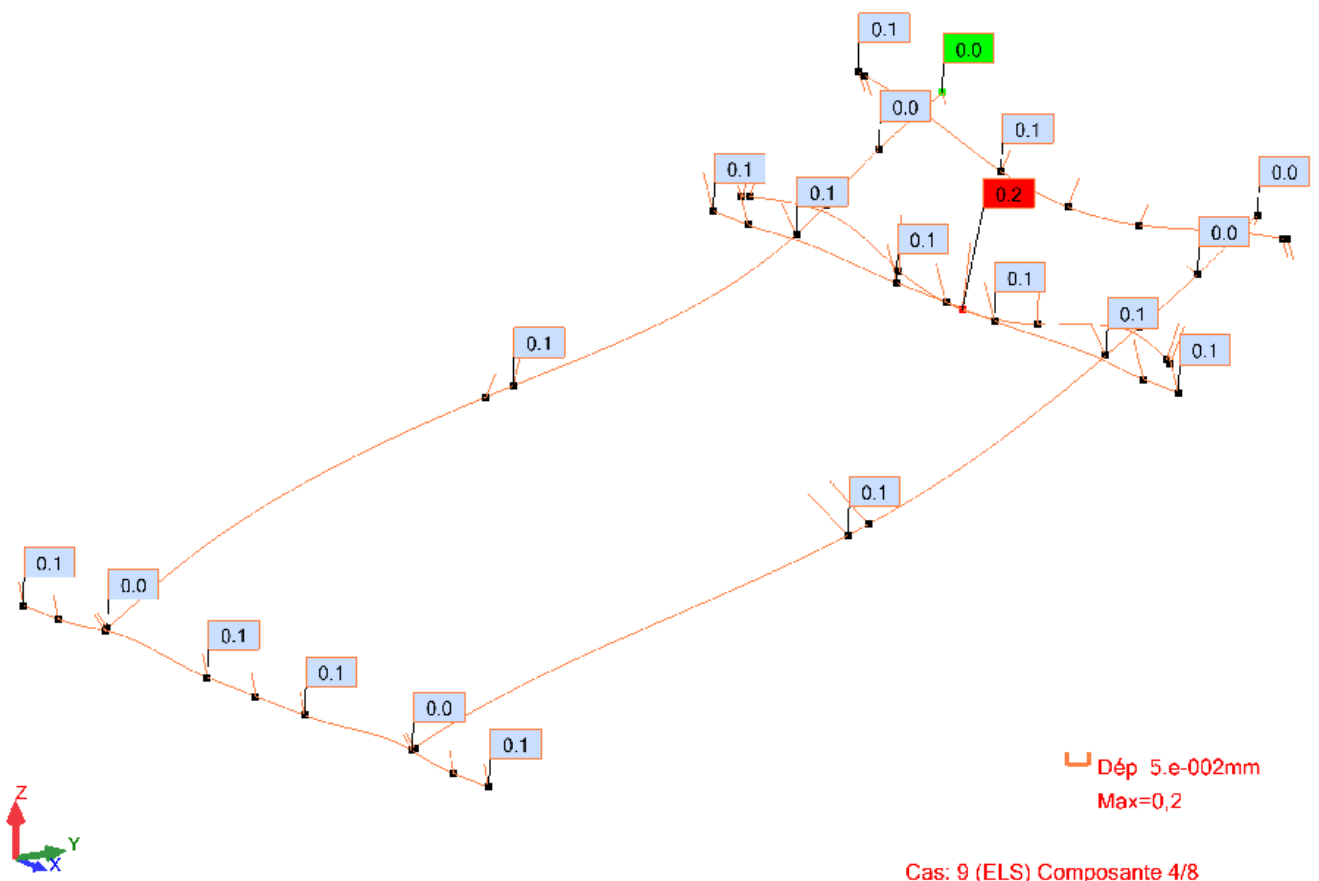
Déformée ELS/6 = G1 + G2 + Q + V-
(charges permanentes + charges d'exploitation + vent en dépression)



9 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1333**9 - 1 - DEFORMEE : G**

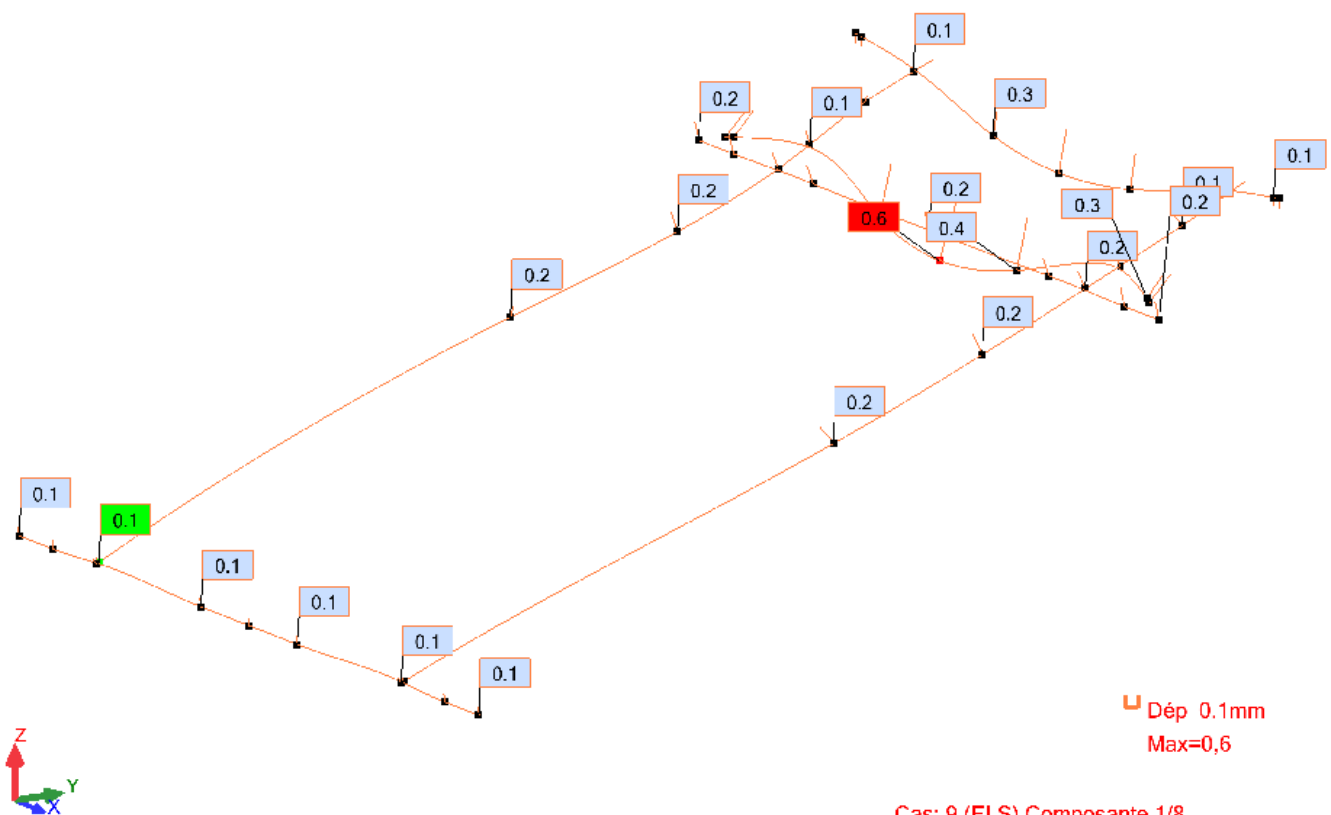
Déformée ELS/4 = G1 + G2

(charges permanentes seules)



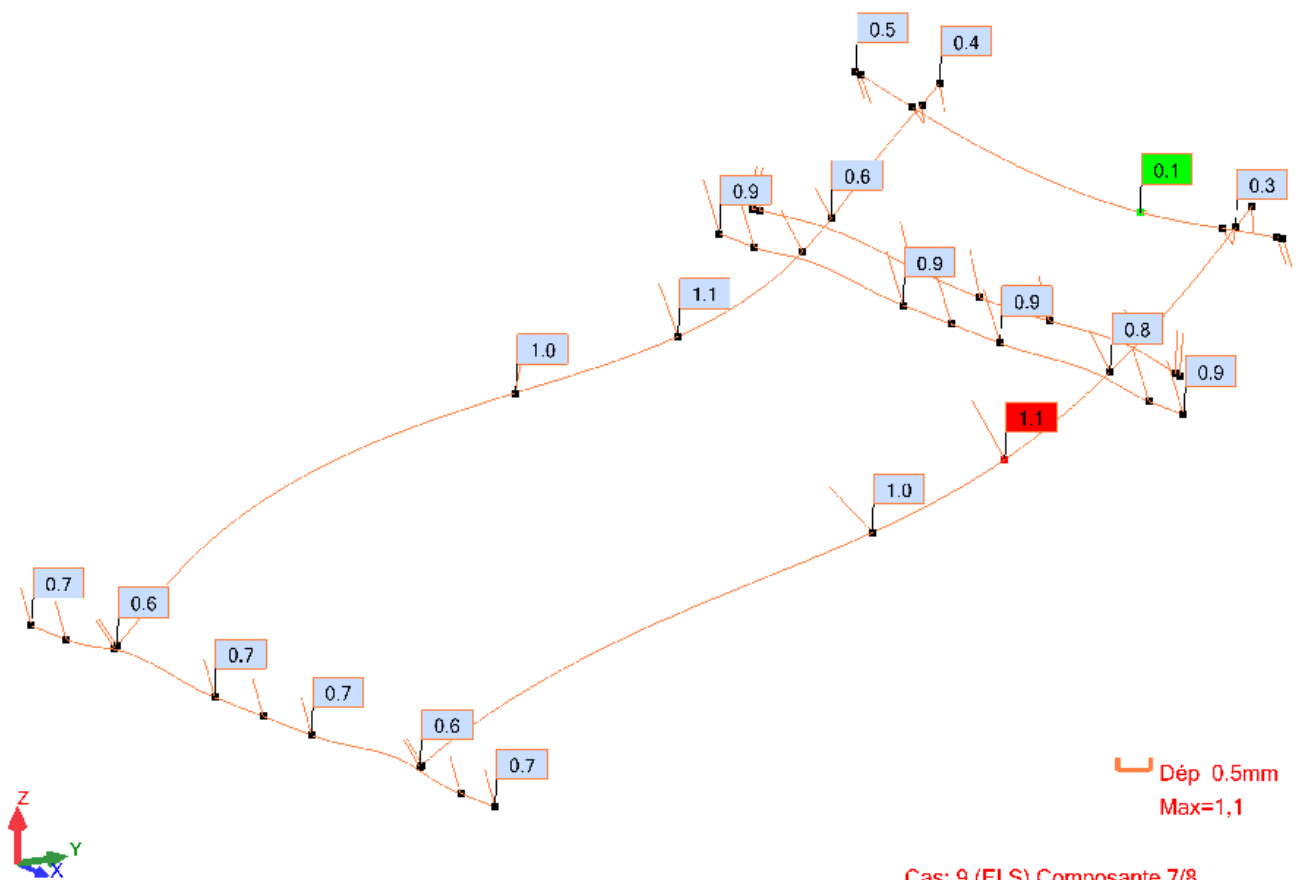
9 - 2 - DEFORMEE : G + Q

Déformée ELS/1 = G1 + G2 + Q
(charges permanentes + charges d'exploitation)

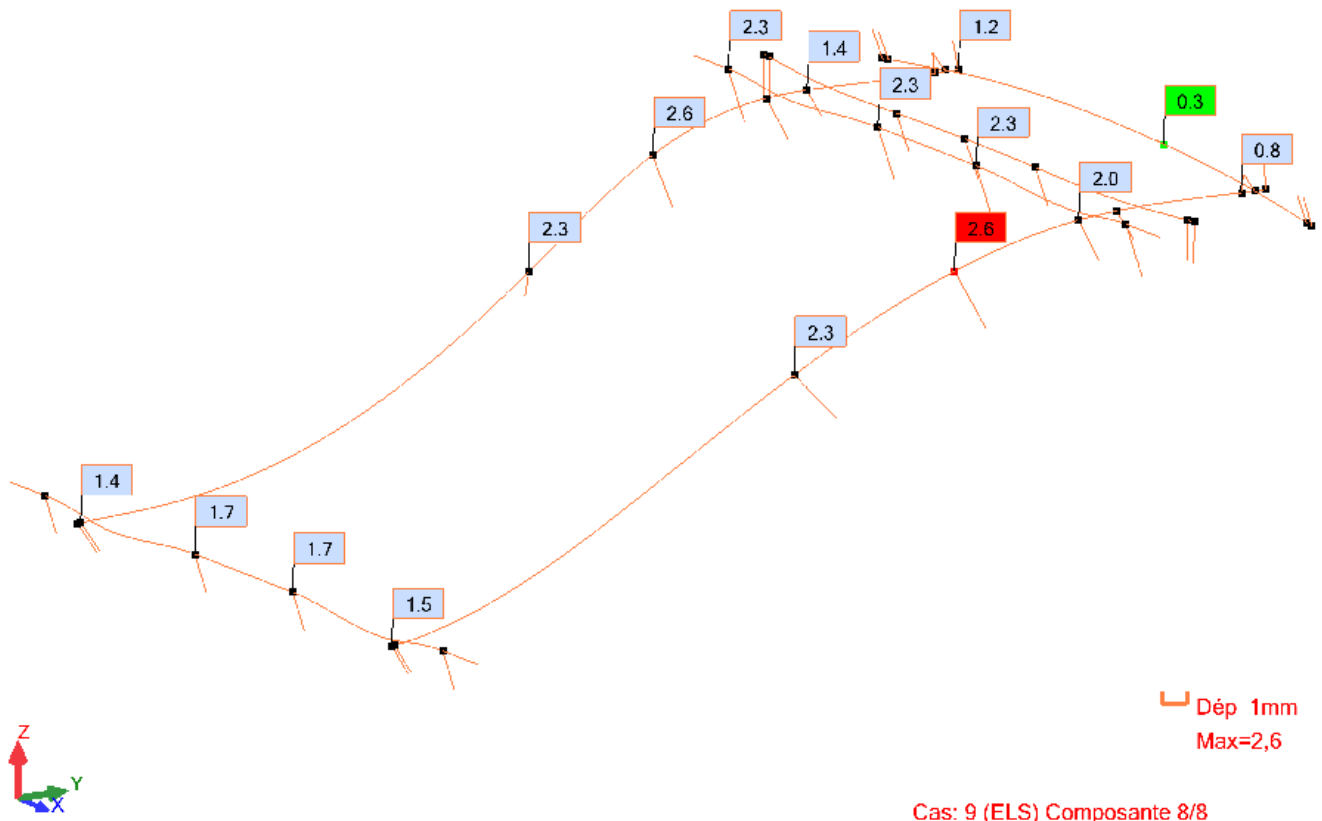


9 - 3 - DEFORMEE : G + V

Déformée ELS/7 = $G1 + G2 + V +$
(charges permanentes + vent en surpression)



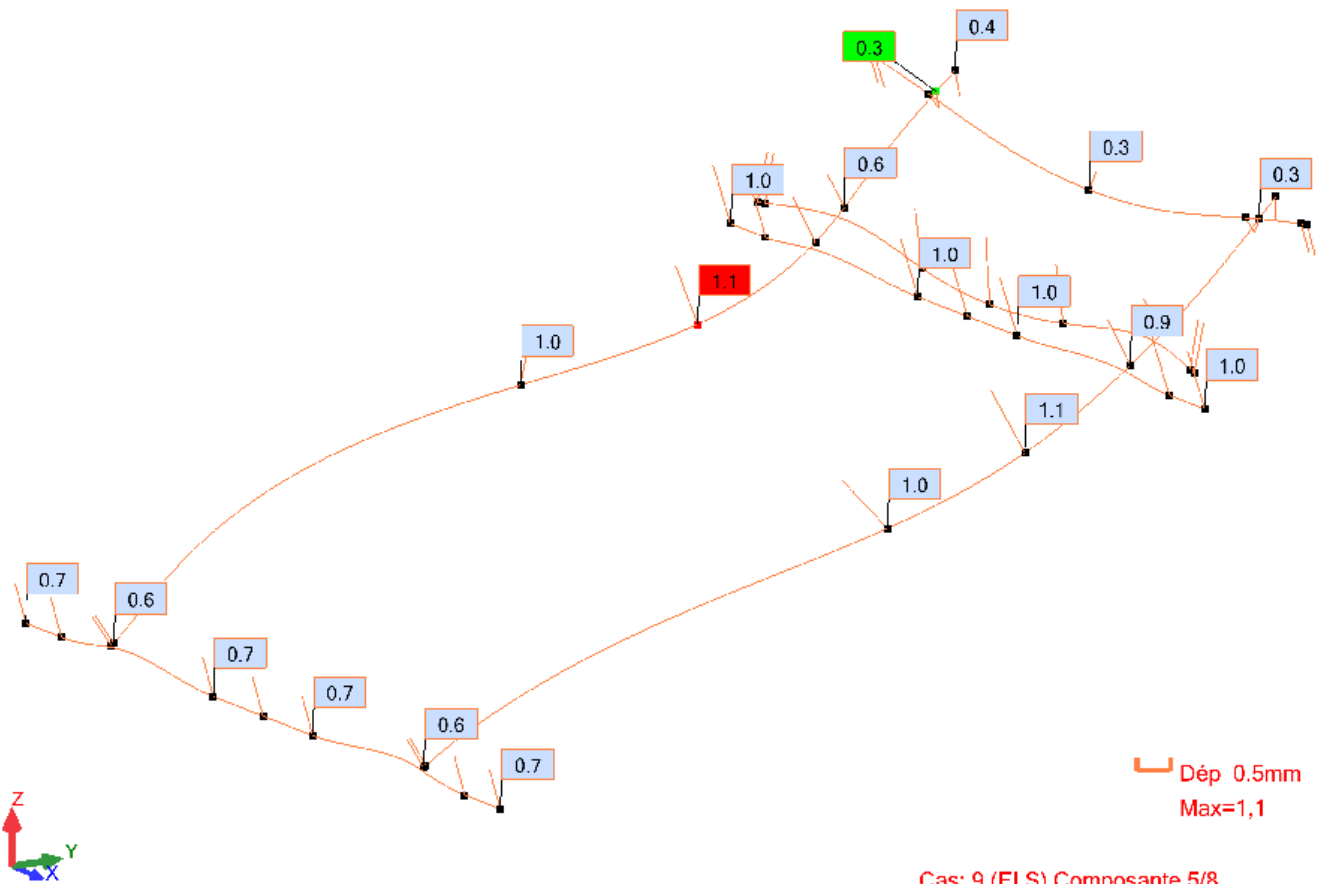
$Déformée\ ELS/8 = G1 + G2 + V-$
(charges permanentes + vent en dépression)



9 - 4 - DEFORMEE : G + Q + V

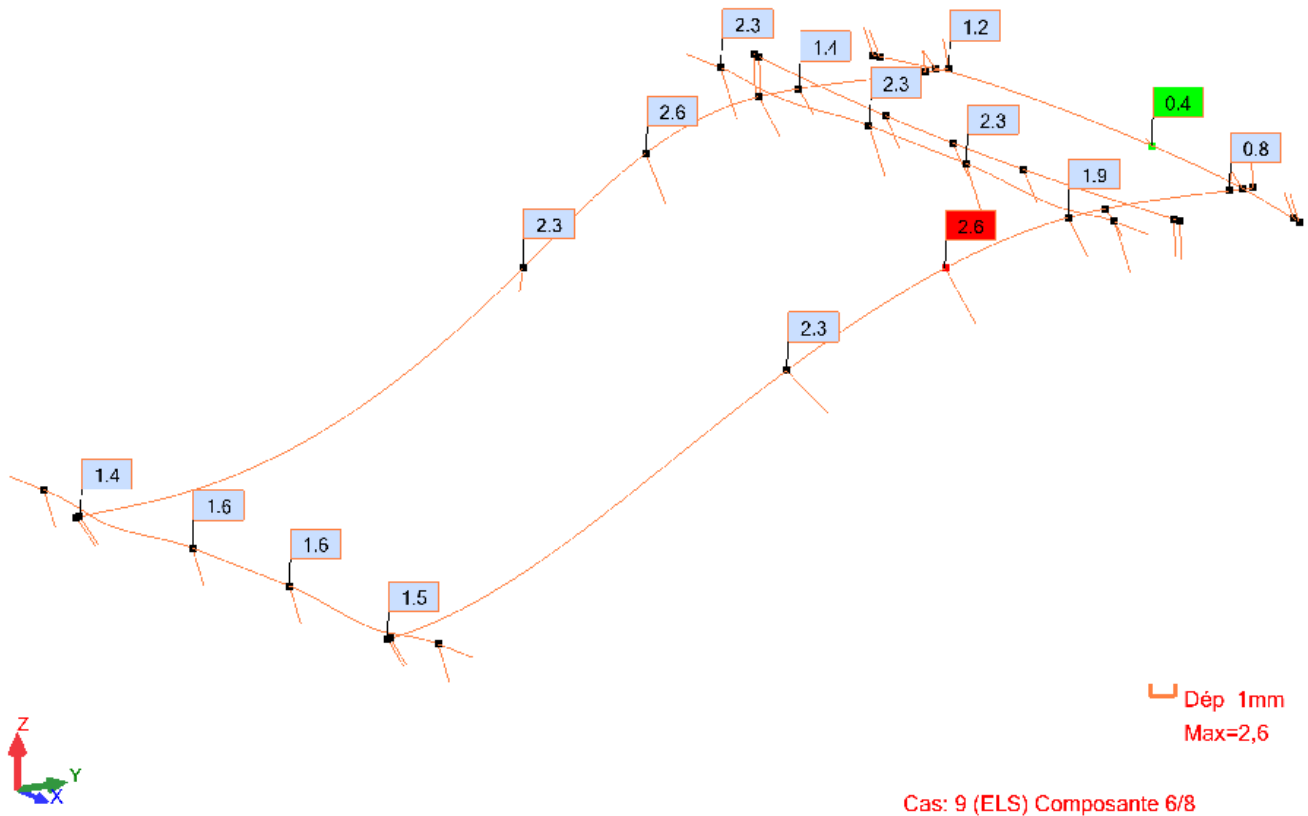
$$\text{Déformée ELS/5} = G1 + G2 + Q + V +$$

(charges permanentes + charges d'exploitation + vent en surpression)



$$\text{Déformée ELS/6} = G1 + G2 + Q + V-$$

(charges permanentes + charges d'exploitation + vent en dépression)



	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2m²)	REF N° : 20-07-2182-PT02 REVISION : B DATE : 24/03/2021 PAGE : 72/74
--	---	--

10 - VERIFICATION DES LIAISONS

10 - 1 - VIS DE FIXATION SUR LES PANNES

Le châssis est prévu pour être fixé sur les pannes métalliques d'une toiture au moyen de 6 vis autotaraudeuses. Chaque longeron est fixé pas 3 vis dont le positionnement est le suivant : 2 vis à 200 mm de chaque extrémité et 1 vis centrale (soit 2 entraxes de 1050 mm).

Les efforts enveloppe aux ELU donnent les efforts maxi suivants (cf §3-2) :

- ✓ Traction $F = 903 \text{ daN}$
- ✓ Cisaillement $T = 1004 \text{ daN}$

Les vis choisies devront supporter une charge ELU de traction de 903 daN associée à une charge ELU de cisaillement de 1004 daN.

10 - 2 - TENUE DES VIS DE FIXATION DU CAPTEUR ET DU BALLON

Le capteur et le ballon sont fixés, chacun, au moyen de 8 vis H M8 en INOX A4-50 mini.
 Les 8 vis du capteur sont les plus sollicitées et travaillent en cisaillement pur lorsque le vent agit en dépression.
 L'effort non pondéré dû au vent en dépression sur le capteur est de 1995,2 daN (cf §2-6).
 De manière conservative, on ne prend pas en compte l'effet du poids propre qui a pour effet de réduire le cisaillement.

L'effort non pondéré de cisaillement maxi par vis est de $1995,2 \text{ daN} / 8 = 249,4 \text{ daN}$
 Sous chargement ELU, cet effort par vis devient $1,5 \times 249,4 \text{ daN} = 374,1 \text{ daN}$

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-70 ($R_e > 210 \text{ MPa}$ et $R_m > 500 \text{ MPa}$),
- ✓ Section résistante de la vis : $A = 36,6 \text{ mm}^2$,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU									
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	374,1	daN					
Traction	$F_{t,Ed}$	=	0	daN					
Vérifications									
Cisaillement partie filetée	(O/N)		O						
Boulon tête fraisée	(O/N)		N						
								Ratio	
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	374,1	daN	<	$F_{v,Rd}$	=	878	daN 0,43 OK
Pression diamétrale	$F_{b,Ed}$	=	374,1	daN	<	$F_{b,Rd}$	=	1 248	daN 0,30 OK
Traction	$F_{t,Ed}$	=	0	daN	<	$F_{t,Rd}$	=	1 318	daN 0,00 OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed}$	+	$F_{v,Ed}$	=					
	$F_{v,Rd}$		1,4 $F_{t,Rd}$						0,43 OK

Le taux de travail maxi est de 43 %.

Les vis de liaison du capteur et a fortiori du ballon sont donc validées.

10 - 3 - TENUE DES VIS DE FIXATION DES TRAVERSES SUR LES LONGERONS

Chaque traverse est fixée au moyen de 2 vis TRCC M8 en INOX A4-50 mini et de 2 écrous NYLSTOP.

Les 2 traverses du capteur sont les plus sollicitées, les 2 x 2 vis de liaison travaillent en arrachement lorsque le vent agit en dépression.

L'effort non pondéré dû au vent en dépression sur le capteur est de 1995,2 daN (cf §2-6).

De manière conservatrice, on ne prend pas en compte l'effet du poids propre qui a pour effet de réduire la traction dans les vis.

L'effort non pondéré de traction maxi par vis est de $1995,2 \text{ daN} / 4 = 498,8 \text{ daN}$

Sous chargement ELU, cet effort par vis devient $1,5 \times 498,8 \text{ daN} = 748,2 \text{ daN}$

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-70 ($R_e > 210 \text{ MPa}$ et $R_m > 500 \text{ MPa}$),
- ✓ Section résistante de la vis : $A = 36,6 \text{ mm}^2$,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU									
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	0	daN					
Traction	$F_{t,Ed}$	=	748,2	daN					
Vérifications									
Cisaillement partie filetée	(O/N)		O						
Boulon tête fraisée	(O/N)		N						
								Ratio	
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	0	daN	<	$F_{v,Rd}$	=	878 daN	0,00 OK
Pression diamétrale	$F_{b,Ed}$	=	0	daN	<	$F_{b,Rd}$	=	1 248 daN	0,00 OK
Traction	$F_{t,Ed}$	=	748,2	daN	<	$F_{t,Rd}$	=	1 318 daN	0,57 OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed}$	+	$F_{v,Ed}$						
	$F_{v,Rd}$		$1,4 F_{t,Rd}$	=					0,41 OK

Le taux de travail maxi est de 41 %.

Les vis de liaison des traverses sur les longerons sont donc validées.