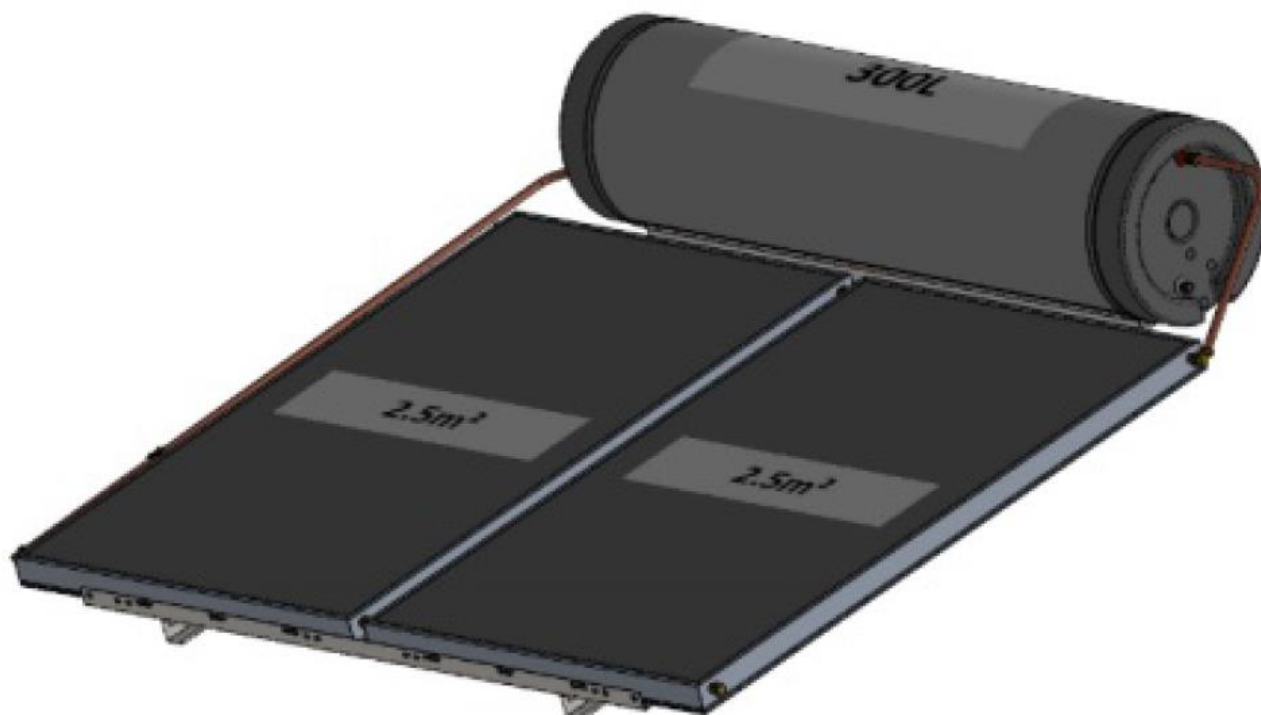


NOTE DE CALCUL

SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²) CESI 302-25_V20



REF Client :
DAK INDUSTRIES

N° Commande :
BPA du 26/08/2020

EVOLUTION DU DOSSIER

INDICE	DATE	MODICATIONS	REDACTEUR	VERIFICATEUR
A	07/05/2021	Création	E.M.S.	DAK INDUSTRIES
B	14/05/2021	Modification Région vent et nombre d'ancrages	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	5
2 - STRUCTURE : MODELES ET CAS DE CHARGE	6
2 - 1 - PREAMBULE.....	6
2 - 2 - GEOMETRIE.....	6
2 - 3 - SECTIONS DES POUTRES.....	12
2 - 4 - CARACTERISTIQUES MATIERES	12
2 - 5 - CONDITIONS AUX LIMITES ET LIAISONS RIGIDES	13
2 - 6 - CAS DE CHARGES	15
2 - 7 - COMBINAISONS DE CHARGES.....	20
3 - REACTIONS AUX APPUIS.....	21
3 - 1 - REACTIONS ELEMENTAIRES.....	21
3 - 2 - REACTIONS ENVELOPPES (ELU)	24
4 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1500	28
4 - 1 - ANALYSE DES TP 66x62x32x14x2	28
4 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2	30
4 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2	32
5 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1444	34
5 - 1 - ANALYSE DES TP 66x62x32x14x2	34
5 - 2 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2	36
5 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2	38
6 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1500	40
6 - 1 - DEFORMEE : G	40
6 - 2 - DEFORMEE : G + Q	41
6 - 1 - DEFORMEE : G + V	42
6 - 2 - DEFORMEE : G + Q + V	43

7 -	STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1444	44
7 - 1 -	DEFORMEE : G	44
7 - 2 -	DEFORMEE : G + Q	45
7 - 3 -	DEFORMEE : G + V	46
7 - 4 -	DEFORMEE : G + Q + V	48
8 -	VERIFICATION DES LIAISONS.....	50
8 - 1 -	VIS DE FIXATION SUR LES PANNES	50
8 - 2 -	TENUE DES VIS DE FIXATION DU CAPTEUR ET DU BALLON	51
8 - 3 -	TENUE DES VIS DE FIXATION DES TRAVERSEES SUR LES LONGERONS...	52

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 4/52
--	--	---

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 2,5m² défini par le document « Données pour NdC Gamme CESI 302-25_V20 Révision B » 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 (65 daN),
- ✓ Poids propre des capteurs à vide (80 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le ballon (295 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le capteur (8 daN),
- ✓ Charges de vent (cf §1-3),

Les calculs de structure sont réalisés sur Robot Structural Analysis 2021.

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 Réunion,
- ✓ Catégorie de terrain : II (Rase campagne), couvrant les catégories IIIa, IIIb et IV,
- ✓ Hauteur toiture par rapport au sol : 15 m, couvrant les hauteurs inférieures.

1 - 4 - SEISME

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

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.

Le document présente les calculs uniquement pour les entraxes de 1444 mm et 1500 mm.

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

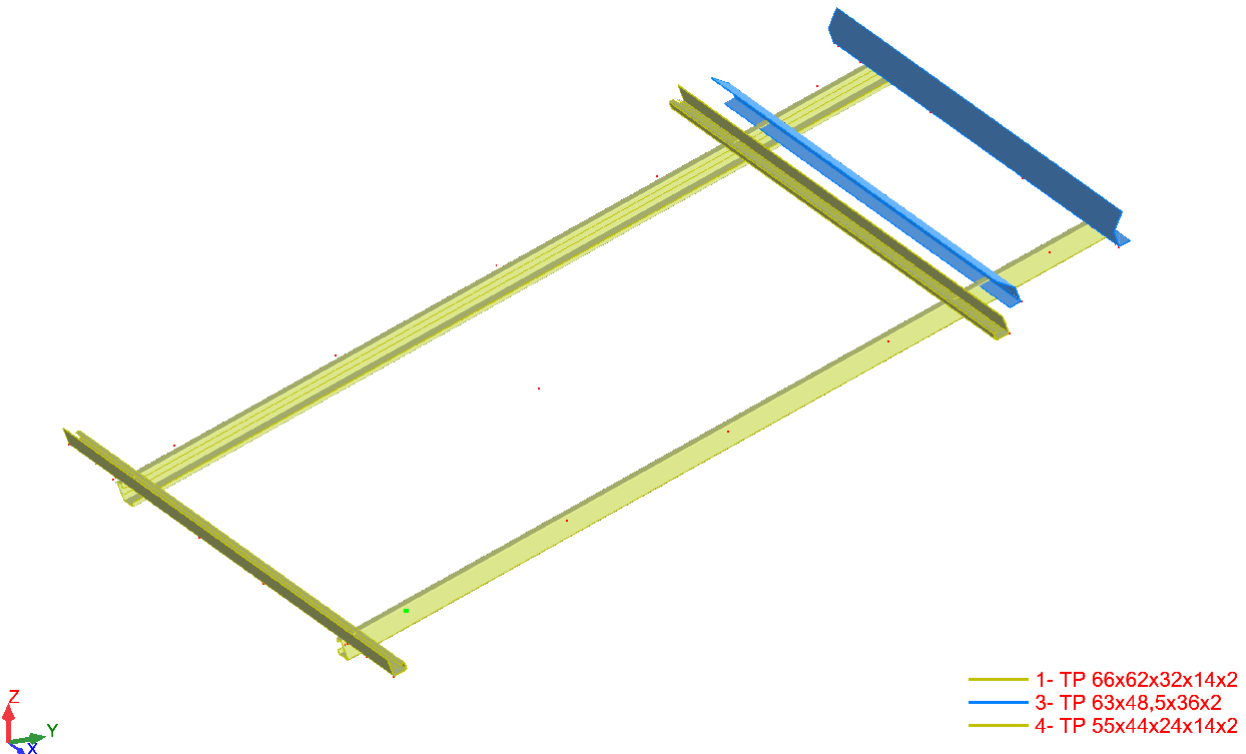
Le châssis est prévu pour être fixé sur les pannes métalliques d'une toiture au moyen de 10 vis autotaraudeuses. Chaque longeron est fixé par 3 vis dont le positionnement est le suivant : 2 vis à 200 mm de chaque extrémité et 1 vis centrale (soit 2 entraxes de 1050 mm).

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).

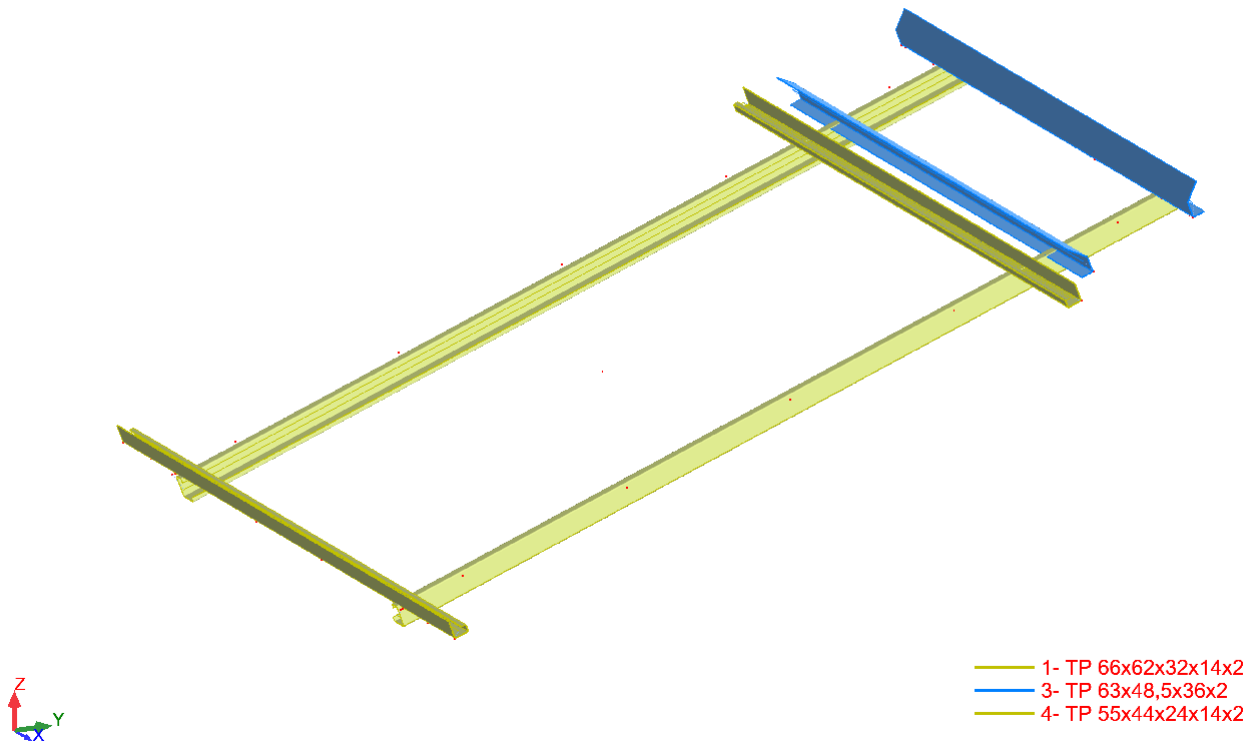
2 - 2 - GEOMETRIE

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).

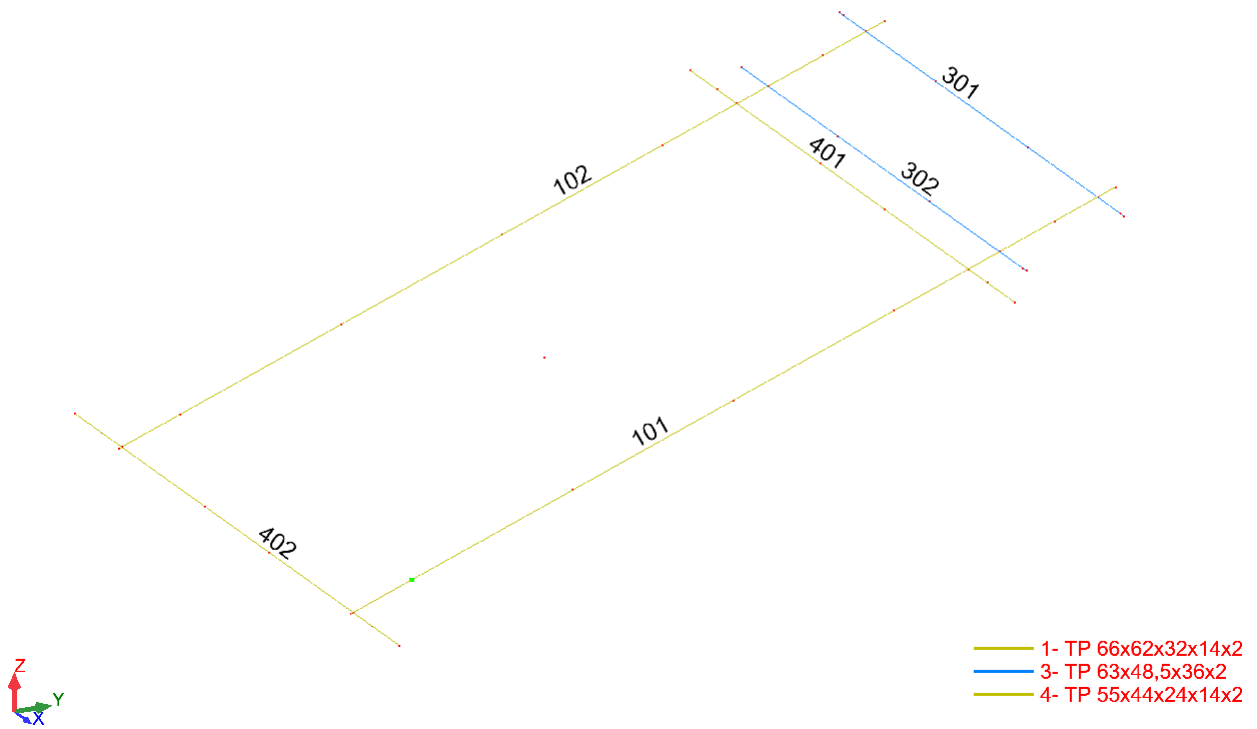
Modèle de calcul (entraxe 1500 mm) :



Modèle de calcul (entraxe 1444 mm) :

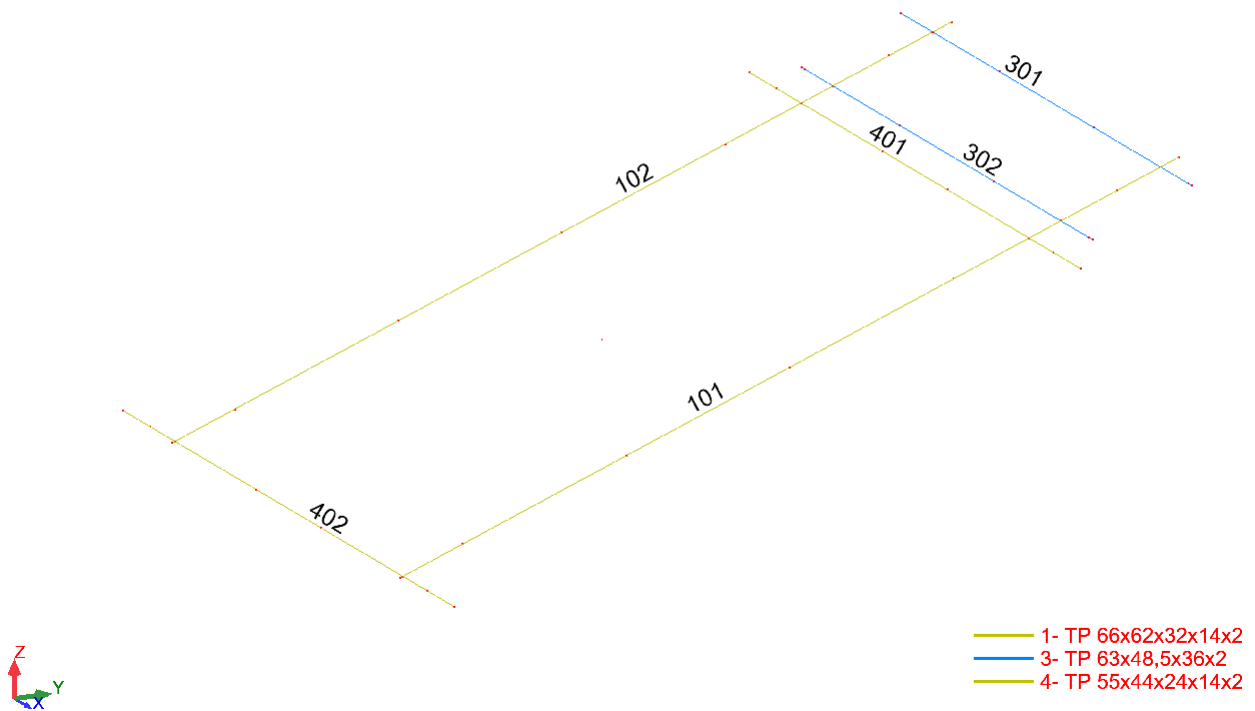


Eléments (entraxe 1500 mm) :



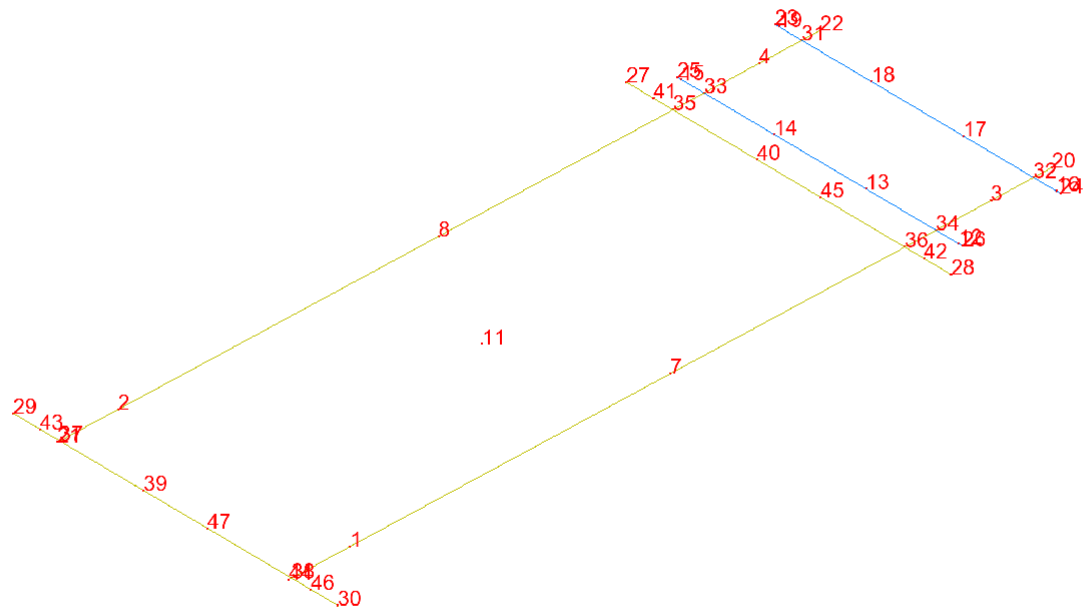
Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	L [m]
101	85	20	1- TP 66x62x32x14x2	2,500
102	22	21	1- TP 66x62x32x14x2	2,500
301	23	24	3- TP 63x48,5x36x2	1,846
302	26	25	3- TP 63x48,5x36x2	1,846
401	27	28	4- TP 55x44x24x14x2	2,100
402	30	29	4- TP 55x44x24x14x2	2,100

Eléments (entraxe 1444 mm) :



Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	L [m]
101	44	20	1- TP 66x62x32x14x2	2,500
102	22	21	1- TP 66x62x32x14x2	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	2,100
402	30	29	4- TP 55x44x24x14x2	2,100

Nœuds (entraxe 1500 mm) :

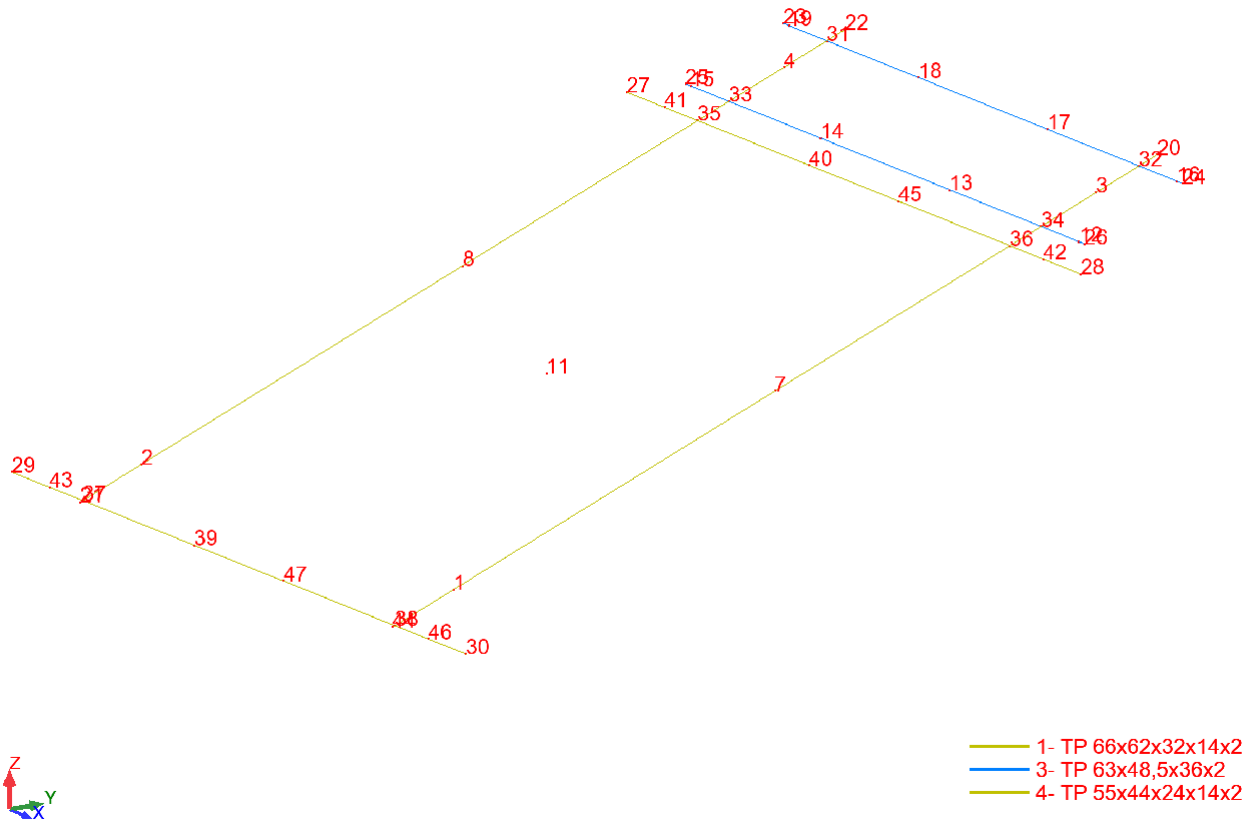


1- TP 66x62x32x14x2
 3- TP 63x48,5x36x2
 4- TP 55x44x24x14x2

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
7	0,750	1,160	0,445
8	-0,750	1,160	0,445
11	0,0	0,938	0,360
12	0,898	1,972	0,757
13	0,298	1,972	0,757
14	-0,298	1,972	0,757
15	-0,898	1,972	0,757
16	0,898	2,270	0,872
17	0,298	2,270	0,872
18	-0,298	2,270	0,872
19	-0,898	2,270	0,872
20	0,750	2,326	0,893
21	-0,750	-0,007	-0,003
22	-0,750	2,326	0,893
23	-0,923	2,270	0,872
24	0,923	2,270	0,872
25	-0,923	1,972	0,757

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
26	0,923	1,972	0,757
27	-1,050	1,876	0,720
28	1,050	1,876	0,720
29	-1,050	0,0	0,0
30	1,050	0,0	0,0
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	-0,206	0,0	0,0
40	-0,206	1,876	0,720
41	-0,876	1,876	0,720
42	0,876	1,876	0,720
43	-0,876	0,0	0,0
44	0,750	-0,007	-0,003
45	0,206	1,876	0,720
46	0,876	0,0	0,0
47	0,206	0,0	0,0

Nœuds (entraxe 1444 mm) :



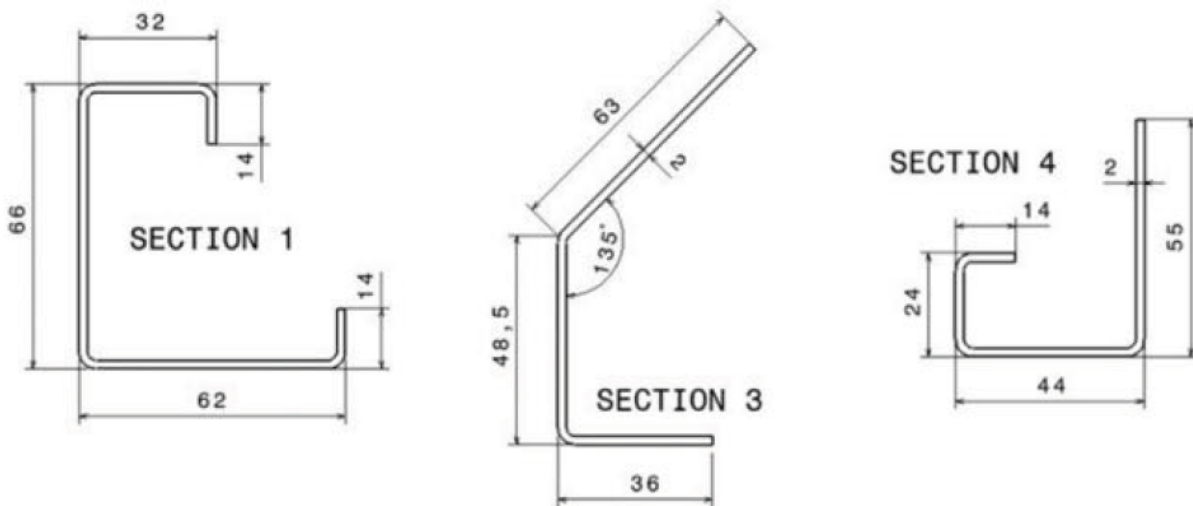
Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0,722	0,179	0,069
2	-0,722	0,179	0,069
3	0,722	2,140	0,821
4	-0,722	2,140	0,821
7	0,722	1,160	0,445
8	-0,722	1,160	0,445
11	0,0	0,938	0,360
12	0,898	1,972	0,757
13	0,298	1,972	0,757
14	-0,298	1,972	0,757
15	-0,898	1,972	0,757
16	0,898	2,270	0,872
17	0,298	2,270	0,872
18	-0,298	2,270	0,872
19	-0,898	2,270	0,872
20	0,722	2,326	0,893
21	-0,722	-0,007	-0,003
22	-0,722	2,326	0,893
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

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
27	-1,050	1,876	0,720
28	1,050	1,876	0,720
29	-1,050	0,0	0,0
30	1,050	0,0	0,0
31	-0,722	2,270	0,872
32	0,722	2,270	0,872
33	-0,722	1,972	0,757
34	0,722	1,972	0,757
35	-0,722	1,876	0,720
36	0,722	1,876	0,720
37	-0,722	0,0	0,0
38	0,722	0,0	0,0
39	-0,206	0,0	0,0
40	-0,206	1,876	0,720
41	-0,876	1,876	0,720
42	0,876	1,876	0,720
43	-0,876	0,0	0,0
44	0,722	-0,007	-0,003
45	0,206	1,876	0,720
46	0,876	0,0	0,0
47	0,206	0,0	0,0

2 - 3 - SECTIONS DES POUTRES

Les sections suivantes sont considérées :

- ✓ Section 1 : U 66x62x32x14x2
- ✓ 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 : $R_e \text{ min} = 320 \text{ MPa}$
- ✓ Résistance à la rupture : $R_m \text{ min} = 390 \text{ MPa}$
- ✓ Module de Young : $E = 210\,000 \text{ MPa}$
- ✓ Coefficient de Poisson : $\nu = 0,3$
- ✓ Densité : 7,85

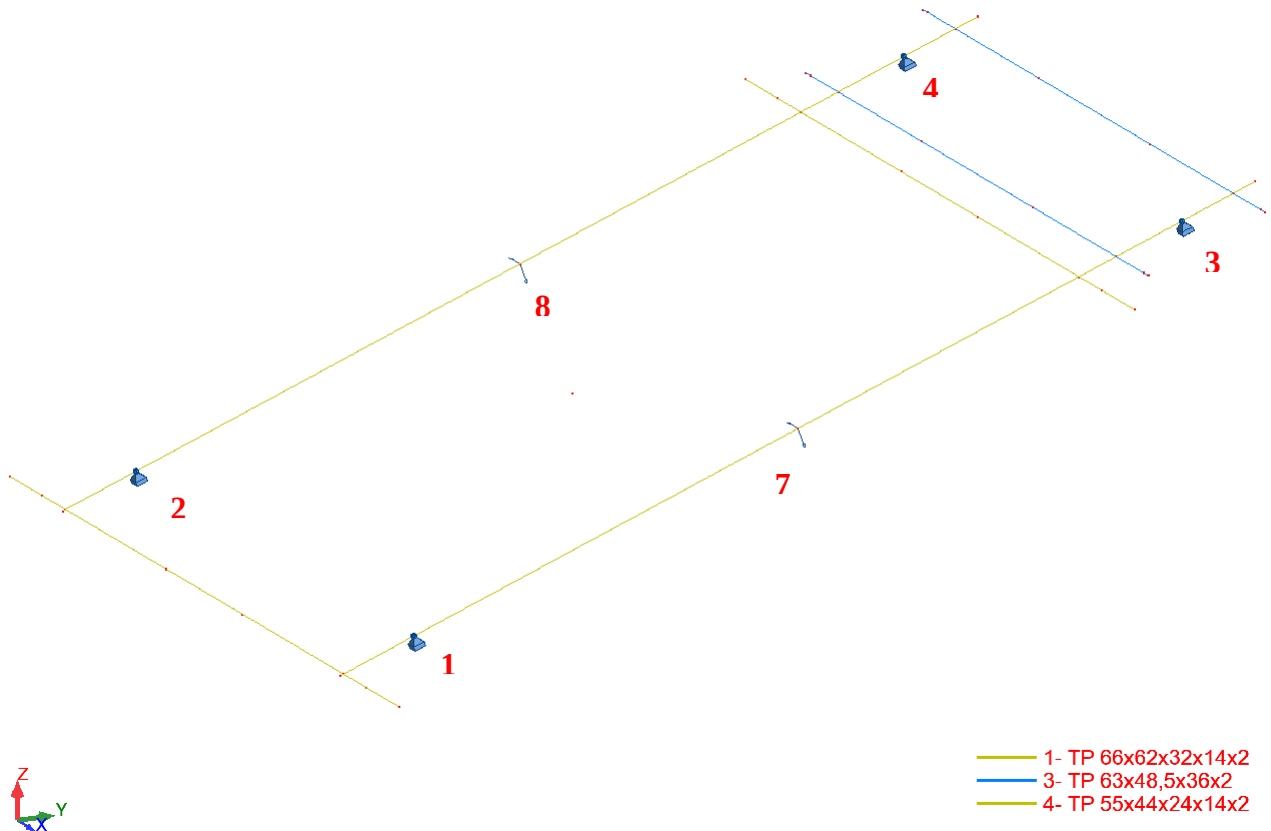
2 - 5 - CONDITIONS AUX LIMITES ET LIAISONS RIGIDES

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 **7** et **8** - blocage des 2 translations dx et dz (repère locale)

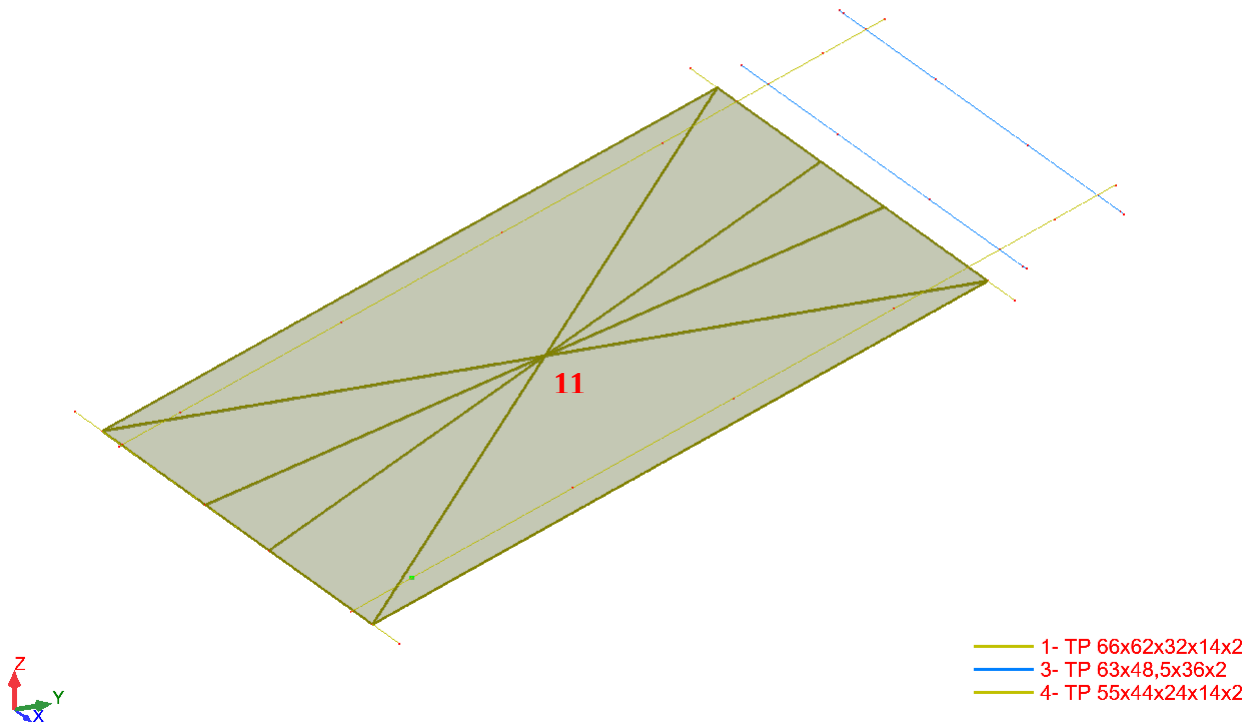
On présente ici l'image du chassis 1500 mm, également valide pour le 1444 mm.



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 1444 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.

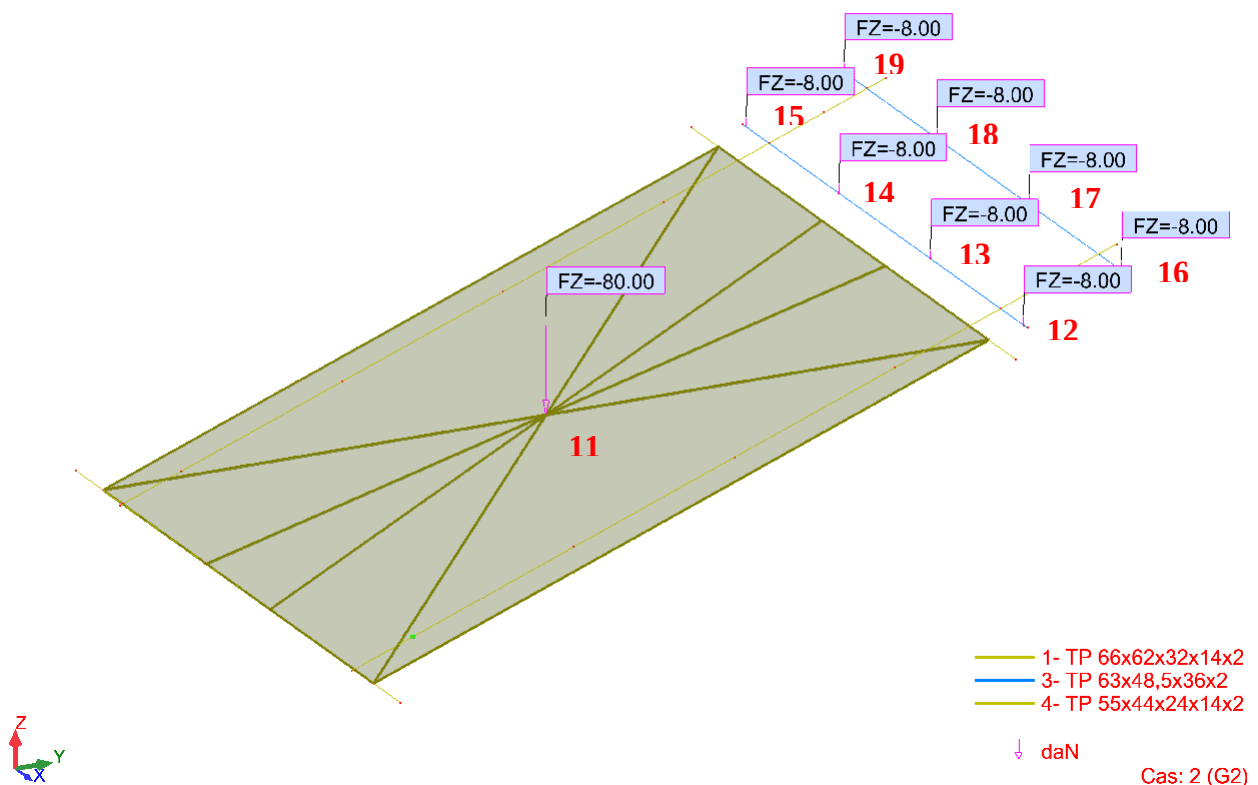
Poids propre structure : 30 daN

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

On considère ici le poids propre des capteur (80 daN) au nœud de chargement ainsi que le poids propre du ballon (65 daN) réparti sur ses 8 nœuds de fixation.

On applique donc :

- ✓ une charge de 80 daN sur le nœud 11,
- ✓ une charge de 8 daN sur les nœuds 12 à 19.



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1444 mm.

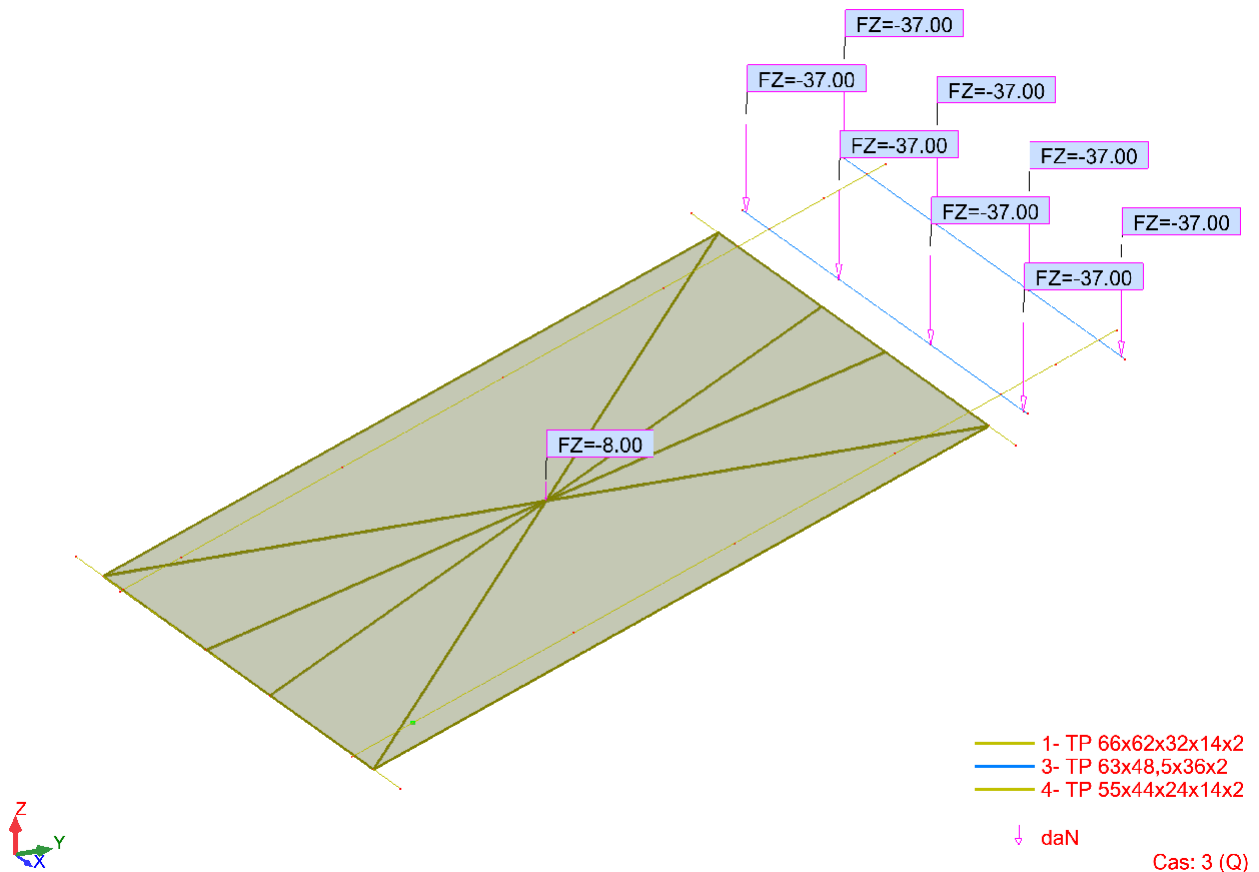
Résultante totale : 144 daN

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

On considère ici le poids de l'eau dans le capteur (8 daN) au nœud de chargement ainsi que le poids de l'eau dans le ballon (295 daN) réparti sur ses 8 nœuds de fixation.

On applique donc :

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



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1444 mm.

Résultante totale : 304 daN

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 17/52
--	---	--

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 Réunion (le plus critique couvrant les autres DOM)
- ✓ Vitesse de référence $v_b = 34$ m/s
- ✓ Catérogie de terrain II (rase campagne)
- ✓ Coefficient d'orographie $c_0(z) = 1$
- ✓ Hauteur maxi de la toiture / sol $z = 15$ m (couvrant les hauteurs moindres)
- ✓ Intensité de la turbulence $I_v(z) = 0,175$
- ✓ Vitesse moyenne du vent $v_m(z) = 34$ m/s
- ✓ Densité de l'air $\rho = 1,225$ kg/m³
- ✓ Pression dynamique de pointe $q_p(z=15\text{ m}) = 185,2$ 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

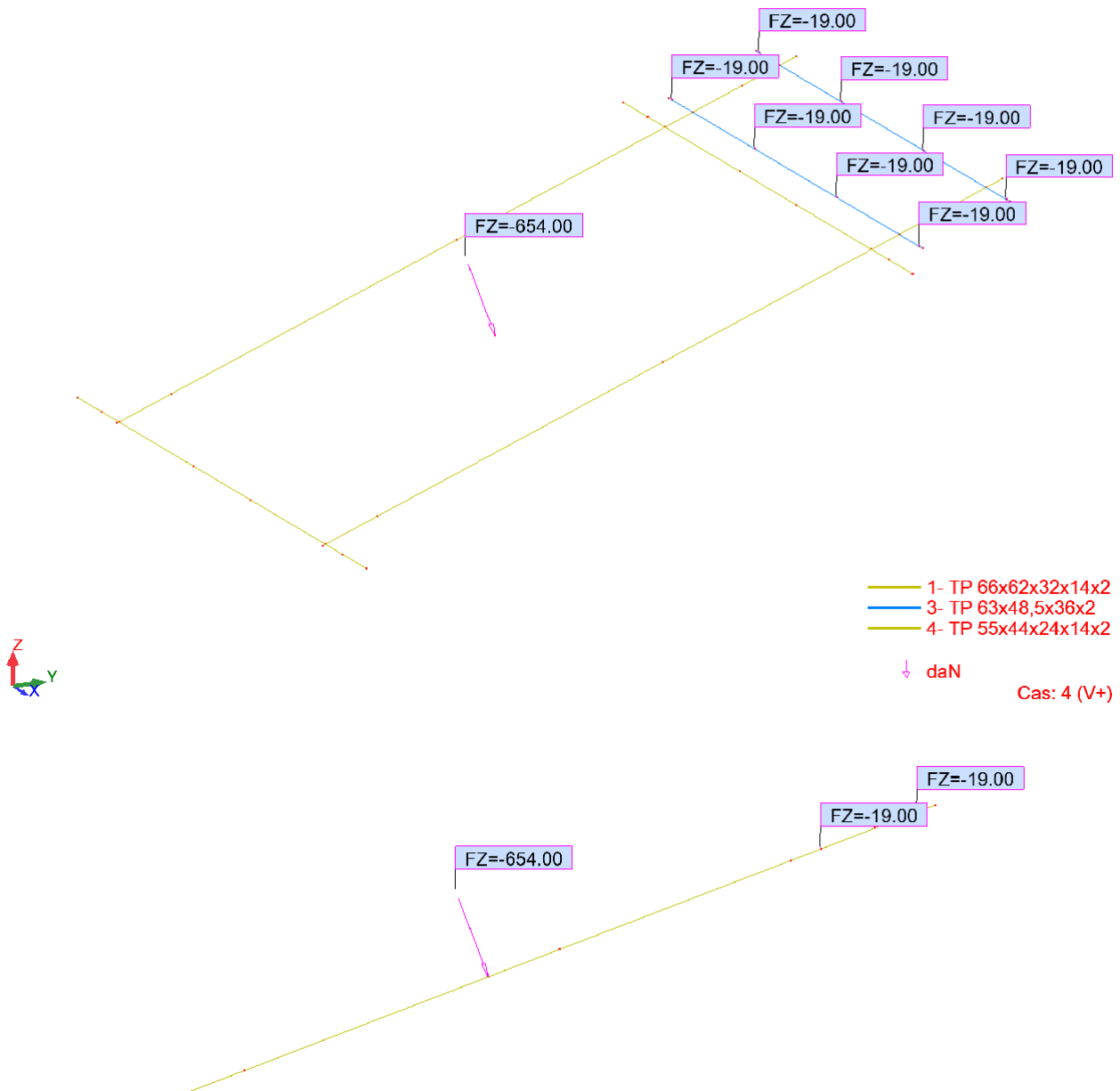
On a ainsi les efforts résultants suivants sur les capteurs (5,04 m²) et le ballon (1,18 m²) :

- ✓ En surpression (V+) :
 - Sur capteur : $F = 0,7 \times 185,2 \text{ daN/m}^2 \times 5,04 \text{ m}^2 = 654 \text{ daN}$
 - Sur ballon : $F = 0,7 \times 185,2 \text{ daN/m}^2 \times 1,18 \text{ m}^2 = 153 \text{ daN}$
- ✓ En dépression (V-) :
 - Sur capteur : $F = 2 \times 185,2 \text{ daN/m}^2 \times 5,04 \text{ m}^2 = 1867 \text{ daN}$
 - Sur ballon : $F = 2 \times 185,2 \text{ daN/m}^2 \times 1,18 \text{ m}^2 = 437 \text{ daN}$

Cas 4 - V+ (Vent en surpression) :

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

- ✓ Capteurs : 654 daN (nœud 7),
- ✓ Ballon : 8 x 19 daN (nœuds 8 à 15).

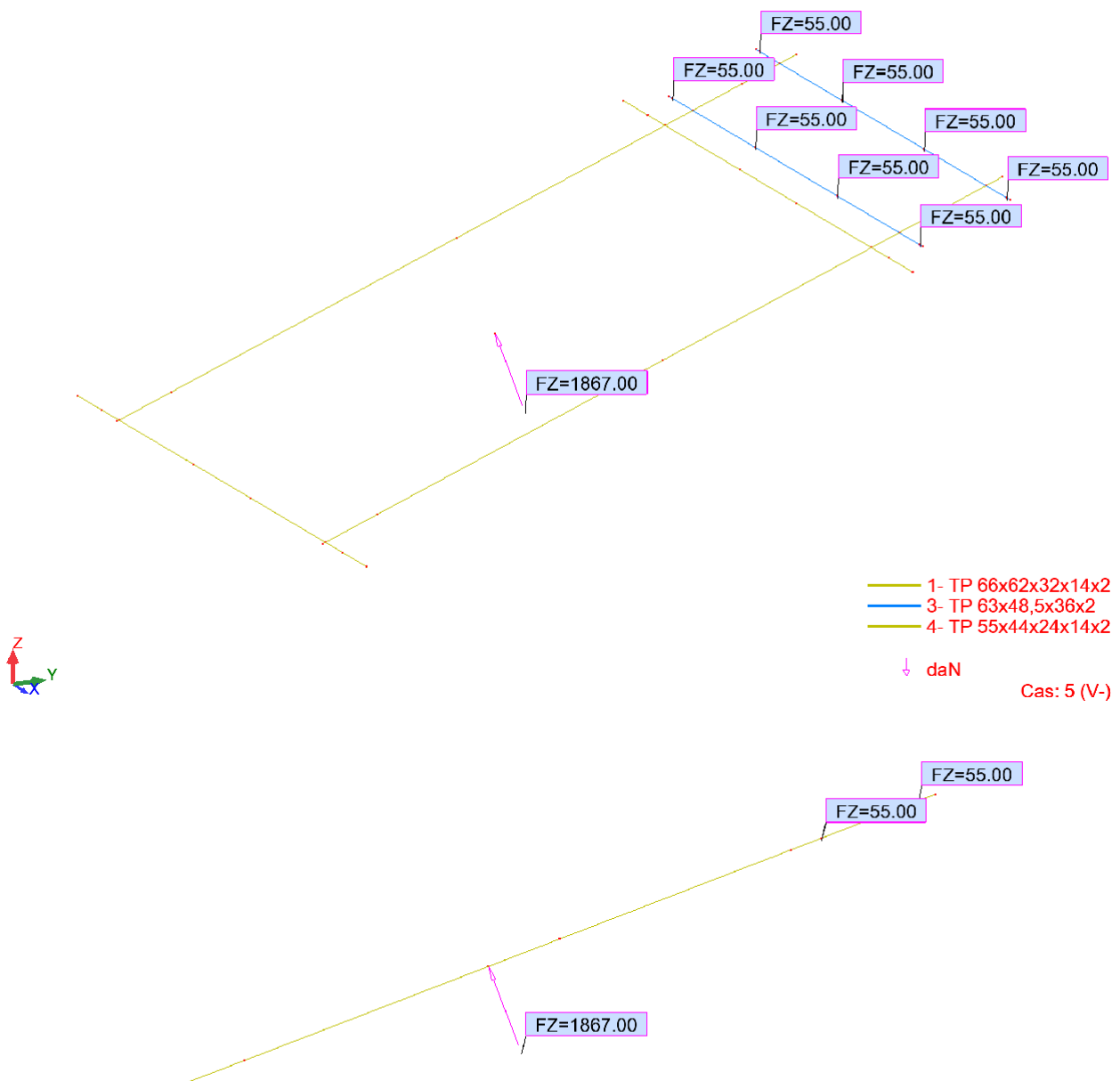


On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1444 mm.

Cas 5 - V- (Vent en dépression) :

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

- ✓ Capteur : 1867 daN (nœuds 7),
- ✓ Ballon : 8 x 55 daN (nœuds 8 à 15).



On présente ici l'image du châssis 1500 mm, également valide pour le 1444 mm.

2 - 7 - 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	$G1*1.00 + G2*1.00 + V-*1.00$

3 - REACTIONS AUX APPUIS

3 - 1 - REACTIONS ELEMENTAIRES

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

Réactions aux nœuds 1 à 4 et 7 à 8 (entraxe 1500 mm) :

Cas 1 - G1			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/1	5,36	-3,10	3,53
2/1	-5,36	-3,10	3,53
3/1	8,85	3,90	9,29
4/1	-8,85	3,90	9,29
7/1	2,44	-0,80	2,07
8/1	-2,44	-0,80	2,07
Total	0,00	-0,00	29,78

Cas 2 - G2			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/2	25,55	-1,80	21,77
2/2	-25,55	-1,80	21,77
3/2	50,86	3,38	46,12
4/2	-50,86	3,38	46,12
7/2	5,02	-1,58	4,11
8/2	-5,02	-1,58	4,11
Total	0,00	-0,00	144,00

Cas 3 - Q			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/3	1,38	29,28	12,51
2/3	-1,38	29,28	12,51
3/3	164,98	-27,55	134,97
4/3	-164,98	-27,55	134,97
7/3	5,93	-1,73	4,52
8/3	-5,93	-1,73	4,52
Total	0,00	0,00	304,00

E.M.S.

NOTE DE CALCUL
SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE
(BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)

REF N° : 20-07-2182-PT06
REVISION : B
DATE : 14/05/2021
PAGE : 22/52

Cas 4 - V+			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/4	227,16	-132,72	148,61
2/4	-227,16	-132,72	148,61
3/4	227,87	-1,08	199,94
4/4	-227,87	-1,08	199,94
7/4	32,91	-10,63	27,69
8/4	-32,91	-10,63	27,69
Total	0,00	-288,84	752,47

Cas 5 - V-			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/5	-648,45	378,41	-424,40
2/5	648,45	378,41	-424,40
3/5	-654,10	4,59	-573,36
4/5	654,10	4,59	-573,36
7/5	-94,06	30,37	-79,12
8/5	94,06	30,37	-79,12
Total	-0,00	826,75	-2153,77

Réactions aux noeuds 1 à 4 et 7 à 8 (entraxe 1444 mm) :

Cas 1 - G1			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/1	5,34	-3,55	3,34
2/1	-5,34	-3,55	3,34
3/1	8,84	4,36	9,45
4/1	-8,84	4,36	9,45
7/1	2,47	-0,81	2,10
8/1	-2,47	-0,81	2,10
Total	-0,00	-0,00	29,78

Cas 2 - G2			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/2	25,56	-1,68	21,83
2/2	-25,56	-1,68	21,83
3/2	50,94	3,25	46,08
4/2	-50,94	3,25	46,08
7/2	4,98	-1,57	4,09
8/2	-4,98	-1,57	4,09
Total	-0,00	-0,00	144,00

Cas 3 - Q			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/3	1,37	25,42	11,01
2/3	-1,37	25,42	11,01
3/3	165,21	-23,67	136,44
4/3	-165,21	-23,67	136,44
7/3	5,91	-1,75	4,55
8/3	-5,91	-1,75	4,55
Total	-0,00	-0,00	304,00

Cas 4 - V+			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/4	227,39	-127,00	151,00
2/4	-227,39	-127,00	151,00
3/4	228,26	-6,92	197,89
4/4	-228,26	-6,92	197,89
7/4	32,49	-10,50	27,35
8/4	-32,49	-10,50	27,35
Total	-0,00	-288,84	752,47

Cas 5 - V-			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/5	-649,12	362,15	-431,19
2/5	649,12	362,15	-431,19
3/5	-655,23	21,22	-567,53
4/5	655,23	21,22	-567,53
7/5	-92,86	30,01	-78,17
8/5	92,86	30,01	-78,17
Total	0,00	826,75	-2153,77

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 et 7 à 8 (entraxe 1500 mm) :

ELU			
Noeud / Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/ELU/9	383,90>>	-174,94	270,21
1/ELU/16	-941,78<<	562,72	-611,30
1/ELU/14	-940,33	593,47>>	-598,16
1/ELU/11	382,45	-205,69<<	257,07
1/ELU/9	383,90	-174,94	270,21>>
1/ELU/16	-941,78	562,72	-611,30<<
2/ELU/16	941,78>>	562,72	-611,30
2/ELU/9	-383,90<<	-174,94	270,21
2/ELU/14	940,33	593,47>>	-598,16
2/ELU/11	-382,45	-205,69<<	257,07
2/ELU/9	-383,90	-174,94	270,21>>
2/ELU/16	941,78	562,72	-611,30<<
3/ELU/9	595,63>>	-20,73	516,42
3/ELU/16	-921,44<<	14,16	-804,64
3/ELU/12	-900,54	16,71>>	-785,25
3/ELU/6	512,26	-35,02<<	437,81
3/ELU/9	595,63	-20,73	516,42>>
3/ELU/16	-921,44	14,16	-804,64<<
4/ELU/16	921,44>>	14,16	-804,64
4/ELU/9	-595,63<<	-20,73	516,42
4/ELU/12	900,54	16,71>>	-785,25
4/ELU/6	-512,25	-35,02<<	437,80
4/ELU/9	-595,63	-20,73	516,42>>
4/ELU/16	921,44	14,16	-804,64<<
7/ELU/9	65,65>>	-20,97	54,62
7/ELU/16	-133,64<<	43,18	-112,49
7/ELU/16	-133,64	43,18>>	-112,49
7/ELU/9	65,65	-20,97<<	54,62
7/ELU/9	65,65	-20,97	54,62>>
7/ELU/16	-133,64	43,18	-112,49<<
8/ELU/16	133,64>>	43,18	-112,49
8/ELU/9	-65,65<<	-20,97	54,62
8/ELU/16	133,64	43,18>>	-112,49
8/ELU/9	-65,65	-20,97<<	54,62
8/ELU/9	-65,65	-20,97	54,62>>
8/ELU/16	133,64	43,18	-112,49<<

Tableau récapitulatif pour les noeuds 1 à 4 et 7 à 8 (entraxe 1500 mm) :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	941,78	593,47	516,42
Noeud	2	2	3
Cas	ELU/16	ELU/14	ELU/9
MIN	-941,78	-205,69	-804,64
Noeud	1	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	941,78	341,26	489,55
Noeud	2	2	3
Cas	ELU/16	ELU/10	ELU/9
MIN	-941,78	-275,14	-772,36
Noeud	1	4	2
Cas	ELU/16	ELU/16	ELU/16

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

- ✓ Traction F = 772 daN
- ✓ Cisaillement T = 1002 daN

Noeuds 1 à 4 et 7 à 8 (entraxe 1444 mm) :

ELU			
Noeud / Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/ELU/9	384,24>>	-170,88	272,03
1/ELU/16	-942,77<<	537,99	-621,61
1/ELU/14	-941,34	564,68>>	-610,05
1/ELU/11	382,80	-197,57<<	260,47
1/ELU/9	384,24	-170,88	272,03>>
1/ELU/16	-942,77	537,99	-621,61<<
2/ELU/16	942,78>>	538,00	-621,61
2/ELU/9	-384,24<<	-170,88	272,03
2/ELU/14	941,34	564,69>>	-610,05
2/ELU/11	-382,80	-197,57<<	260,47
2/ELU/9	-384,24	-170,88	272,03>>
2/ELU/16	942,78	538,00	-621,61<<
3/ELU/9	596,55>>	-24,97	515,06
3/ELU/16	-923,07<<	39,44	-795,76
3/ELU/12	-902,15	42,10>>	-776,32
3/ELU/6	513,02	-34,13<<	438,29
3/ELU/9	596,55	-24,97	515,06>>
3/ELU/16	-923,07	39,44	-795,76<<
4/ELU/16	923,07>>	39,44	-795,76
4/ELU/9	-596,55<<	-24,97	515,06
4/ELU/12	902,15	42,10>>	-776,32
4/ELU/6	-513,02	-34,13<<	438,29
4/ELU/9	-596,55	-24,97	515,06>>
4/ELU/16	923,07	39,44	-795,76<<
7/ELU/9	64,99>>	-20,79	54,16
7/ELU/16	-131,84<<	42,63	-111,07
7/ELU/16	-131,84	42,63>>	-111,07
7/ELU/9	64,99	-20,79<<	54,16
7/ELU/9	64,99	-20,79	54,16>>
7/ELU/16	-131,84	42,63	-111,07<<
8/ELU/16	131,84>>	42,63	-111,07
8/ELU/9	-64,99<<	-20,79	54,16
8/ELU/16	131,84	42,63>>	-111,07
8/ELU/9	-64,99	-20,79<<	54,16
8/ELU/9	-64,99	-20,79	54,16>>
8/ELU/16	131,84	42,63	-111,07<<

Tableau récapitulatif pour les noeuds 1 à 4 et 7 à 8 (entraxe 1444 mm) :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	942,78	564,69	515,06
Noeud	2	2	3
Cas	ELU/16	ELU/14	ELU/9
MIN	-942,77	-197,57	-795,76
Noeud	1	2	3
Cas	ELU/16	ELU/11	ELU/16

Dans le repère de la toiture (entraxe 1444 mm) :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	942,78	310,00	489,80
Noeud	2	2	3
Cas	ELU/16	ELU/10	ELU/9
MIN	-942,77	-248,36	-773,12
Noeud	1	4	2
Cas	ELU/16	ELU/16	ELU/16

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

- ✓ Traction F = 773 daN
- ✓ Cisaillement T = 993 daN

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 28/52
--	---	--

4 - **STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1500**

4 - 1 - ANALYSE DES TP 66x62x32x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	1- TP 66x62x32x14x2	S320GD	89.05	142.10	0.93	6 ELU /14/
102	1- TP 66x62x32x14x2	S320GD	89.05	142.10	0.93	6 ELU /14/

L'élément **101** est le plus chargé avec un taux de travail de **93 %**.

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

Elément 101 - TP 66x62x32x14x2 (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 66x62x32x14x2

h=84.2 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=60.3 mm	Ay=2.62 cm ²	Az=2.04 cm ²	Ax=3.50 cm ²
tw=0.0 mm	Iy=27.56 cm ⁴	Iz=10.82 cm ⁴	Ix=0.05 cm ⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.99 cm ³	Wplz=5.36 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -570.72 daN	My,Ed = -97.71 daN*m	Mz,Ed = -100.35 daN*m	Vy,Ed = -504.66 daN
Nt,Rd = 11189.99 daN	My,pl,Rd = 287.61 daN*m	Mz,pl,Rd = 171.60 daN*m	Vy,T,Rd = 4846.69 daN
	My,c,Rd = 287.61 daN*m	Mz,c,Rd = 171.60 daN*m	Vz,Ed = 1016.03 daN
	MN,y,Rd = 286.86 daN*m	MN,z,Rd = 171.16 daN*m	Vz,T,Rd = 3771.60 daN
			Tt,Ed = -0.60 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))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.34 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.59 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.93 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.10 < 1.00$ (6.2.6.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.27 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 30/52
--	---	--

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

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
301	3- TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.21	6 ELU /16/
302	3- TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.20	6 ELU /2/

L'élément **301** est le plus chargé avec un taux de travail de **21 %**.

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 L = 1.221 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: 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 = 315.00 daN	My,Ed = -43.31 daN*m	Mz,Ed = -4.22 daN*m	Vy,Ed = -25.43 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 = 87.34 daN
	MN,y,Rd = 259.23 daN*m	MN,z,Rd = 89.44 daN*m	Vz,T,Rd = 3523.86 daN
			Tt,Ed = -1.49 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:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.17 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

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

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

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

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

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 32/52
--	---	--

4 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	4- TP 55x44x24x14x2	S320GD	106.11	165.33	0.69	6 ELU /14/
402	4- TP 55x44x24x14x2	S320GD	106.11	165.33	0.70	6 ELU /16/

L'élément **402** est le plus chargé avec un taux de travail de **70 %**.

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

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 33/52
--	---	--

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 = 0.86 L = 1.800 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: 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 = -738.59 daN	My,Ed = 71.36 daN*m	Mz,Ed = -16.78 daN*m	Vy,Ed = 108.00 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 = -901.76 daN
	MN,y,Rd = 138.94 daN*m	MN,z,Rd = 89.37 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = 0.14 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:

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.09 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

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

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.19 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.70 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

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

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.27 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 34/52
--	---	--

5 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU ENTRAXE 1444

5 - 1 - ANALYSE DES TP 66x62x32x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	1- TP 66x62x32x14x2	S320GD	89.05	142.10	0.92	6 ELU /14/
102	1- TP 66x62x32x14x2	S320GD	89.05	142.10	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 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 35/52
--	---	--

Elément 101 - TP 66x62x32x14x2 (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 66x62x32x14x2

h=84.2 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=60.3 mm	Ay=2.62 cm²	Az=2.04 cm²	Ax=3.50 cm²
tw=0.0 mm	Iy=27.56 cm⁴	Iz=10.82 cm⁴	Ix=0.05 cm⁴
tf=0.0 mm	Wply=8.99 cm³	Wplz=5.36 cm³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -534.98 daN	My,Ed = -95.45 daN*m	Mz,Ed = -100.01 daN*m	Vy,Ed = -505.23 daN
Nt,Rd = 11189.99 daN	My,pl,Rd = 287.61 daN*m	Mz,pl,Rd = 171.60 daN*m	Vy,T,Rd = 4846.69 daN
	My,c,Rd = 287.61 daN*m	Mz,c,Rd = 171.60 daN*m	Vz,Ed = 1016.29 daN
	MN,y,Rd = 286.95 daN*m	MN,z,Rd = 171.21 daN*m	Vz,T,Rd = 3771.60 daN
			Tt,Ed = -0.59 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))
$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.33 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.58 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.92 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.10 < 1.00$ (6.2.6.(1))
$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.27 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 36/52
--	---	--

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

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
301	3- TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.19	6 ELU /16/
302	3- 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 = 0.11 L = 0.201 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 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 = -91.68 daN	My,Ed = -10.94 daN*m	Mz,Ed = -13.91 daN*m	Vy,Ed = -43.75 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 = 72.45 daN
	MN,y,Rd = 259.51 daN*m	MN,z,Rd = 89.54 daN*m	Vz,T,Rd = 3523.86 daN
			Tt,Ed = -2.12 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))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.16 < 1.00$ (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 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 38/52
--	---	--

5 - 3 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	4- TP 55x44x24x14x2	S320GD	106.11	165.33	0.76	6 ELU /14/
402	4- TP 55x44x24x14x2	S320GD	106.11	165.33	0.74	6 ELU /16/

L'élément **401** est le plus chargé avec un taux de travail de **76 %**.

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 = 0.92 L = 1.926 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: 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 = -414.83 daN	My,Ed = -76.26 daN*m	Mz,Ed = -19.38 daN*m	Vy,Ed = 188.75 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 = -709.04 daN
	MN,y,Rd = 139.74 daN*m	MN,z,Rd = 89.88 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = -0.14 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))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.55 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.22 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.76 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.6.(1))

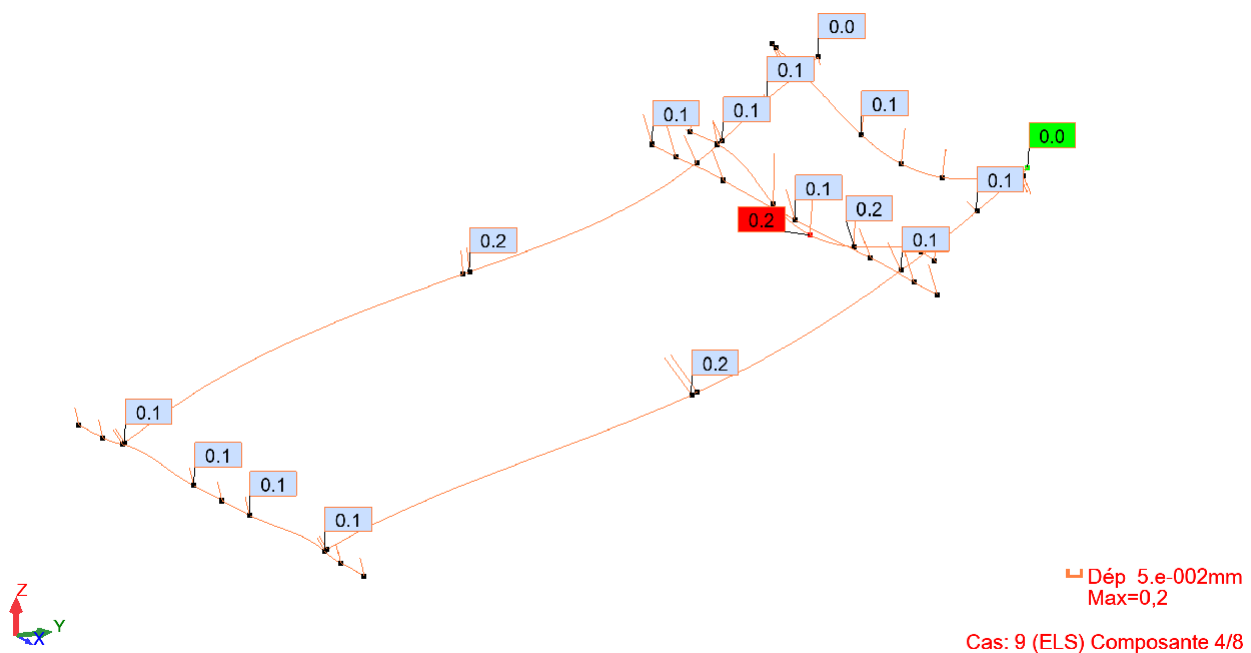
$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.21 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

6 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1500**6 - 1 - DEFORMEE : G**

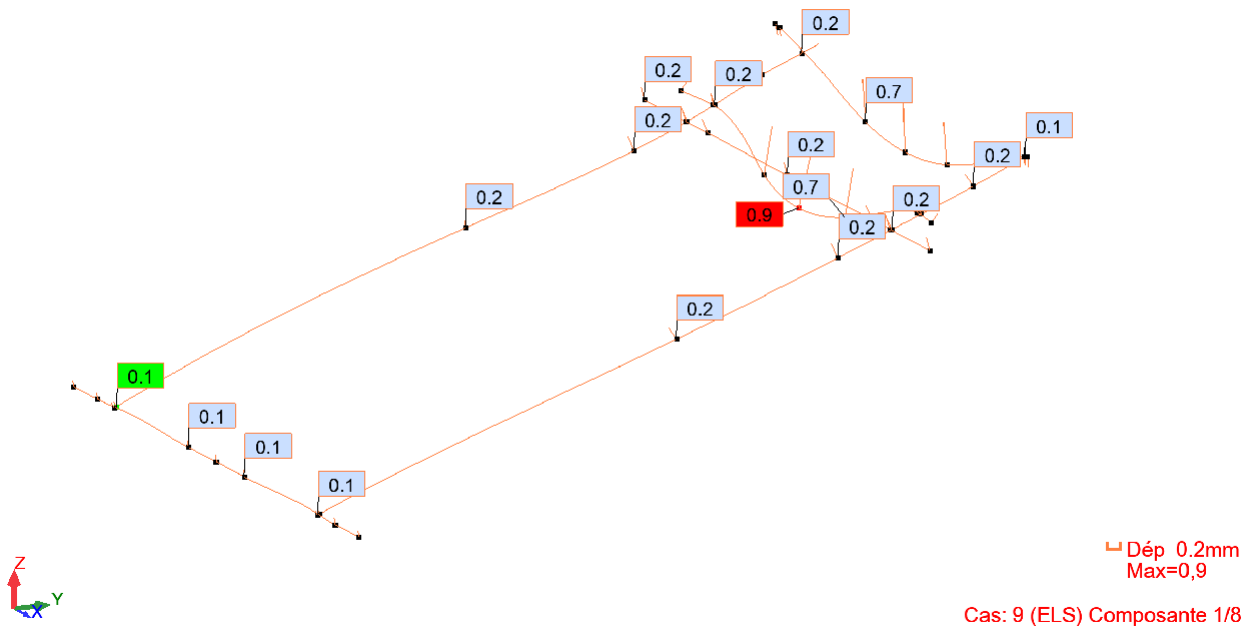
Déformée ELS/4 = G1 + G2

(charges permanentes seules)



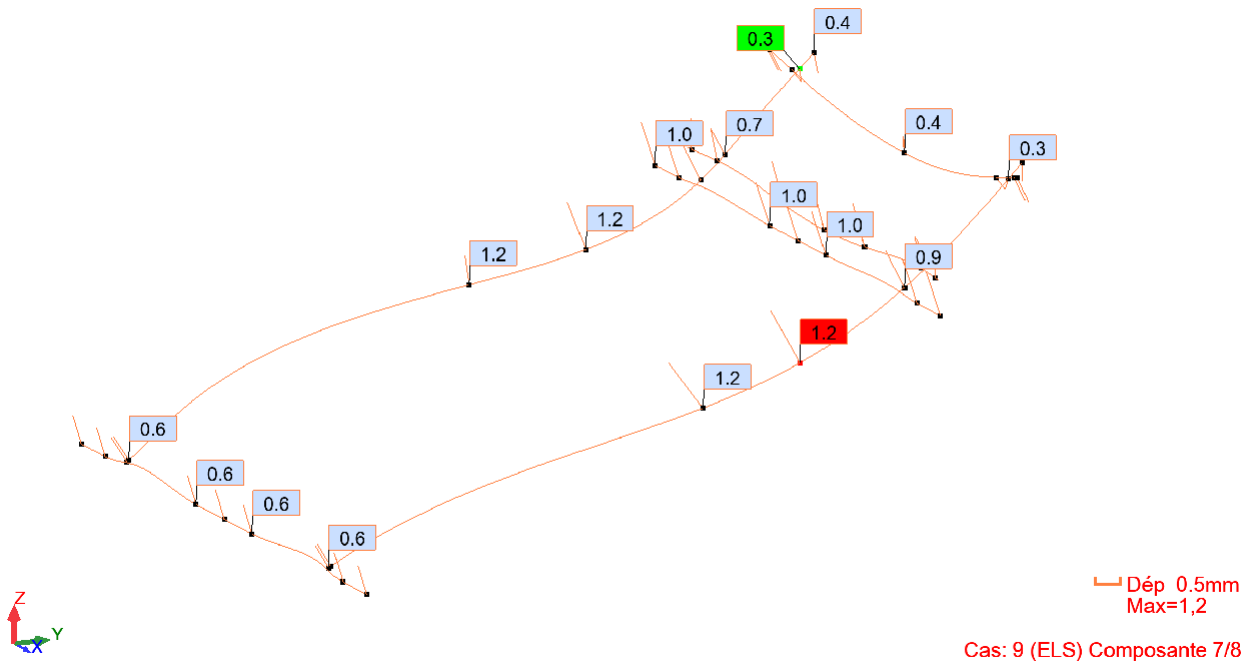
6 - 2 - DEFORMEE : G + Q

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

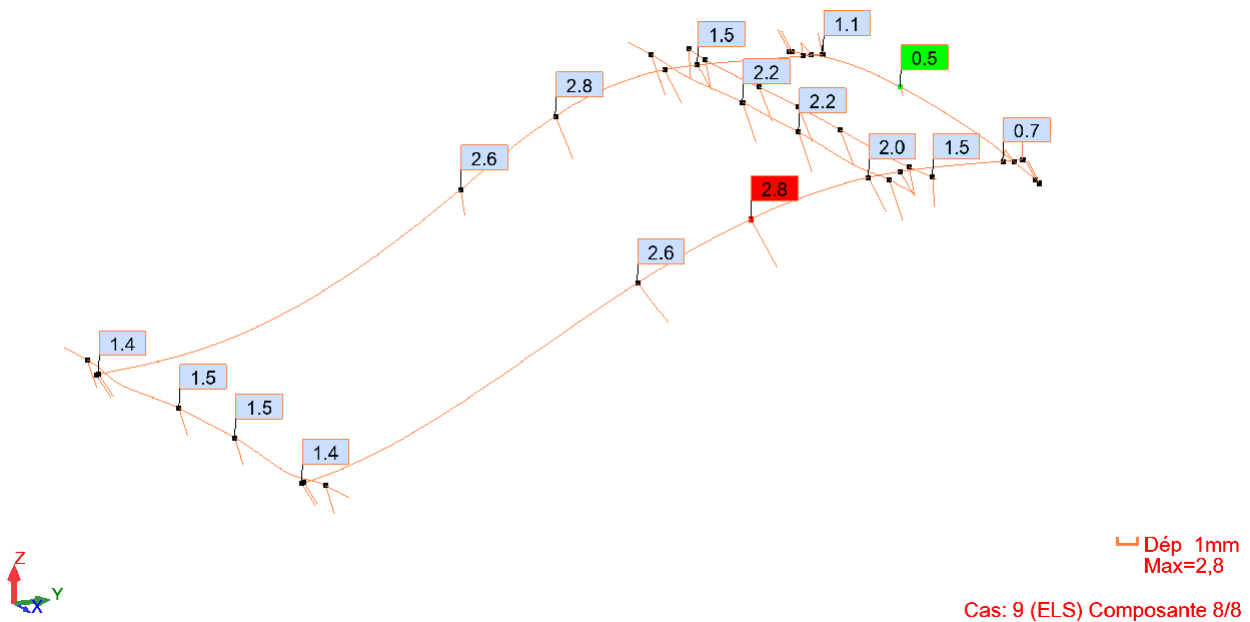


6 - 1 - DEFORMEE : G + V

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



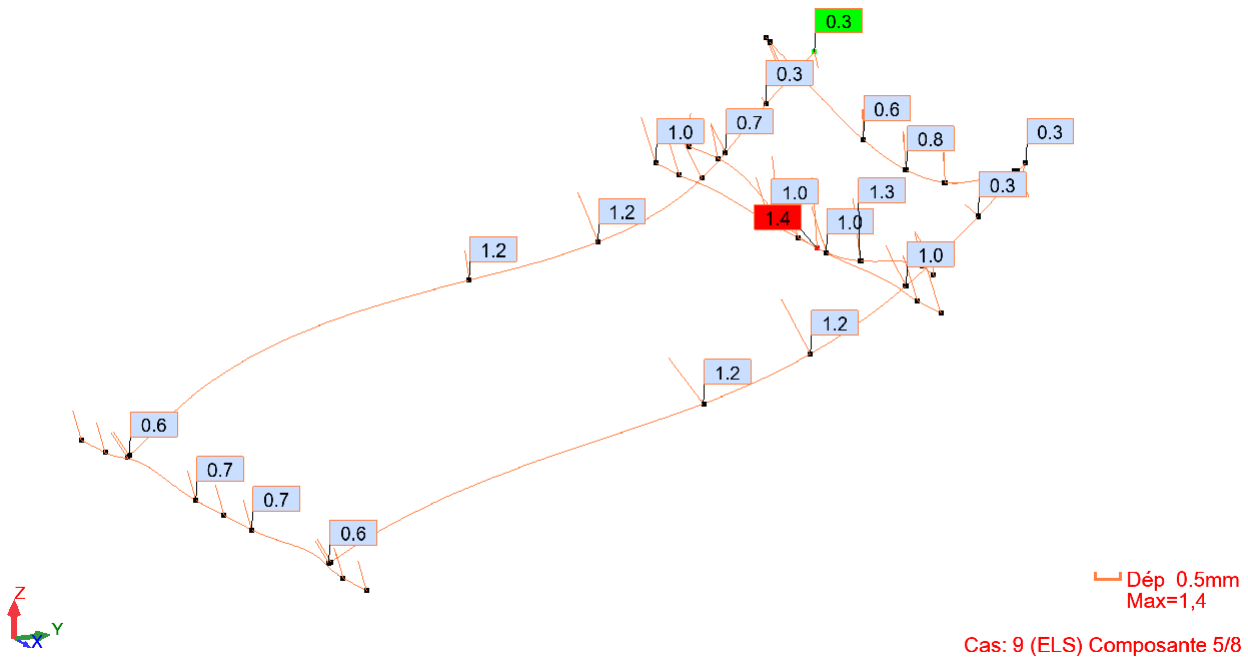
Déformée ELS/8 = G1 + G2 + V-
(charges permanentes + vent en dépression)



6 - 2 - DEFORMEE : G + Q + V

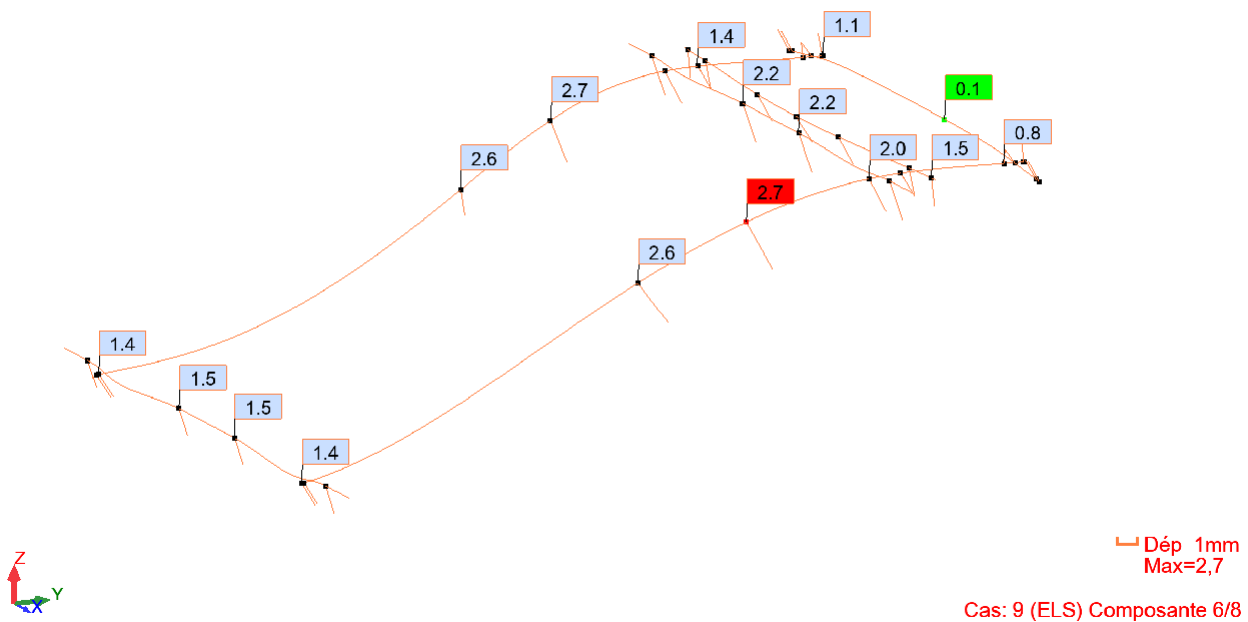
$$\text{Déformée ELS/5} = G1 + G2 + Q + V +$$

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



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

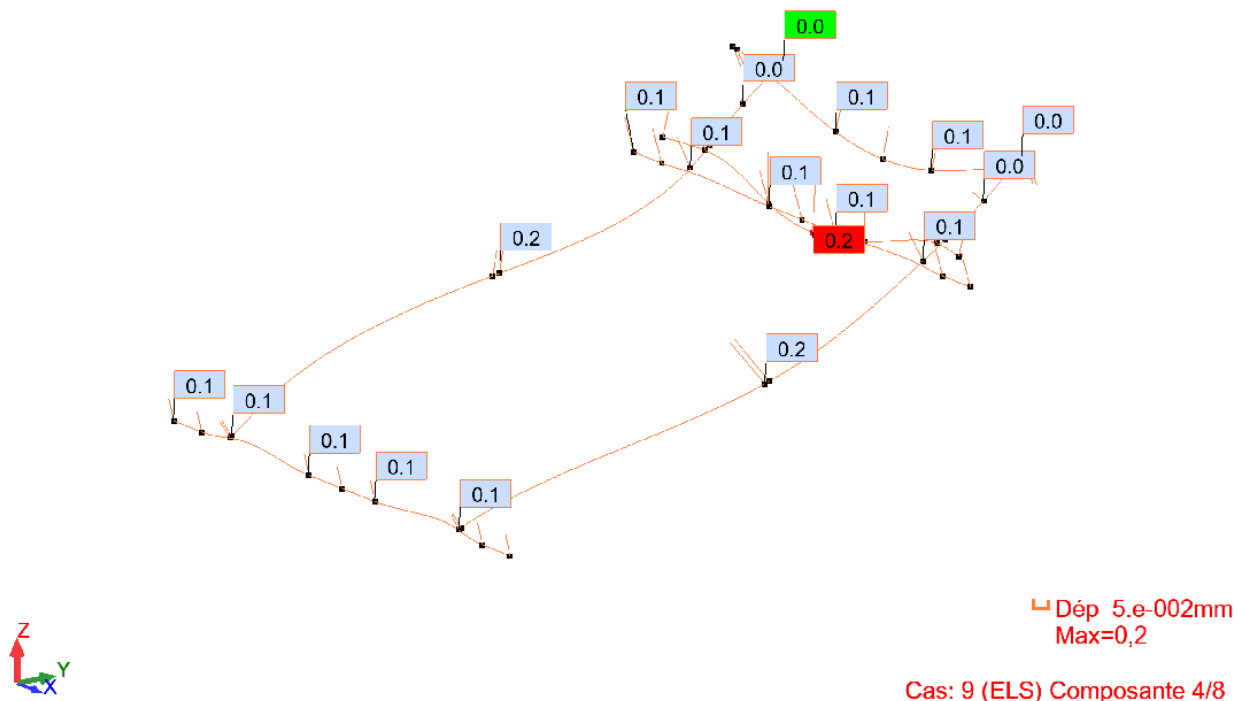
(charges permanentes + charges d'exploitation + vent en dépression)



7 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS ENTRAXE 1444**7 - 1 - DEFORMEE : G**

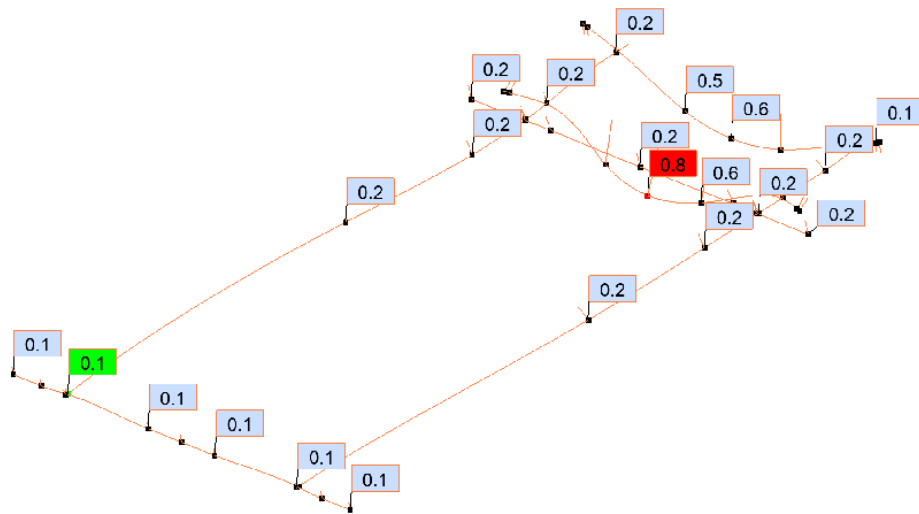
Déformée ELS/4 = G1 + G2

(charges permanentes seules)



7 - 2 - DEFORMEE : G + Q

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

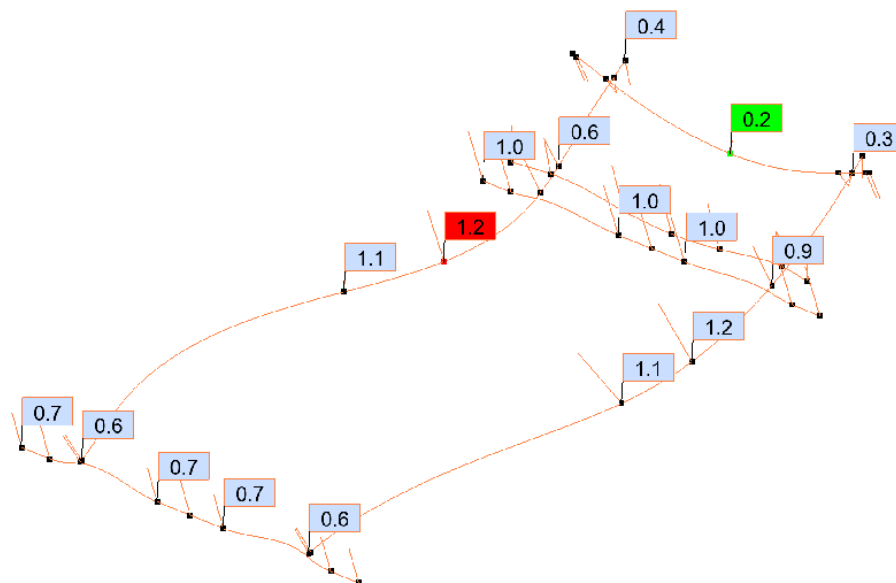


↳ Dép 0.2mm
Max=0,8

Cas: 9 (ELS) Composante 1/8

7 - 3 - DEFORMEE : G + V

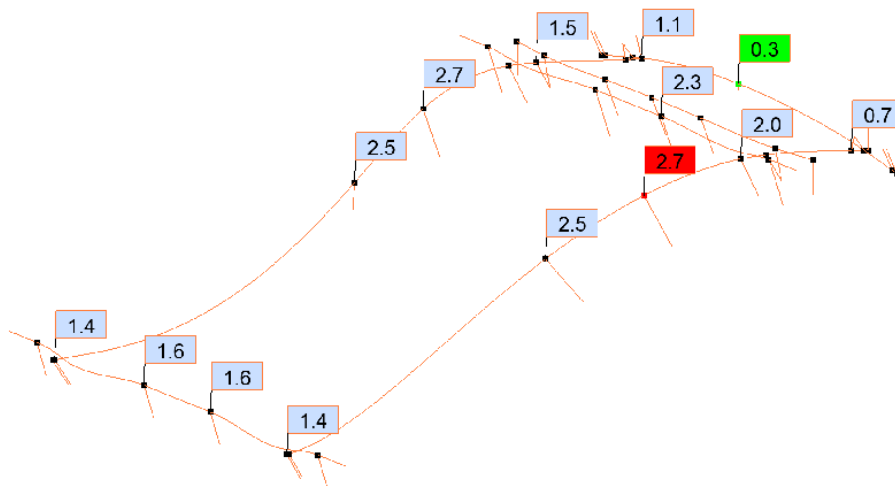
Déformée ELS/7 = $G1 + G2 + V+$
(charges permanentes + vent en surpression)



— D p 0.5mm
Max=1,2

Cas: 9 (ELS) Composante 7/8

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

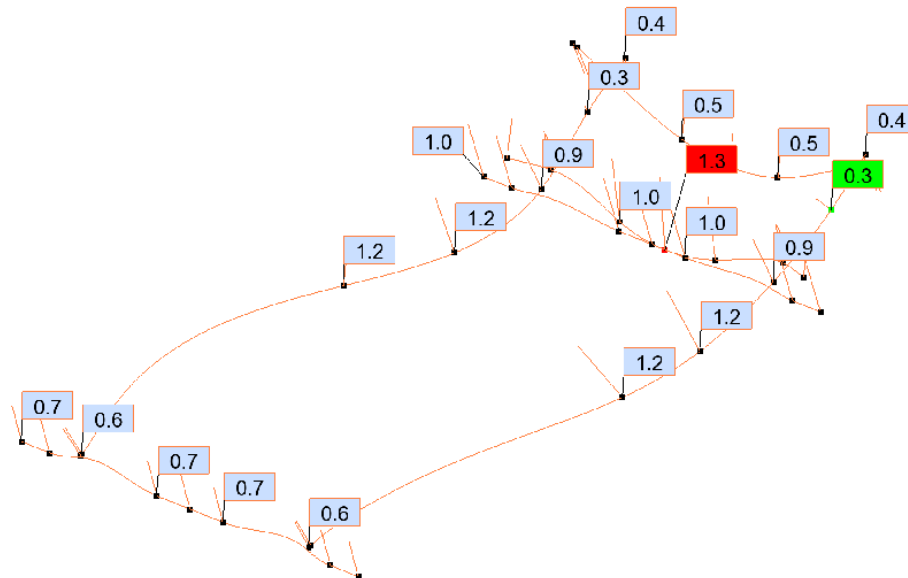


Cas: 9 (ELS) Composante 8/8

7 - 4 - DEFORMEE : G + Q + V

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

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

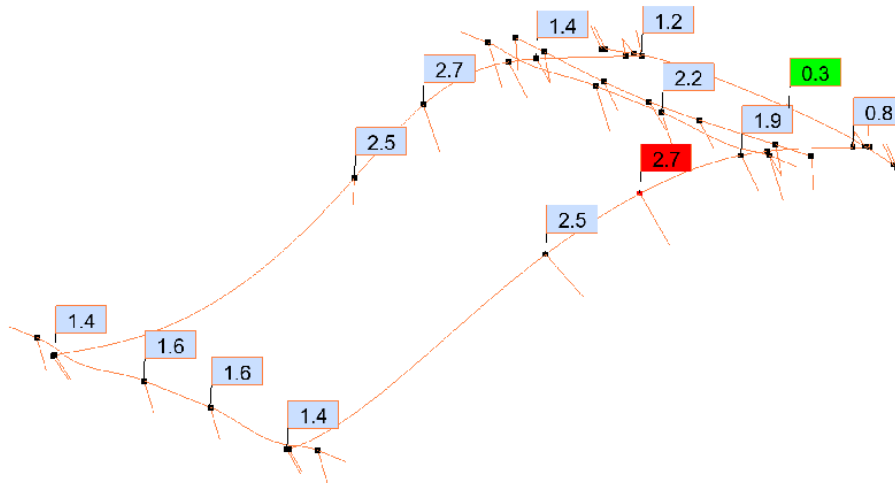


— Dép 0.5mm
Max=1,3

Cas: 9 (ELS) Composante 5/8

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

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



Cas: 9 (ELS) Composante 6/8

	NOTE DE CALCUL SUPPORT CESI PLAQUE-TOLE (BALLON 300L - CAPTEURS 2x2,5m²)	REF N° : 20-07-2182-PT06 REVISION : B DATE : 14/05/2021 PAGE : 50/52
--	---	--

8 - VERIFICATION DES LIAISONS

8 - 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 200mm de chaque extrémité et 1 vis centrale (soit 2 entraxes de 1050mm).

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

- ✓ Traction $F = 773 \text{ daN}$
- ✓ Cisaillement $T = 1002 \text{ daN}$

Les vis choisies devront supporter une charge ELU de traction de 773 daN associée à une charge ELU de cisaillement de 1002 daN.

8 - 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 1867 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 $1867 \text{ daN} / 8 = 233 \text{ daN}$

Sous chargement ELU, cet effort par vis devient $1,5 \times 233 \text{ daN} = 350 \text{ daN}$

Vis H M8 en INOX A4-50 :

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

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU									
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	350	daN					
Traction	$F_{t,Ed}$	=	0	daN					
Vérifications									
Cisaillement partie filetée	(O/N)		O						
Boulon tête fraisée	(O/N)		N					Ratio	
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	350	daN	<	$F_{v,Rd}$	=	878	daN 0,40 OK
Pression diamétrale	$F_{b,Ed}$	=	350	daN	<	$F_{b,Rd}$	=	1 248	daN 0,28 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 $F_{t,Rd}$						0,40 OK

Le taux de travail maxi est de 40 %.

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

8 - 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 1867 daN (cf §2-6).

De manière conservative, 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 1867 daN / 4 = 467 daN

Sous chargement ELU, cet effort par vis devient 1,5 x 467 daN = 701 daN

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-70 (Re > 210 MPa et Rm > 500 MPa),
- ✓ Section résistante de la vis : A = 36,6 mm²,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU									
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	0	daN					
Traction	$F_{t,Ed}$	=	701	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	$F_{t,Ed}$	=	701	daN	<	$F_{t,Rd}$	=	1 318 daN	0,53 OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed}$	+	$F_{v,Ed}$						
	$F_{v,Rd}$		1,4 $F_{t,Rd}$	=					0,38 OK

Le taux de travail maxi est de 53 %.

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