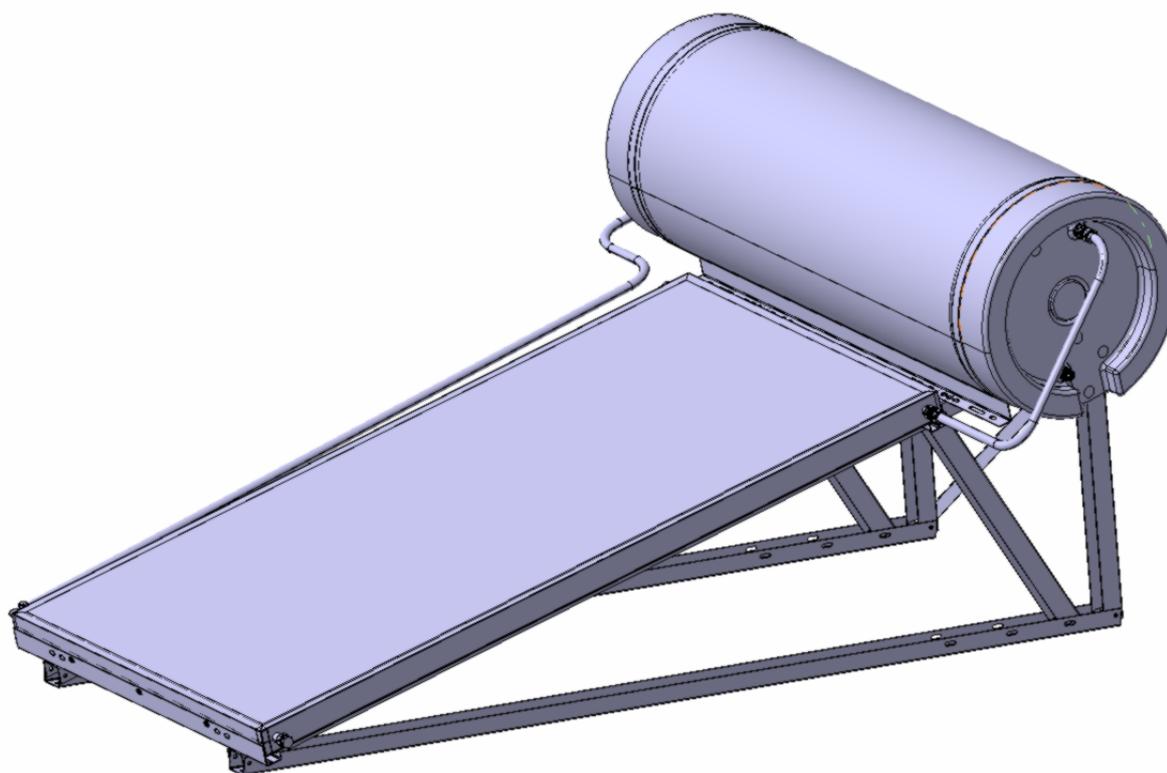


NOTE DE CALCUL

SUPPORT CESI POUR TOITURE TERRASSE (BALLON 200L - CAPTEUR 2m²)



REF Client :
 DAK INDUSTRIES

N° Commande :
 BPA du 06/10/2020

EVOLUTION DU DOSSIER

INDICE	DATE	MODIFICATIONS	REDACTEUR	VERIFICATEUR
A	06/10/2020	Création	E.M.S.	DAK INDUSTRIES
B	12/10/2020	Modification stabilité	E.M.S.	DAK INDUSTRIES
C	26/11/2020	Reprise vent sur ballon	E.M.S.	DAK INDUSTRIES
D	17/03/2021	Prise en compte modèle capteur 4 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	5
2 - STRUCTURE : MODELES ET CAS DE CHARGE	6
2 - 1 - PREAMBULE.....	6
2 - 2 - GEOMETRIE.....	6
2 - 3 - SECTIONS DES POUTRES.....	9
2 - 4 - CARACTERISTIQUES MATIERES	9
2 - 5 - CONDITIONS AUX LIMITES ET RELACHEMENTS.....	10
2 - 6 - CAS DE CHARGES	11
2 - 7 - COMBINAISONS DE CHARGES.....	17
3 - REACTIONS AUX APPUIS.....	18
3 - 1 - REACTIONS ELEMENTAIRES.....	18
3 - 2 - REACTIONS ENVELOPPES (ELU)	19
4 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU	20
4 - 1 - ANALYSE DES U 60x44x2.....	20
4 - 2 - ANALYSE DES U 55x50x2.....	23
4 - 3 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2	26
4 - 4 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2	28
4 - 5 - ANALYSE DE LA TOLE PLIEE L 36x30x2.....	30
5 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS.....	32
5 - 1 - DEFORMEE : G	32
5 - 2 - DEFORMEE : G + Q	33
5 - 1 - DEFORMEE : G + V	34
5 - 2 - DEFORMEE : G + Q + V	35

E.M.S.

NOTE DE CALCUL
SUPPORT CESI POUR TOITURE TERRASSE
(BALLON 200L - CAPTEUR 2m²)

REF N° : 20-07-2182-TT01
REVISION : D
DATE : 17/03/2021
PAGE : 3/49

6 - VERIFICATION DES LIAISONS.....	36
6 - 1 - CHEVILLAGES DANS LES PLOTS BETON	36
6 - 2 - TENUE DES VIS DE FIXATION DU CAPTEUR ET DU BALLON	47
6 - 3 - TENUE DES VIS DE FIXATION DES TRAVERSES SUR LE CHASSIS	48
6 - 4 - TENUE DES VIS DES ARTICULATIONS.....	49

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 200L et d'un capteur 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 (54 daN),
- ✓ Poids propre du capteur à vide (30 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le ballon (200 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le capteur (4 daN)
- ✓ Charges de vent (cf §1-3).

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. Les calculs de chevillages sur le logiciel HILTI PROFIS Engineering 3.0.63.

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.

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.

Les supports CESI considérés dans la présente note sont installés sur des toitures terrasses dont l'intégrité et la sécurité des personnes ne peuvent être altérées par des sollicitations générées par des contraintes sismiques.

1 - 5 - CONCLUSIONS

Le châssis et ses fixations (visserie et chevillages) 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.

Pour les conditions sismiques définies au §1-4, on préconisera pour les supports un contrôle fonctionnel à la suite d'un séisme.

2 - STRUCTURE : MODELES ET CAS DE CHARGE

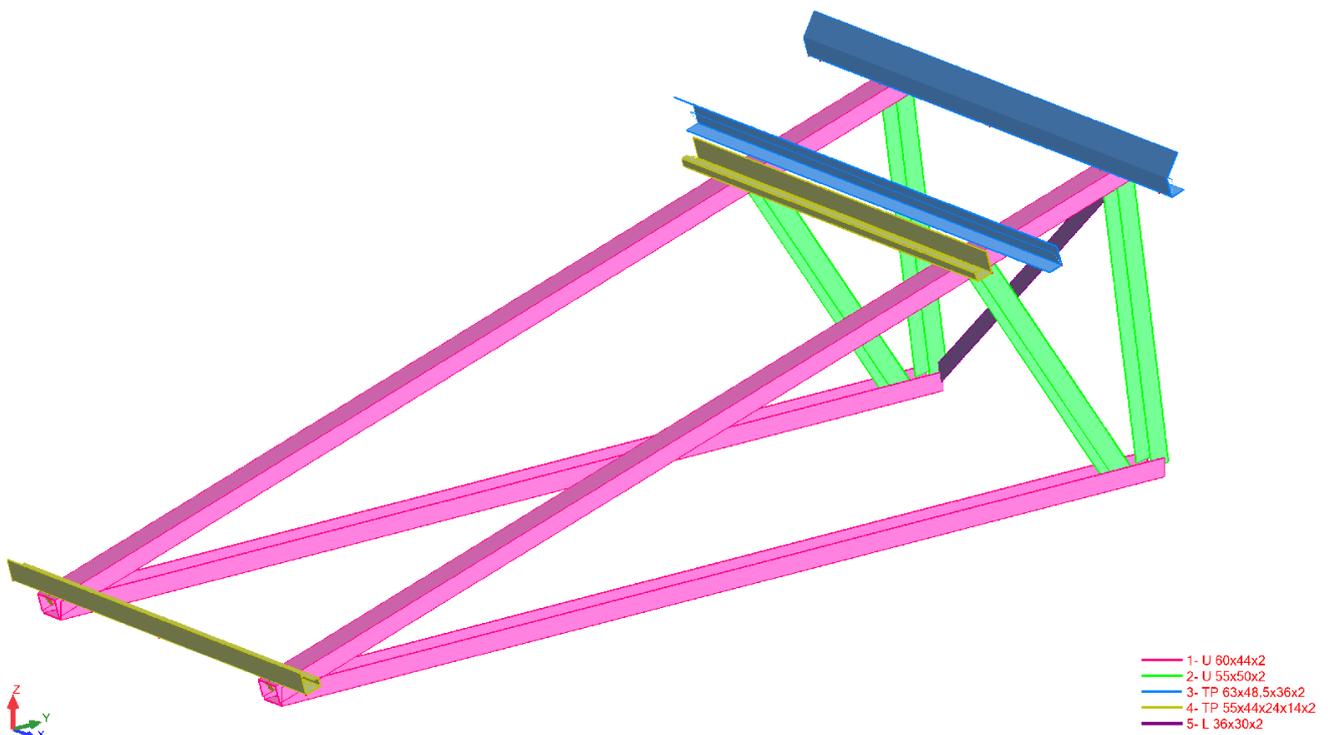
2 - 1 - PREAMBULE

Le châssis est prévu pour être fixé sur des plots en béton C20/25 mini d'une toiture terrasse au moyen de 4 chevilles métalliques HILTI HSA M10 hnom3 (ou équivalent). Les chevilles doivent être situées à 100 mm mini des bords de béton, l'épaisseur mini de béton doit être de 200 mm. Les entraxes entre les fixations devront être de 2350 mm x 760 mm, les fixations côté montants en U 55x50x2 devant être à 75 mm de l'extrémité du longeron. Les assemblages des éléments du châssis entre eux sont réalisés au moyen de boulons M8 mini en INOX A4-50 mini. Le capteur et le ballon sont assemblés au châssis au moyen de vis M8 mini en INOX A4-50 mini.

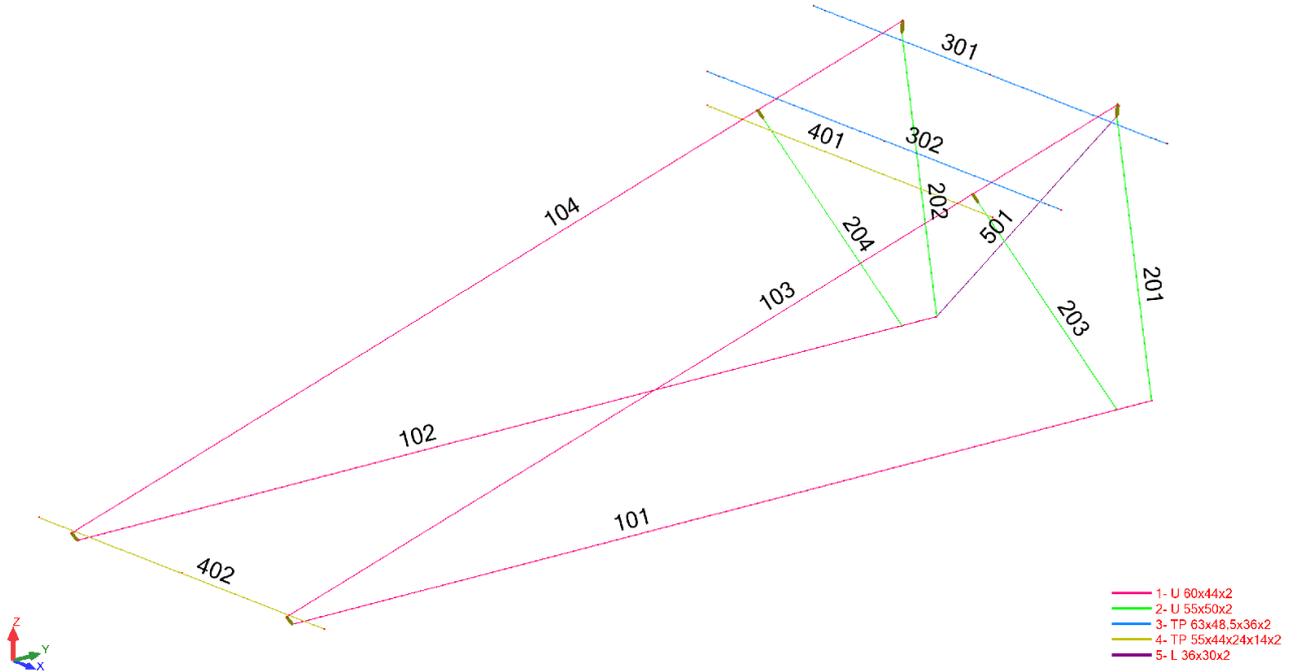
2 - 2 - GEOMETRIE

La structure est modélisée par des éléments barres. Les conditions aux limites sont appliquées sur les noeuds correspondant aux fixations des châssis sur les plots béton (4 noeuds).

Modèle de calcul :

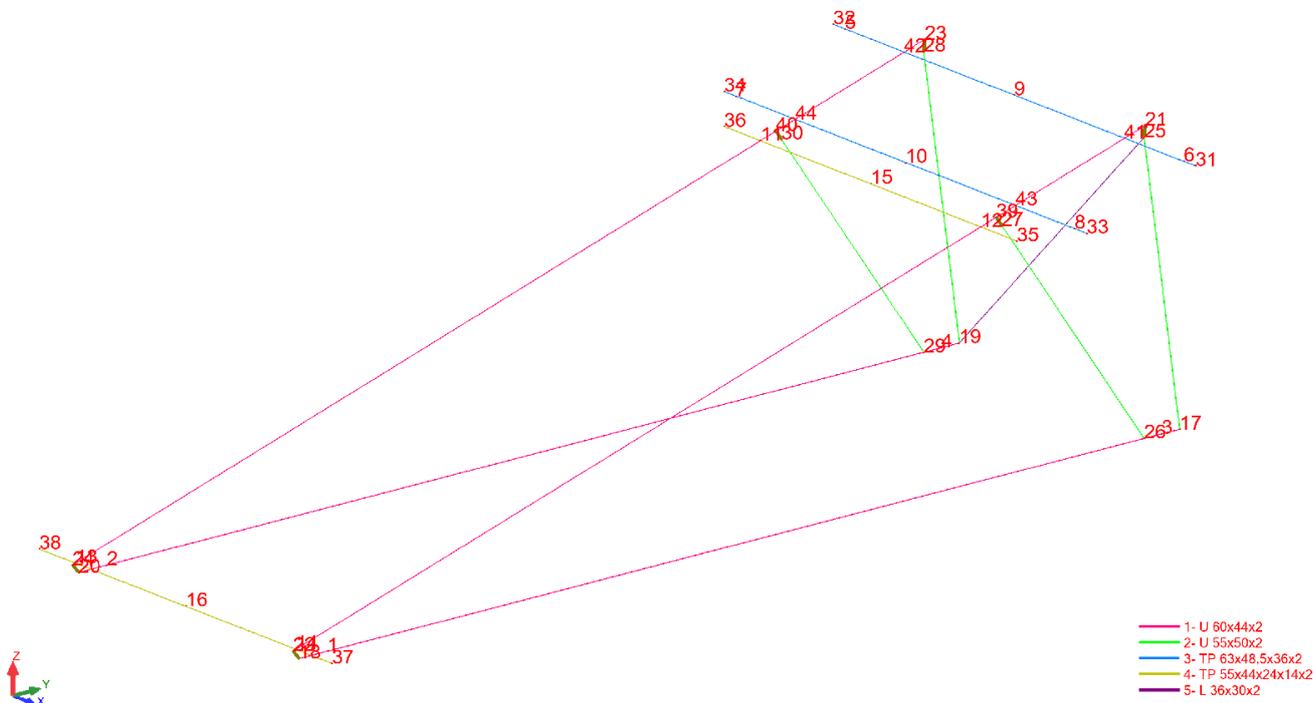


Eléments :



Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	L [m]
101	18	17	1- U 60x40x2	2,48
102	20	19	1- U 60x40x2	2,48
103	21	22	1- U 60x40x2	2,5
104	23	24	1- U 60x40x2	2,5
201	17	25	2- U 55x50x2	0,705
202	19	28	2- U 55x50x2	0,705
203	26	27	2- U 55x50x2	0,705
204	29	30	2- U 55x50x2	0,705
301	32	31	3- TP 61x45x33x2	1,25
302	33	34	3- TP 61x45x33x2	1,25
401	36	35	4- TP 52x40x20x12x2	1,01
402	37	38	4- TP 52x40x20x12x2	1,01
501	19	25	5- L 36x30x2	1,037

Nœuds :



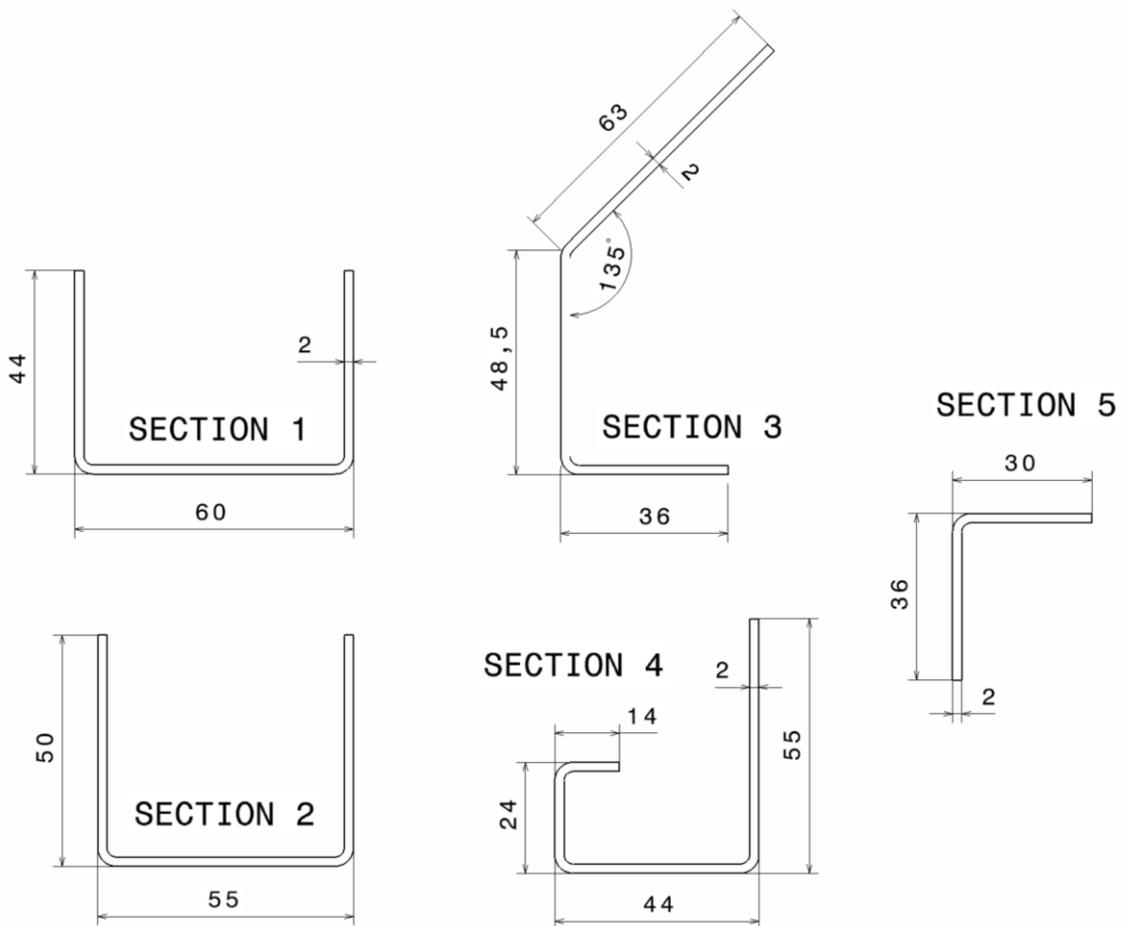
Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0,38	-2,4	0
2	-0,38	-2,4	0
3	0,38	-0,05	0
4	-0,38	-0,05	0
5	-0,584	-0,155	0,708
6	0,584	-0,155	0,708
7	-0,584	-0,462	0,618
8	0,584	-0,462	0,618
9	0	-0,155	0,708
10	0	-0,462	0,618
11	-0,38	-0,56	0,589
12	0,38	-0,56	0,589
13	-0,38	-2,489	0,023
14	0,38	-2,489	0,023
15	0	-0,56	0,589
16	0	-2,489	0,023
17	0,38	0	0
18	0,38	-2,48	0
19	-0,38	0	0
20	-0,38	-2,48	0
21	0,38	-0,098	0,725
22	0,38	-2,497	0,021
23	-0,38	-0,098	0,725
24	-0,38	-2,497	0,021

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
25	0,38	-0,1	0,698
26	0,38	-0,1	0
27	0,38	-0,501	0,58
28	-0,38	-0,1	0,698
29	-0,38	-0,1	0
30	-0,38	-0,501	0,58
31	0,625	-0,155	0,708
32	-0,625	-0,155	0,708
33	0,625	-0,462	0,618
34	-0,625	-0,462	0,618
35	0,505	-0,56	0,589
36	-0,505	-0,56	0,589
37	0,505	-2,489	0,023
38	-0,505	-2,489	0,023
39	0,38	-0,516	0,602
40	-0,38	-0,516	0,602
41	0,38	-0,155	0,708
42	-0,38	-0,155	0,708
43	0,38	-0,462	0,618
44	-0,38	-0,462	0,618
45	0	-0,05	0,349
46	0,38	-0,1	0,698
47	0,38	-0,1	0

2 - 3 - SECTIONS DES POUTRES

Les sections suivantes sont considérées :

- ✓ Section 1 : U 60x44x2
- ✓ Section 2 : U 55x50x2
- ✓ Section 3 : TP 63x48,5x36x2
- ✓ Section 4 : TP 55x44x24x14x2
- ✓ Section 5 : L 36x30x2



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

2 - 4 - CARACTERISTIQUES MATIERES

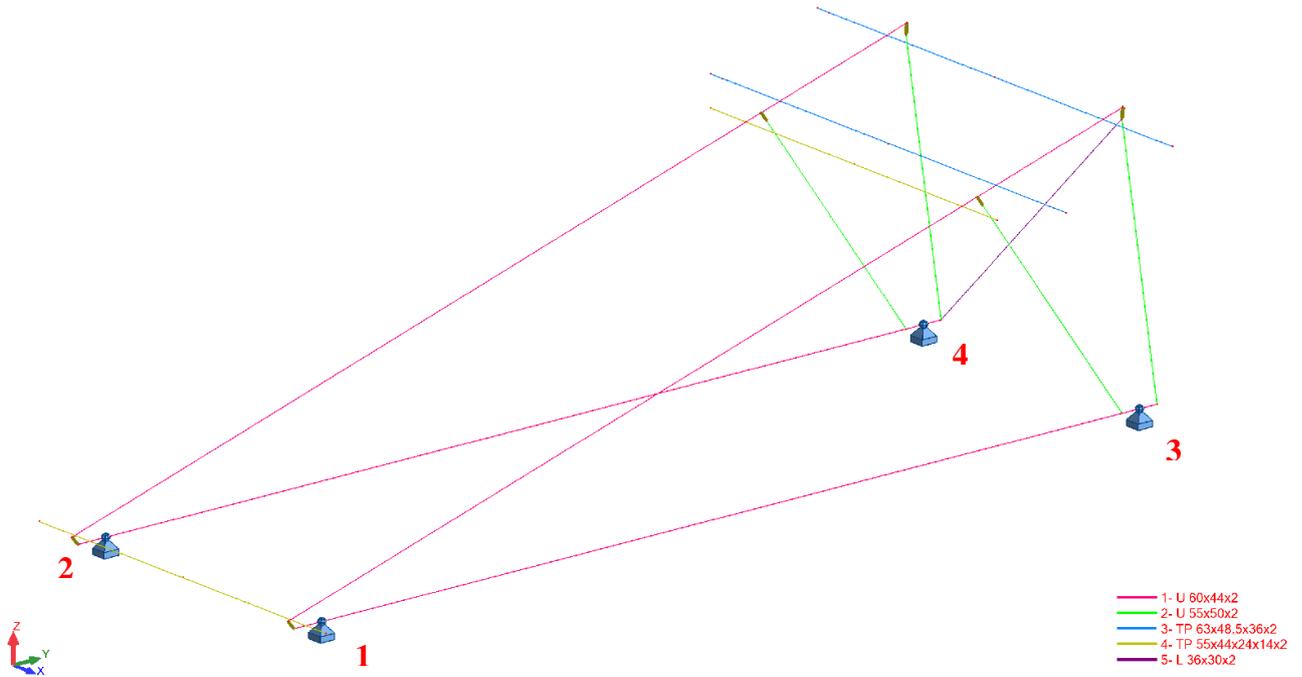
Tous les éléments métalliques sont en acier S320GD :

- ✓ 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 RELACHEMENTS

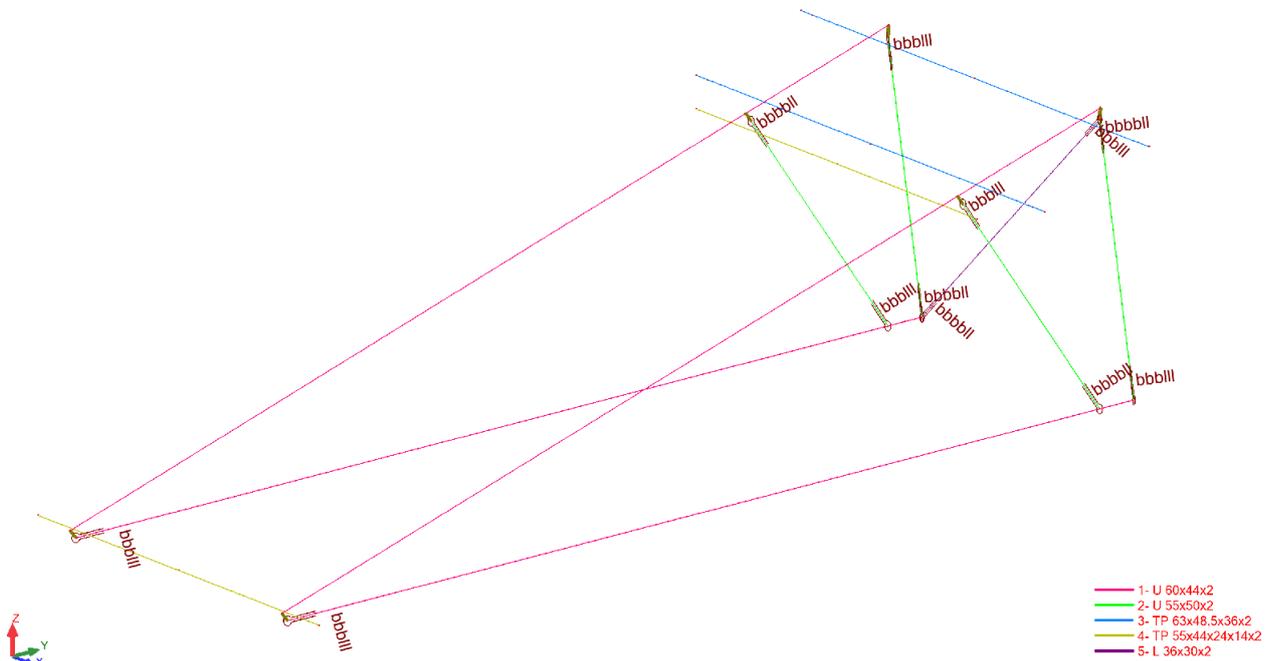
Conditions aux limites :

Les conditions aux limites sont appliquées sur les noeuds correspondant aux fixations du châssis sur les plots béton : nœuds **1** à **4** - blocage des 3 translations dx, dy et dz.



Relâchements :

Afin de rendre compte des liaisons entre éléments, on relâche les rotations en extrémité des éléments au niveau des articulations (bbb III - bbb bII).



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.

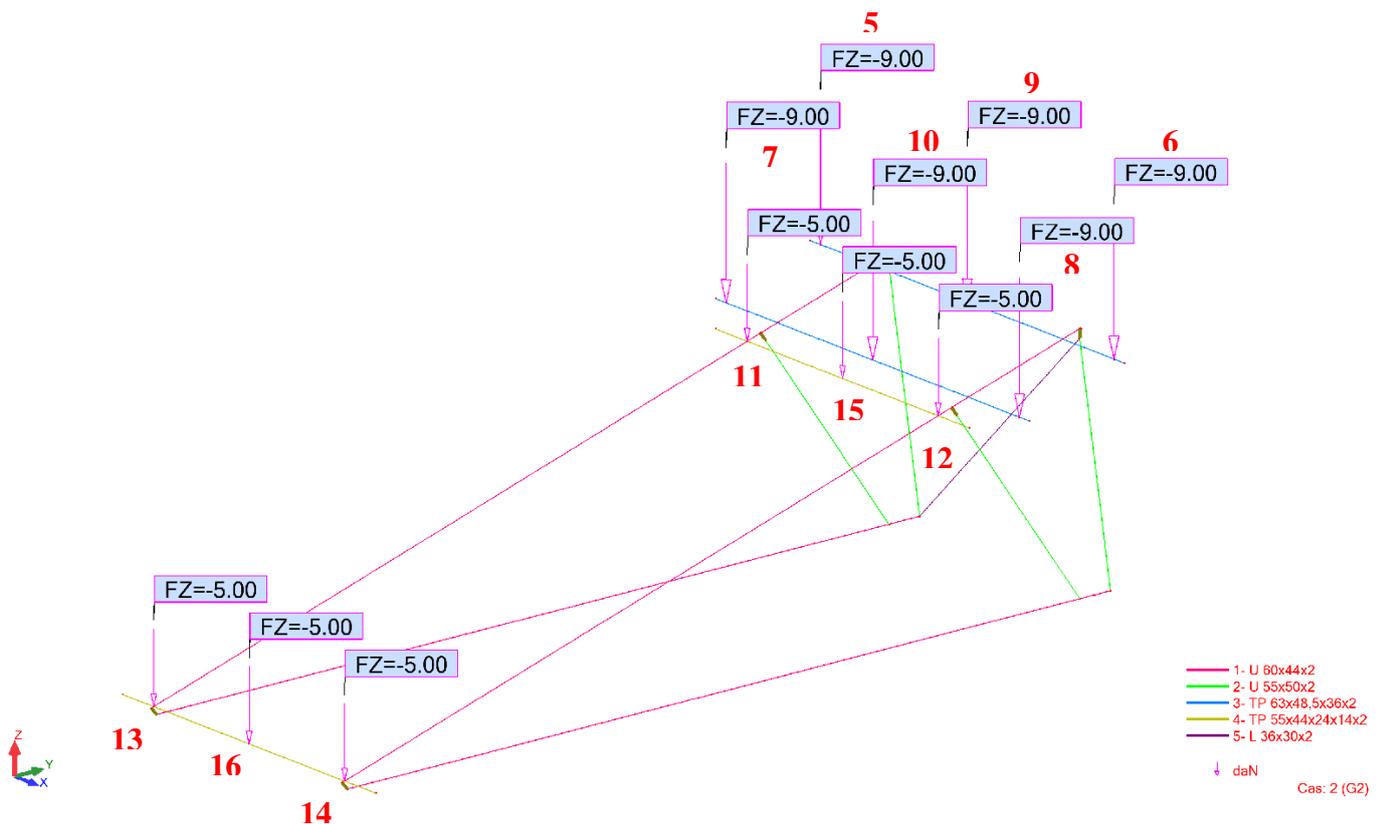
Poids propre structure : 39 daN

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

On considère ici le poids propre du capteur (30 daN) réparti sur les 6 nœuds de fixation ainsi que le poids propre du ballon (54 daN) réparti sur ses 6 nœuds de fixation.

On applique donc :

- ✓ une charge de 5 daN sur les nœuds 11 à 16,
- ✓ une charge de 9 daN sur les nœuds 5 à 10.



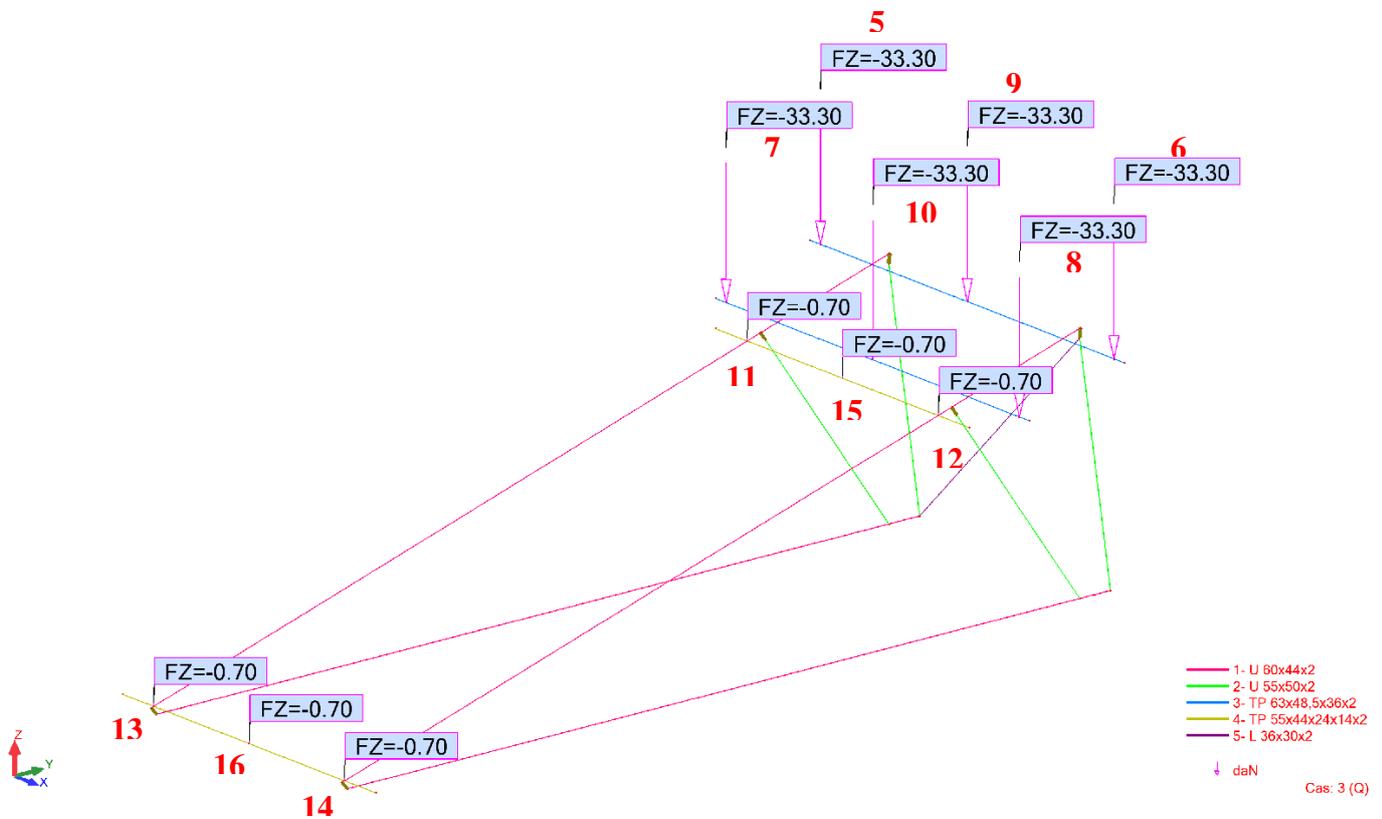
Résultante totale : 84 daN

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

On considère ici le poids de l'eau dans le capteur (4 daN) réparti sur les 6 nœuds de fixation ainsi que le poids de l'eau dans le ballon (200 daN) réparti sur ses 6 nœuds de fixation.

On applique donc :

- ✓ une charge de 33,3 daN sur les nœuds 11 à 16,
- ✓ une charge de 0,7 daN sur les nœuds 5 à 10.



Résultante totale : 204 daN

Cas 4 et 5 :

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

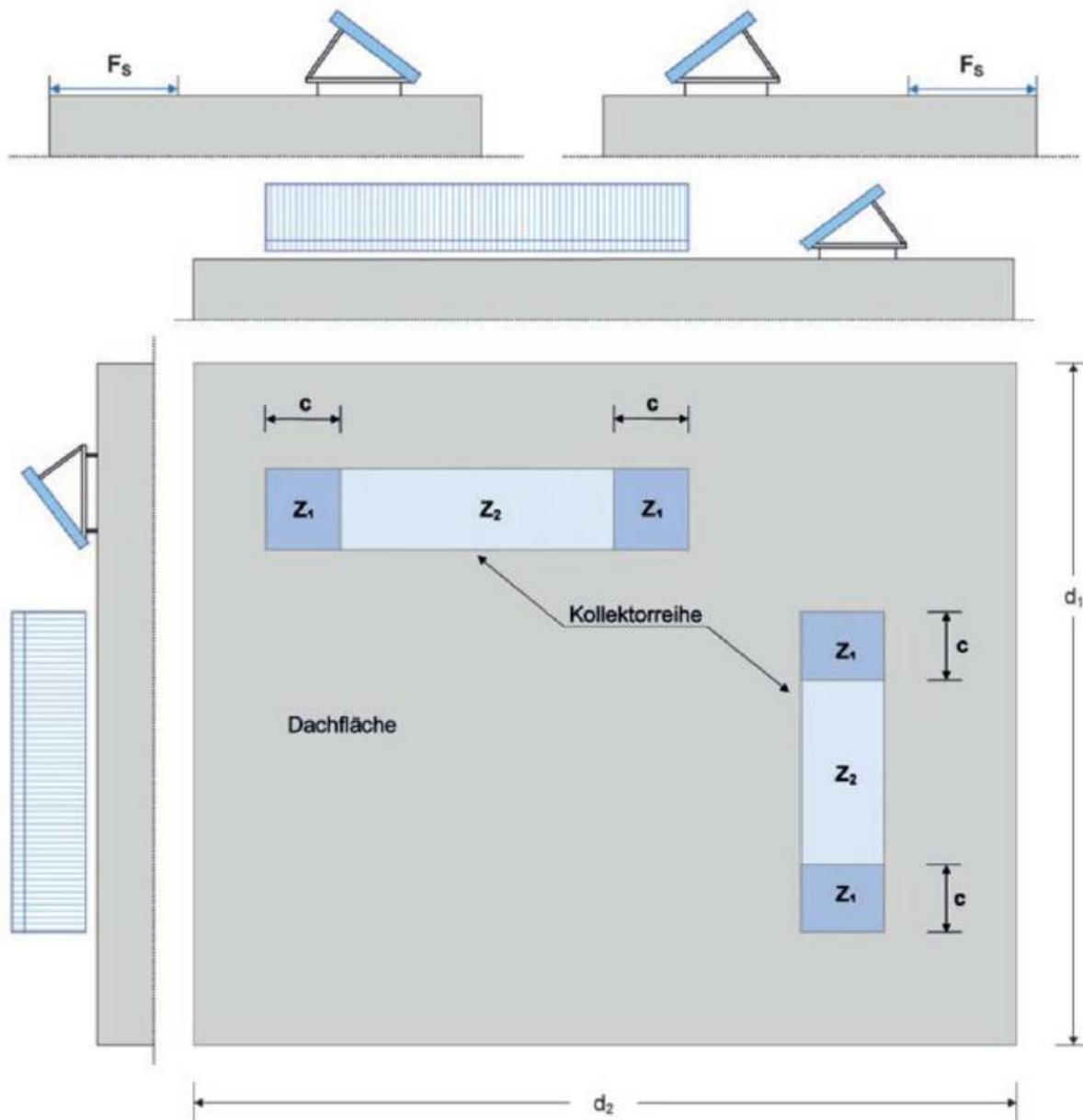
Calcul de la pression dynamique de pointe :

- ✓ Zone géographique Guadeloupe (le plus critique couvrant les autres DOM)
- ✓ Vitesse de référence $v_b = 36$ m/s
- ✓ Catégorie 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 tirées du Cahier 3797 du CSTB. Faute de données pour une inclinaison de 16°, on considère des valeurs de $c_{p,net}$ pour une inclinaison de panneau de 30° en mode portrait, cette hypothèse étant conservative :

- ✓ $c_{p,net} = + 0,9$ en surpression
- ✓ $c_{p,net} = - 1,8$ en dépression

Zone	Pente	Mise en œuvre en mode paysage		Mise en œuvre en mode portrait	
		$c_{p,net}^-$	$c_{p,net}^+$	$c_{p,net}^-$	$c_{p,net}^+$
F _S	30°	-2,0	0,6	-1,8	0,9 / 0,8*
	45°	-2,2	1,5	-2,2 / -2,0*	0,8
	60°	-2,2	0,8	-2,2 / -2,0*	0,8
G _S	30°	-1,8	0,6	-1,8 / -1,4*	0,9 / 0,8*
	45°	-1,8	1,5	-1,8 / -1,4*	0,8
	60°	-1,8	0,9	-1,8	0,9
Z ₁	30°	-1,5	0,6	-1,5	0,6
	45°	-1,5	0,8	-1,4	0,8
	60°	-1,7 / -1,5**	0,6	-1,7 / -1,5**	0,6
Z ₂	30°	-1,4	0,6	-1,4	0,6
	45°	-1,4	0,6	-1,4	0,8
	60°	-1,4	0,6	-1,4	0,8



On a ainsi les efforts résultants suivants sur le capteur (2 m²) et le ballon (0,85 m²) :

✓ En surpression (V+) :

- Sur capteur : $F = 0,9 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 2 \text{ m}^2 = 448,9 \text{ daN}$
- Sur ballon : $F = 0,9 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 0,85 \text{ m}^2 = 190,8 \text{ daN}$

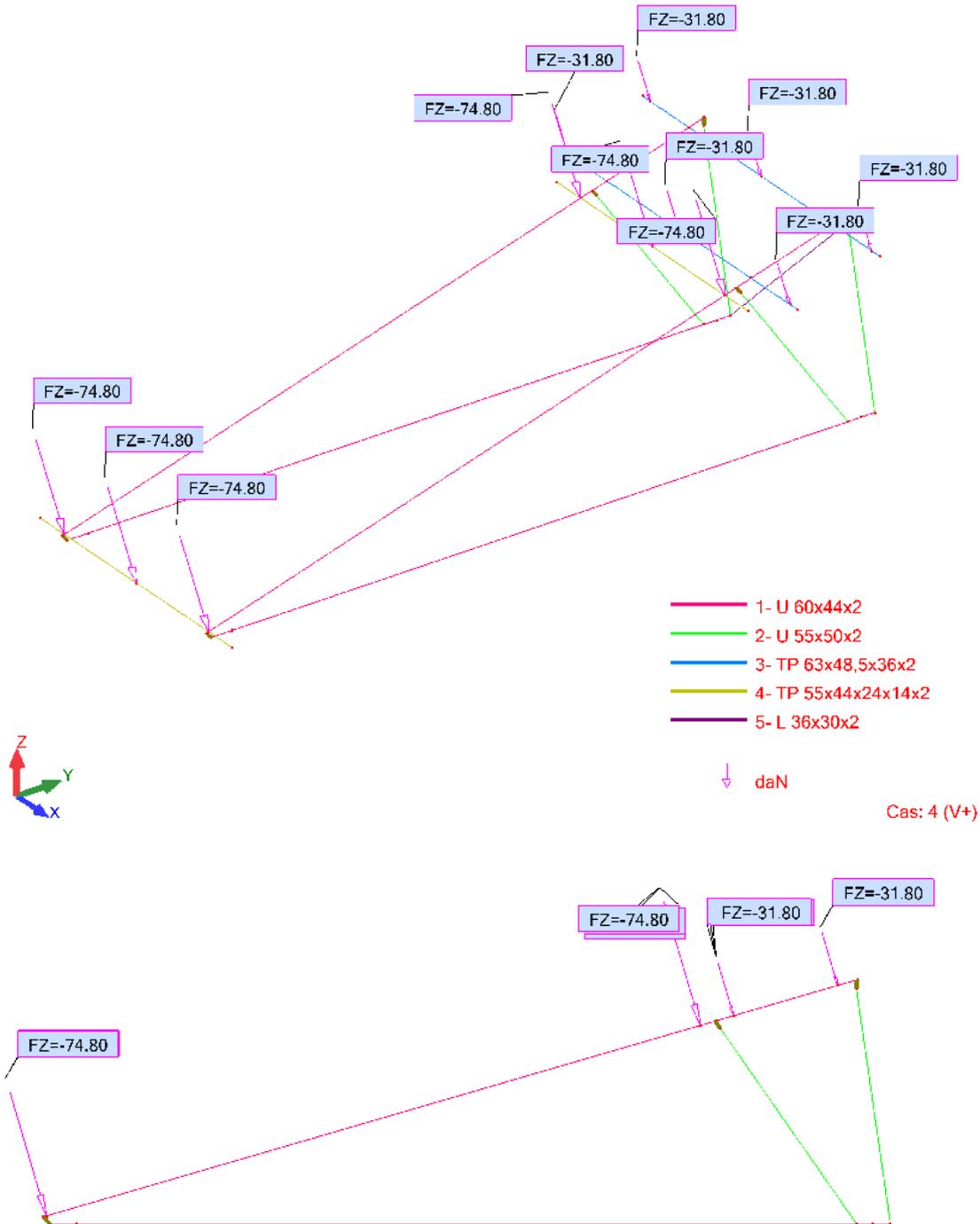
✓ En dépression (V-) :

- Sur capteur : $F = 1,8 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 2 \text{ m}^2 = 897,8 \text{ daN}$
- Sur ballon : $F = 1,8 \times 249,4 \text{ daN/m}^2 \times 0,85 \text{ m}^2 = 381,6 \text{ daN}$

Cas 4 - V+ (Vent en surpression) :

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

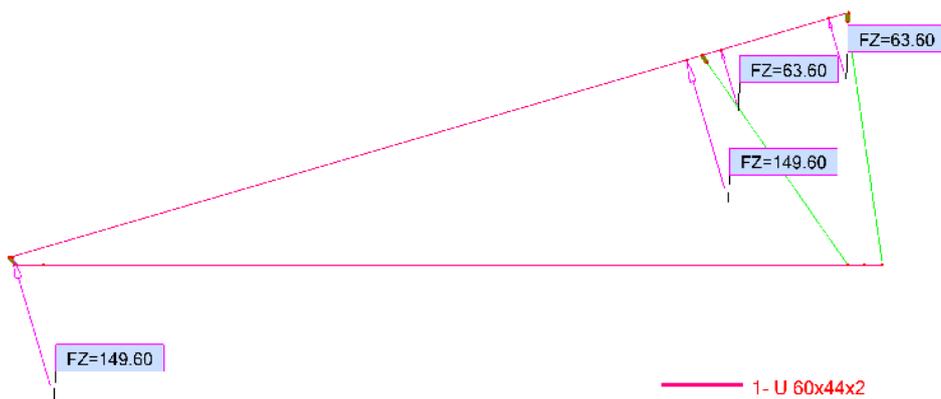
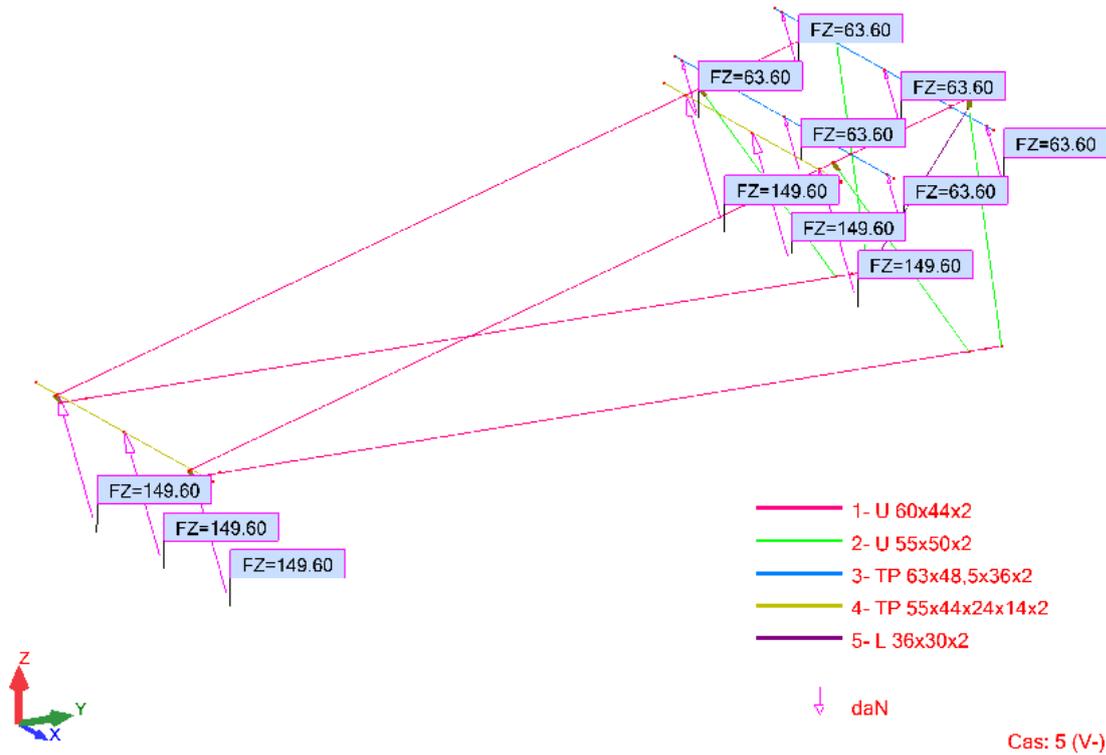
- ✓ Capteur : 6 x 74,8 daN (nœuds 11 à 16),
- ✓ Ballon : 6 x 31,8 daN (nœuds 5 à 10).



Cas 5 - V- (Vent en dépression) :

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

- ✓ Capteur : 6 x 149,6 daN (nœuds 11 à 16),
- ✓ Ballon : 6 x 63,6 daN (nœuds 5 à 10).



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 :

Cas 1 - G1			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/1	-0,00	-30,63	7,46
2/1	0,00	-30,69	7,43
3/1	0,00	30,63	12,02
4/1	-0,00	30,69	12,05
Total	0	0	38,96

Cas 2 - G2			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/2	-0,00	22,18	12,39
2/2	-0,00	22,18	12,39
3/2	-0,00	-22,18	29,61
4/2	0,00	-22,18	29,61
Total	0	0	84

Cas 3 - Q			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/3	-0,00	47,27	12,32
2/3	-0,00	47,27	12,32
3/3	0,00	-47,27	89,68
4/3	0,00	-47,27	89,68
Total	0	0	204

Cas 4 - V+			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/4	-0,00	90,60	129,45
2/4	-0,00	90,60	129,45
3/4	-0,00	-180,42	177,48
4/4	0,00	-180,42	177,48
Total	0,00	-179,64	613,85

Cas 5 - V-			
Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/5	0,00	-181,35	-258,94
2/5	0,00	-181,35	-258,94
3/5	0,00	360,87	-354,95
4/5	-0,00	360,87	-354,95
Total	-0,00	359,03	-1227,78

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 :

ELU			
Noeud / Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
1/ELU/16	0,00>>	-280,48	-368,57
1/ELU/9	-0,00<<	195,40	239,43
1/ELU/13	-0,00	198,36>>	232,49
1/ELU/12	0,00	-283,44<<	-361,62
1/ELU/9	-0,00	195,40	239,43>>
1/ELU/16	0,00	-280,48	-368,57<<
2/ELU/16	0,00>>	-280,55	-368,59
2/ELU/9	-0,00<<	195,31	239,41
2/ELU/13	-0,00	198,29>>	232,47
2/ELU/12	0,00	-283,53<<	-361,65
2/ELU/9	-0,00	195,31	239,41>>
2/ELU/16	0,00	-280,55	-368,59<<
3/ELU/14	0,00>>	478,85	-356,27
3/ELU/11	-0,00<<	-259,23	322,43
3/ELU/12	0,00	552,71>>	-476,22
3/ELU/13	-0,00	-333,09<<	442,38
3/ELU/9	-0,00	-330,13	456,95>>
3/ELU/16	0,00	549,75	-490,79<<
4/ELU/9	0,00>>	-330,04	456,98
4/ELU/16	-0,00<<	549,82	-490,77
4/ELU/12	-0,00	552,80>>	-476,19
4/ELU/13	0,00	-333,02<<	442,40
4/ELU/9	0,00	-330,04	456,98>>
4/ELU/16	-0,00	549,82	-490,77<<

Tableau récapitulatif pour les noeuds 1 à 4 :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	0,00	552,80	456,98
Noeud	4	4	4
Cas	ELU/9	ELU/12	ELU/9
MIN	-0,00	-333,09	-490,79
Noeud	4	3	3
Cas	ELU/16	ELU/13	ELU/16

La cheville la plus sollicitée voit donc les efforts maxi enveloppes suivants :

- ✓ Traction F = 491 daN
- ✓ Cisaillement T = 553 daN

4 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU

4 - 1 - ANALYSE DES U 60x44x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	U 60x44x2	S320GD	99.94	173.84	0.46	6 ELU /16/
102	U 60x44x2	S320GD	99.94	173.84	0.46	6 ELU /16/
103	U 60x44x2	S320GD	100.75	175.24	0.36	6 ELU /16/
104	U 60x44x2	S320GD	100.75	175.24	0.36	6 ELU /16/

L'élément **101** est le plus chargé avec un taux de travail de **46 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour les éléments **101** et **103**.

Elément 101 - U 60x44x2

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: 7

COORDONNEE: x = 0.03 L = 0.080 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: 1- U 60x44x2

h=60.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=44.0 mm	Ay=1.79 cm ²	Az=1.20 cm ²	Ax=2.88 cm ²
tw=2.0 mm	Iy=17.73 cm ⁴	Iz=5.86 cm ⁴	Ix=0.04 cm ⁴
tf=2.0 mm	Wely=5.91 cm ³	Welz=1.94 cm ³	Aeff=2.32 cm ²
		Weff,z=1.46 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 31.08 daN	Mz,Ed = -28.22 daN*m	Vy,Ed = 352.71 daN
Nc,Rd = 9216.00 daN	Mz,el,Rd = 62.18 daN*m	Vy,c,Rd = 3310.76 daN
Nb,Rd = 7432.91 daN	Mz,c,Rd = 62.18 daN*m	
	dMz,Ed = -0.17 daN*m	Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.45 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$N,Ed/Nc,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.46 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\text{Sig},x,Ed^2 + 3*\text{Tau},y,Ed^2)} / (fy/gM0) = 0.44 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.11 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Profil correct !!!

Elément 103 - U 60x44x2

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: 103

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.15 L = 0.380 m

CHARGEMENTS:

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

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa

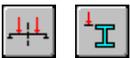


PARAMETRES DE LA SECTION: 1- U 60x44x2

h=60.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=44.0 mm	Ay=1.79 cm ²	Az=1.20 cm ²	Ax=2.88 cm ²
tw=2.0 mm	Iy=17.73 cm ⁴	Iz=5.86 cm ⁴	Ix=0.04 cm ⁴
tf=2.0 mm	Wely=5.91 cm ³	Welz=1.94 cm ³	
	Weff,y=4.57 cm ³	Weff,z=1.94 cm ³	Aeff=2.32 cm ²

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 23.18 daN	My,Ed = -13.35 daN*m	Mz,Ed = 3.43 daN*m	Vy,Ed = -155.17 daN
Nc,Rd = 9216.00 daN	My,Ed,max = -13.35 daN*m	Mz,Ed,max = 9.12 daN*m	Vy,T,Rd = 3274.10 daN
Nb,Rd = 7432.91 daN	My,c,Rd = 189.17 daN*m	Mz,c,Rd = 62.18 daN*m	Vz,Ed = 227.66 daN
	Mb,Rd = 45.71 daN*m		Vz,T,Rd = 2192.48 daN
		dMz,Ed = -0.13 daN*m	Tt,Ed = 0.10 daN*m
			Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00	Mcr = 77.04 daN*m	Courbe,LT - d	XLT = 0.31
Lcr,low=2.500 m	Lam_LT = 1.38	fi,LT = 1.90	

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

kyy = 1.00



en z:

kzz = 1.00

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N,Ed/Nc,Rd + My,Ed/My,c,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.12 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\text{Sig},x,Ed)^2 + 3*(\text{Tau},z,Ed + \text{Tau},tz,Ed)^2} / (fy/gM0) = 0.18 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\text{Tau},ty,Ed / (fy / (\sqrt{3} * gM0)) = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\text{Tau},tz,Ed / (fy / (\sqrt{3} * gM0)) = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$My,Ed,max / Mb,Rd = 0.29 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N,Ed / (Xy * N,Rk / gM1) + kyy * My,Ed,max / (XLT * My,Rk / gM1) + kyz * (Mz,Ed,max + dMz,Ed) / (Mz,Rk / gM1) = 0.36 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed / (Xz * N,Rk / gM1) + kzy * My,Ed,max / (XLT * My,Rk / gM1) + kzz * (Mz,Ed,max + dMz,Ed) / (Mz,Rk / gM1) = 0.36 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Profil correct !!!

4 - 2 - ANALYSE DES U 55x50x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
201	U 55x50x2	S320GD	30.49	43.17	0.05	6 ELU /9/
202	U 55x50x2	S320GD	30.49	43.17	0.05	6 ELU /9/
203	U 55x50x2	S320GD	30.49	43.17	0.13	6 ELU /9/
204	U 55x50x2	S320GD	30.49	43.17	0.13	6 ELU /9/

L'élément **203** est le plus chargé avec un taux de travail de **13 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour les éléments **201** et **203**.

Elément 201 - U 55x50x2

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: 201

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.000 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /9/ 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.50 + 4*1.50

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: 2- U 55x50x2

h=55.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=50.0 mm	Ay=1.94 cm ²	Az=1.00 cm ²	Ax=2.96 cm ²
tw=2.0 mm	Iy=15.82 cm ⁴	Iz=7.90 cm ⁴	Ix=0.04 cm ⁴
tf=2.0 mm	Wely=5.75 cm ³	Welz=2.41 cm ³	
	Weff,y=5.75 cm ³	Weff,z=1.63 cm ³	Aeff=2.16 cm ²

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 147.36 daN			Vy,Ed = -0.15 daN
Nc,Rd = 9472.00 daN	My,eI,Rd = 184.14 daN*m	Mz,Ed,max = 0.03 daN*m	Vy,c,Rd = 3584.19 daN
Nb,Rd = 5979.59 daN	My,c,Rd = 184.14 daN*m	Mz,c,Rd = 77.10 daN*m	
	dMy,Ed = -0.00 daN*m	dMz,Ed = -1.25 daN*m	Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

Ly = 0.705 m	Lam_y = 0.32	Lz = 0.705 m	Lam_z = 0.46
Lcr,y = 0.705 m	Xy = 0.94	Lcr,z = 0.705 m	Xz = 0.87
Lamy = 30.49	kyy = 1.00	Lamz = 43.17	kzz = 1.00

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N,Ed/Nc,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\text{Sig},x,Ed^2 + 3*\text{Tau},y,Ed^2)} / (fy/gM0) = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\text{Lambda},y = 30.49 < \text{Lambda},\text{max} = 210.00 \quad \text{Lambda},z = 43.17 < \text{Lambda},\text{max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N,Ed / (Xy*N,Rk/gM1) + kyy*(My,Ed,\text{max}+dMy,Ed) / (XLT*My,Rk/gM1) + kyz*(Mz,Ed,\text{max}+dMz,Ed) / (Mz,Rk/gM1) = 0.05 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed / (Xz*N,Rk/gM1) + kzy*(My,Ed,\text{max}+dMy,Ed) / (XLT*My,Rk/gM1) + kzz*(Mz,Ed,\text{max}+dMz,Ed) / (Mz,Rk/gM1) = 0.05 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Profil correct !!!

Elément 203 - U 55x50x2

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: 203

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.000 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /9/ 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.50 + 4*1.50

MATERIAU:

S320GD fy = 320.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: 2- U 55x50x2

h=55.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=50.0 mm	Ay=1.94 cm ²	Az=1.00 cm ²	Ax=2.96 cm ²
tw=2.0 mm	Iy=15.82 cm ⁴	Iz=7.90 cm ⁴	Ix=0.04 cm ⁴
tf=2.0 mm	Wely=5.75 cm ³	Welz=2.41 cm ³	
	Weff,y=5.75 cm ³	Weff,z=1.63 cm ³	Aeff=2.16 cm ²

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 386.37 daN			Vy,Ed = -0.62 daN
Nc,Rd = 9472.00 daN	My,eI,Rd = 184.14 daN*m	Mz,Ed,max = 0.11 daN*m	Vy,c,Rd = 3584.19 daN
Nb,Rd = 5979.59 daN	My,c,Rd = 184.14 daN*m	Mz,c,Rd = 77.10 daN*m	
	dMy,Ed = -0.00 daN*m	dMz,Ed = -3.27 daN*m	Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

Ly = 0.705 m	Lam_y = 0.32	Lz = 0.705 m	Lam_z = 0.46
Lcr,y = 0.705 m	Xy = 0.94	Lcr,z = 0.705 m	Xz = 0.87
Lamy = 30.49	kyy = 1.01	Lamz = 43.17	kzz = 1.01

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$N,Ed/Nc,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.04 < 1.00$ (6.2.1(7))
 $\sqrt{(\text{Sig},x,Ed)^2 + 3 \cdot (\text{Tau},y,Ed)^2} / (fy/gM0) = 0.04 < 1.00$ (6.2.1.(5))
 $Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$\Lambda_{y} = 30.49 < \Lambda_{y,max} = 210.00$ $\Lambda_{z} = 43.17 < \Lambda_{z,max} = 210.00$ STABLE
 $N,Ed / (Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot (My,Ed,max + dMy,Ed) / (XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot (Mz,Ed,max + dMz,Ed) / (Mz,Rk/gM1) = 0.12 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N,Ed / (Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot (My,Ed,max + dMy,Ed) / (XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot (Mz,Ed,max + dMz,Ed) / (Mz,Rk/gM1) = 0.13 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

4 - 3 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
301	TP 63x48,5x36x2	S320GD	39.15	106.79	0.12	6 ELU /16/
302	TP 63x48,5x36x2	S320GD	39.15	106.79	0.18	6 ELU /9/

L'élément **302** est le plus chargé avec un taux de travail de **18 %**.

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

Elément 302 - TP 63x48,5x36x2

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 = 0.80 L = 1.005 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 6 ELU /9/ 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.50 + 4*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:

My,Ed = -20.40 daN*m	Mz,Ed = -8.92 daN*m	Vy,Ed = -43.87 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 = 100.25 daN
		Vz,T,Rd = 3523.86 daN
		Tt,Ed = -2.30 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:

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.18 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

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

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

Profil correct !!!

4 - 4 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	TP 55x44x24x14x2	S320GD	51.03	79.52	0.45	6 ELU /14/
402	TP 55x44x24x14x2	S320GD	51.03	79.52	0.54	6 ELU /16/

L'élément **402** est le plus chargé avec un taux de travail de **54 %**.

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

Élément 402 - TP 55x44x24x14x2

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: 7

COORDONNEE: x = 0.50 L = 0.505 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 cm ²	Az=1.79 cm ²	Ax=2.53 cm ²
tw=0.0 mm	Iy=9.91 cm ⁴	Iz=4.08 cm ⁴	Ix=0.03 cm ⁴
tf=0.0 mm	Wply=4.38 cm ³	Wplz=2.82 cm ³	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 6.31 daN	My,Ed = -31.34 daN*m	Mz,Ed = -28.49 daN*m	Vy,Ed = 85.75 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 = -68.58 daN
	MN,y,Rd = 140.10 daN*m	MN,z,Rd = 90.12 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = -1.99 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:

$$N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$My,Ed/MN,y,Rd = 0.22 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.32 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(My,Ed/MN,y,Rd)^{1.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.54 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

$$Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Profil correct !!!

4 - 5 - ANALYSE DE LA TOLE PLIEE L 36x30x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
501	L 36x30x2	S320GD	38.74	83.39	0.01	6 ELU /9/

L'élément **501** est le plus chargé avec un taux de travail de **1 %**.

Sont décrits aux pages suivantes les calculs détaillés aux Eurocodes pour l'élément **501**.

Elément 501 - L 36x30x2

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: 501

POINT: 4

COORDONNEE: *x = 0.50 L = 0.518 m*

CHARGEMENTS:

*Cas de charge décisif: 6 ELU /9/ 1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.50 + 4*1.50*

MATERIAU:

S320GD *fy = 320.00 MPa*



PARAMETRES DE LA SECTION: 5- L 36x30x2

h=36.0 mm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=30.0 mm

Ay=0.60 cm²

Az=0.72 cm²

Ax=1.25 cm²

tw=2.0 mm

Iy=2.24 cm⁴

Iz=0.48 cm⁴

Ix=0.02 cm⁴

tf=2.0 mm

Wely=0.89 cm³

Welz=0.37 cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

My,Ed = 0.12 daN*m

Mz,Ed = 0.05 daN*m

My,eI,Rd = 28.56 daN*m

Mz,eI,Rd = 11.73 daN*m

My,c,Rd = 28.56 daN*m

Mz,c,Rd = 11.73 daN*m

Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

My,Ed/My,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.5.(1))

Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.5.(1))

My,Ed/My,c,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.1(7))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.01 < 1.00 (6.3.3.(4))

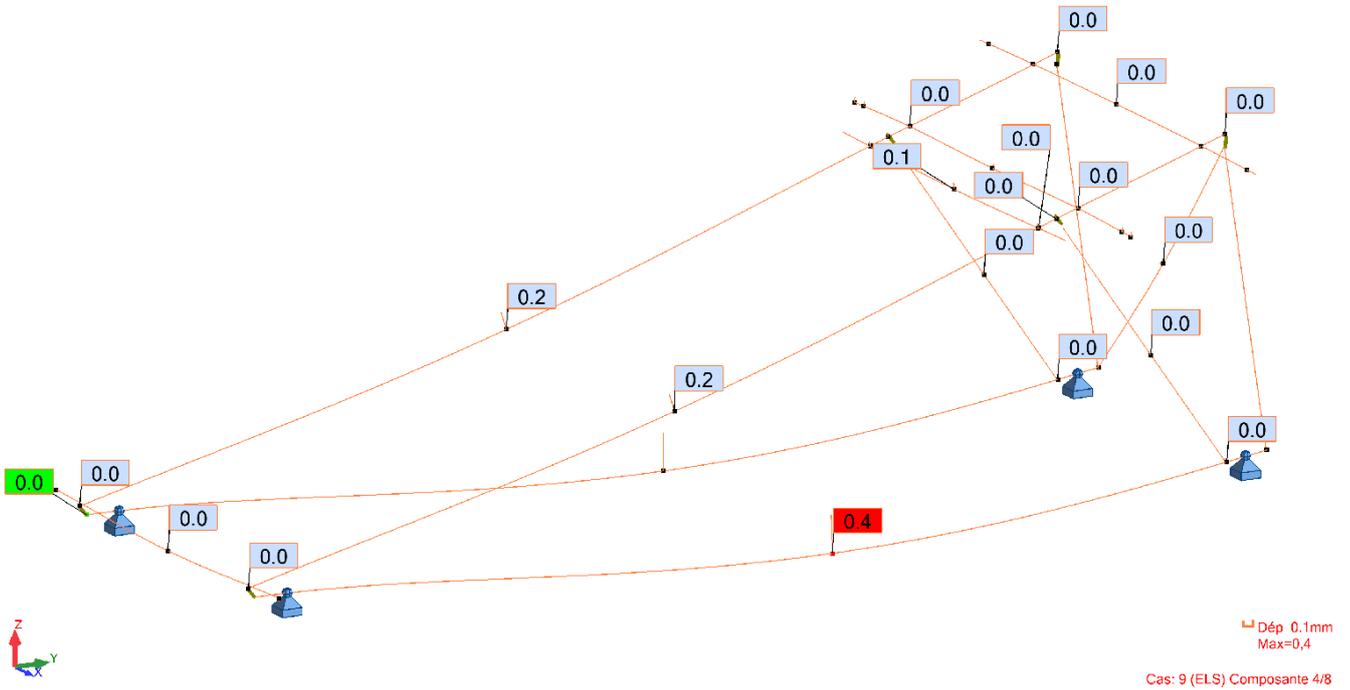
Profil correct !!!

5 - **STRUCTURE : ETUDE AUX ELS**

5 - 1 - DEFORMEE : G

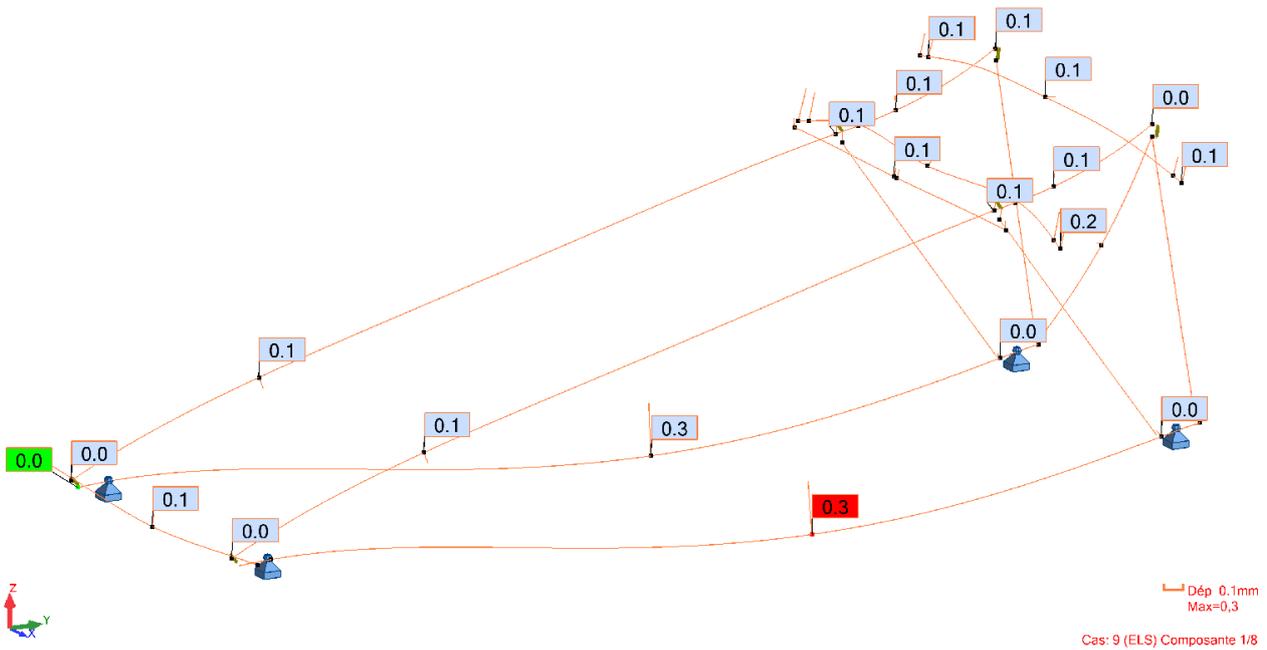
Déformée ELS/4 = G1 + G2

(charges permanentes seules)



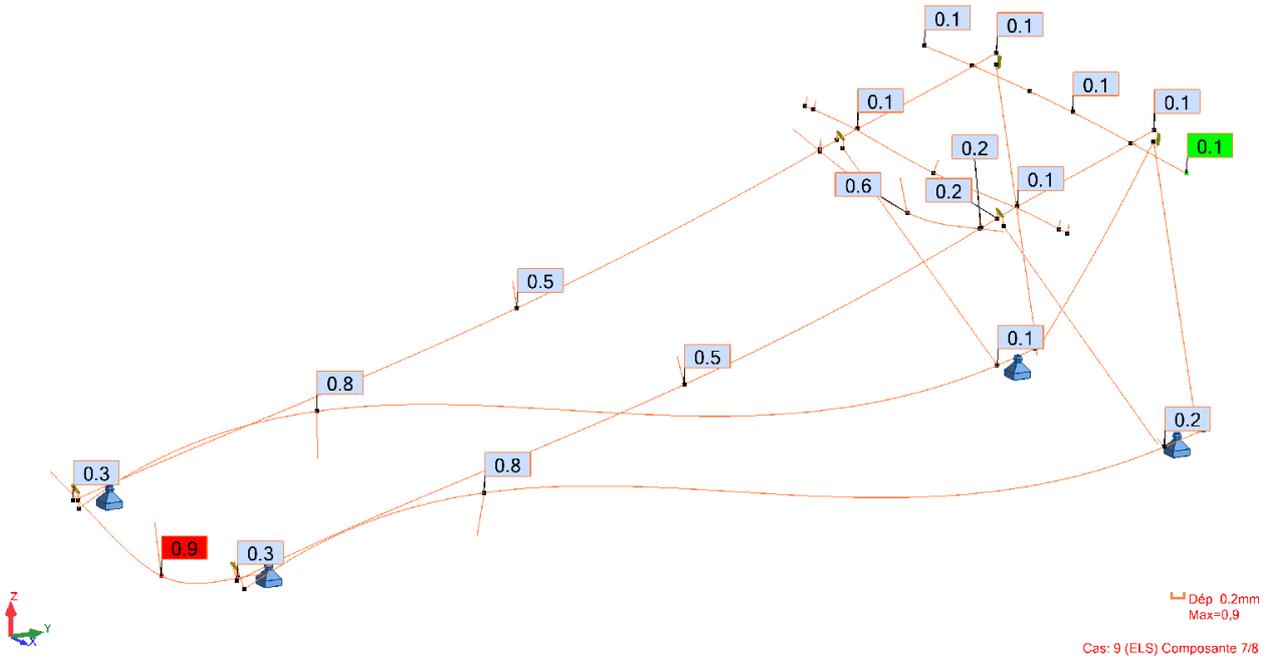
5 - 2 - DEFORMEE : G + Q

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

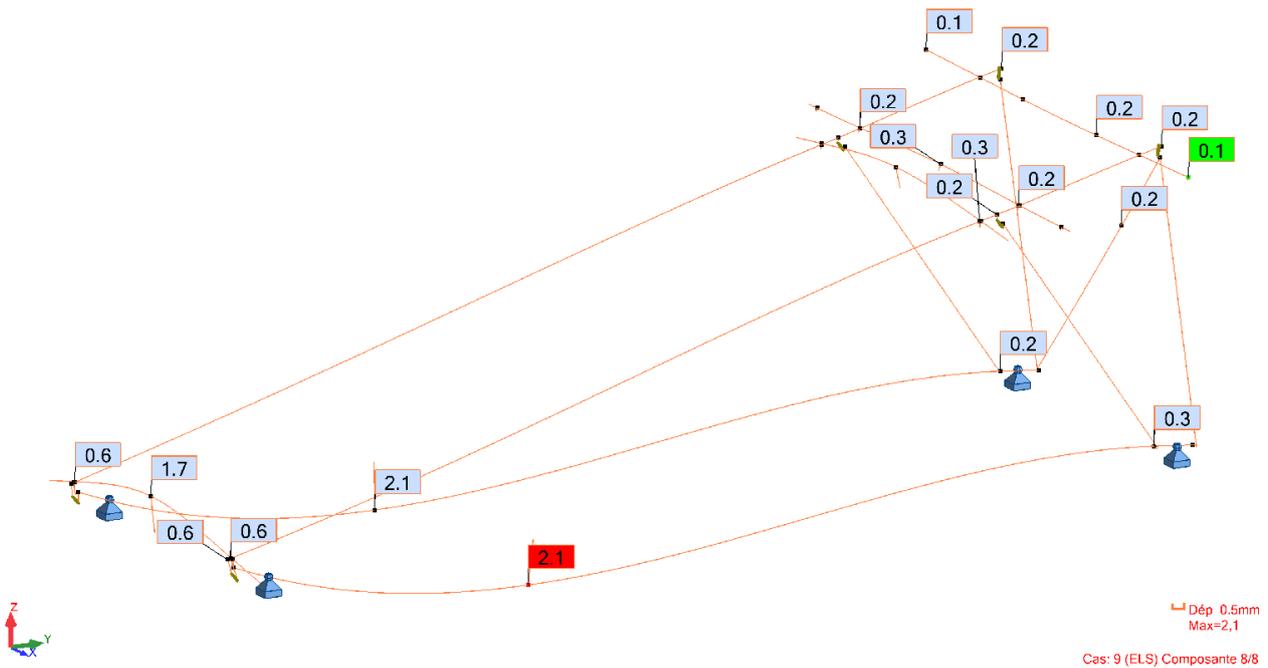


5 - 1 - DEFORMEE : G + V

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



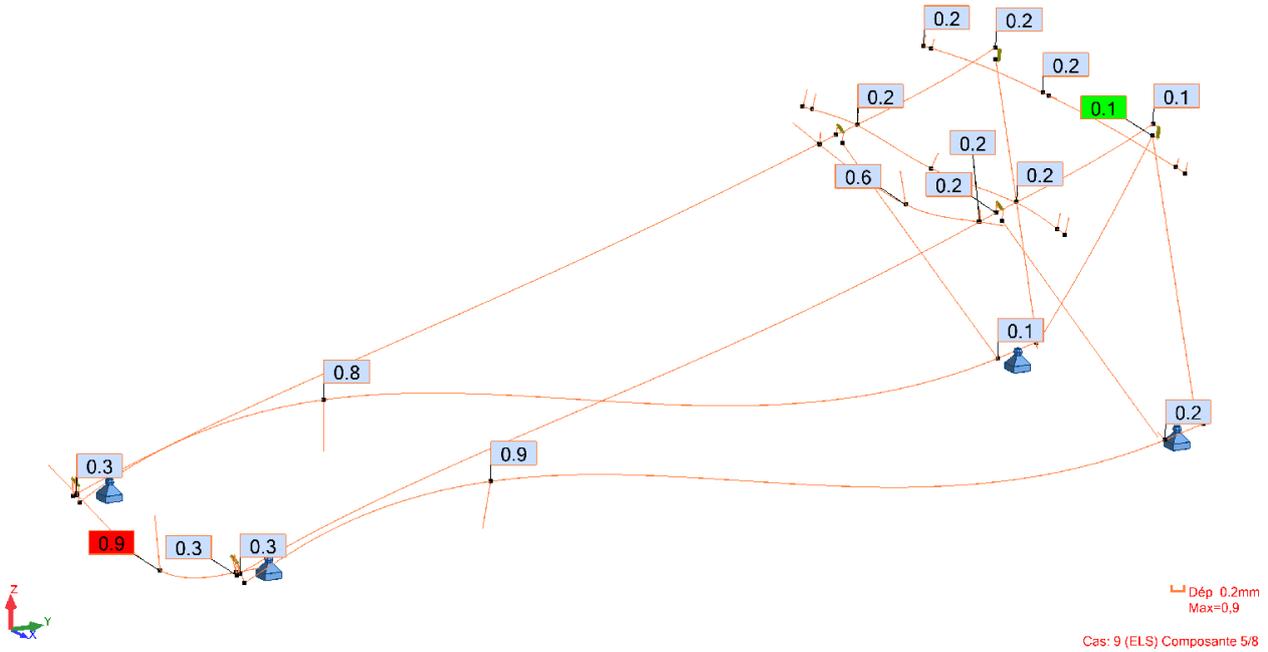
Déformée ELS/8 = G1 + G2 + V-
(charges permanentes + vent en dépression)



5 - 2 - DEFORMEE : G + Q + V

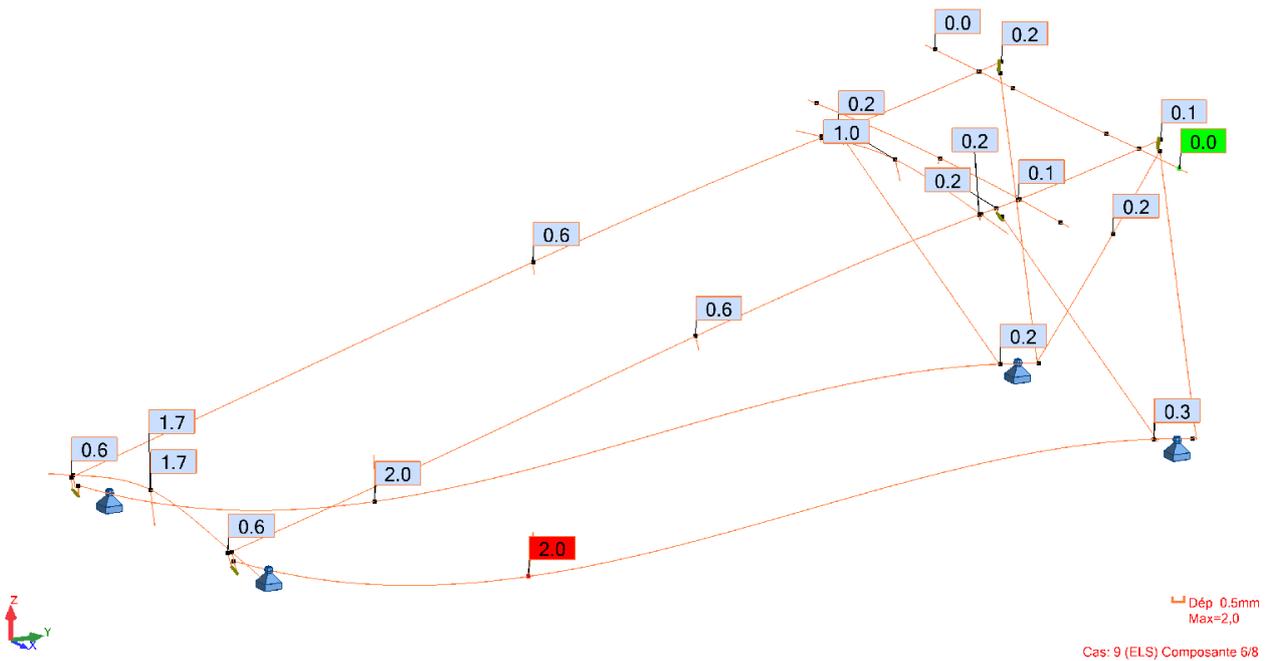
Déformée ELS/5 = G1 + G2 + Q + V+

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



Déformée ELS/6 = G1 + G2 + Q + V-

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



6 - VERIFICATION DES LIAISONS

6 - 1 - CHEVILLAGES DANS LES PLOTS BETON

Le châssis est fixé sur des plots en béton C20/25 mini d'une toiture terrasse au moyen de 4 chevilles métalliques HILTI HSA M10 hnom3 (ou équivalent). On utilise une cheville par plot.

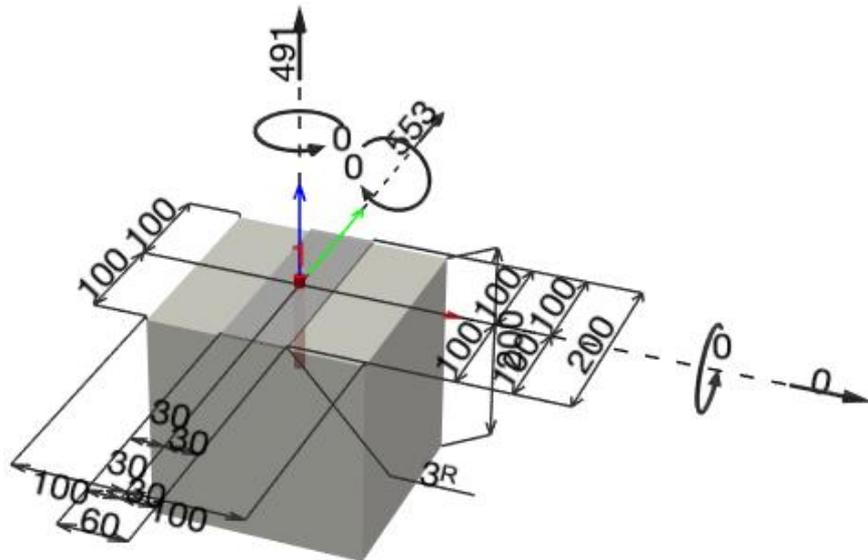
La cheville la plus sollicitée voit les efforts maxi enveloppes suivants (cf §3-2) :

- ✓ Traction $F = 491$ daN
- ✓ Cisaillement $T = 553$ daN

On considère un béton non fissuré C20/25 d'épaisseur mini 200 mm.

La cheville est considérée à 100 mm des bords de béton.

On présente aux pages suivantes le rapport de calcul réalisé avec le logiciel HILTI PROFIS Engineering 3.0.63.





Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société: E.M.S.
 Adresse: 4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH
 Tel | Fax: 06 87 52 72 21 |
 Design: HSA M10 hnom3
 Sous projet | Pos. N°: DOM

Page: 1
 Prescripteur: J. BERTHELOT
 E-mail: etudes-ems@wanadoo.fr
 Date: 26/11/2020

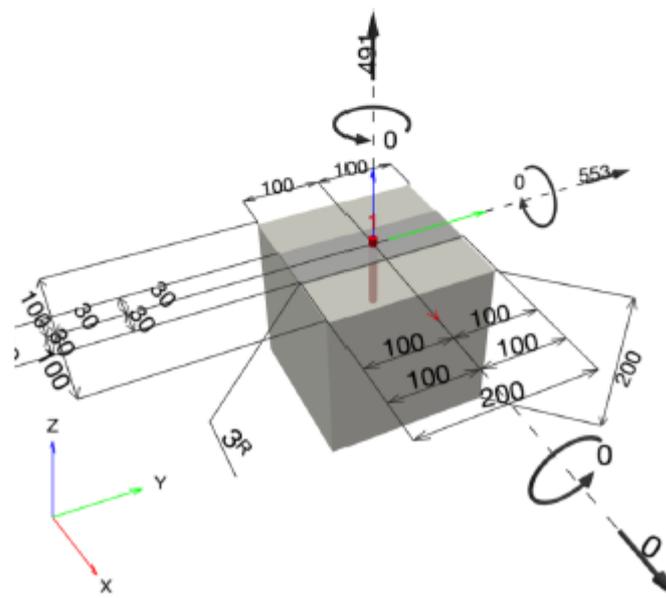
Commentaires du spécificateur:

1 Données d'entrée

Type et diamètre de la cheville:	HSA M10 hnom3	
Période de retour (durée de vie en années):	50	
Code d'article:	2067314 HSA M10x120 57/47/17	
Profondeur d'implantation effective:	$h_{ef} = 80,0$ mm, $h_{nom} = 90,0$ mm	
Matériau:		
Homologation:	ETA 11/0374	
Délivré Validité:	28/08/2017 -	
Méthode de calcul:	Méthode de calcul ETAG (ETAG 001, Annexe C/2010)	
Montage avec écartement:	$e_b = 0,0$ mm (sans écartement); $t = 3,0$ mm	
Platine ^R :	$l_x \times l_y \times t = 60,0$ mm x 200,0 mm x 3,0 mm; (Epaisseur de platine recommandée: non calculé)	
Profil:	pas de profil	
Matériau de base:	Béton non fissuré béton, C20/25, $f_{c,cube} = 25,00$ N/mm ² ; $h = 200,0$ mm	
Installation:	trou foré avec perforateur, condition d'installation: sec	
Renforcement:	Pas de renforcement ou distance entre armatures ≥ 150 mm (tous \emptyset) ou ≥ 100 mm ($\emptyset \leq 10$ mm) Pas de renforcement de bord longitudinal	

^R - Le calcul de la cheville est réalisé avec l'hypothèse d'une platine rigide.

Géométrie [mm] & Charges [daN, daNm]





Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	2
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	06 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

1.1 Combinaison de charges

Cas	Description	Forces [daN] / Moment [daNm]	Sismique	Feu	Util. max. Cheville [%]
1	Combinaison 1	N = 491,0; V _x = 0,0; V _y = 553,0; M _x = 0,0; M _y = 0,0; M _z = 0,0;	non	non	77

2 Cas de charges/Charges résultantes sur les chevilles

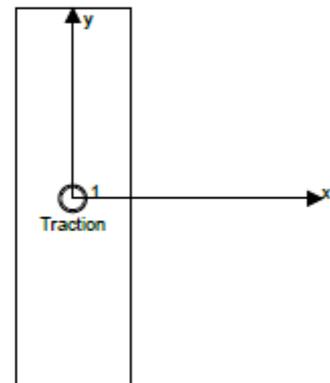
Réactions des chevilles [daN]

Traction: (+Traction, -Compression)

Cheville	Traction	Cisaillement	Cisaillement x	Cisaillement y
1	491,0	553,0	0,0	553,0

Déformation max à la compression du béton: - [‰]
 Contrainte max à la compression du béton: - [N/mm²]
 Charges de traction résultantes dans (x/y)=(0,0/0,0): 491,0 [daN]
 Charges de compression résultantes dans (x/y)=(0,0/0,0): 0,0 [daN]

Les forces sur les chevilles sont calculées avec l'hypothèse d'une platine rigide.





Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	3
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	06 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

3 Traction (ETAG annexe C, § 5.2.2)

	Charge [daN]	Capacité [daN]	Utilisation β_u [%]	Statut
Rupture acier*	491,0	2000,0	25	OK
Rupture par extraction/glisserment*	491,0	1666,7	30	OK
Rupture par cône de béton**	491,0	1832,6	27	OK
Rupture par fendage**	491,0	1601,0	31	OK

* cheville la plus défavorable ** groupe de chevilles (chevilles en traction)

3.1 Rupture acier

$$N_{Sd} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.2.1}$$

$N_{Rk,s}$ [daN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [daN]	N_{Sd} [daN]
2600,0	1,400	2000,0	491,0

3.2 Rupture par extraction/glisserment

$$N_{Sd} \leq N_{Rd,p} = \frac{\psi_c \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{M,p}} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.2.1}$$

$N_{Rk,p}$ [daN]	ψ_c	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [daN]	N_{Sd} [daN]
2500,0	1,000	1,500	1666,7	491,0



Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	4
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	06 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

3.3 Rupture par cône de béton

$$N_{Sd} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.2.1}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt[3]{d_{cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2a)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2b)}$$

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2c)}$$

$$\Psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1,00 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2d)}$$

$$\Psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,N}}} \leq 1,00 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)}$$

$$\Psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,N}}} \leq 1,00 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)}$$

$$h_{ef} = \max\left(\frac{c_{max}}{c_{cr,N}}, \frac{s_{max}}{s_{cr,N}}\right) \cdot h_{ef} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
40 000	40 000	120,0	240,0		
h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
66,7	100,0	200,0			
$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [daN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [daN]	N_{Sd} [daN]	
10,100	2 748,9	1,500	1 832,6	491,0	

Groupe ID cheville
 1



Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	5
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	06 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

3.4 Rupture par fendage

$$N_{Sd} \leq N_{Rd,sp} = \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_{M,sp}} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.2.1}$$

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{rs,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{h,sp} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.3)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{F_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2a)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,sp} \cdot s_{cr,sp} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2b)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,sp}} \leq 1,00 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2c)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,sp}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,sp}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)}$$

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} \leq 1,5 \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.3a)}$$

$$h_{ef} = \max \left(\frac{c_{max}}{c_{cr,sp}}, \frac{s_{max}}{s_{cr,sp}} \right) \cdot h_{ef} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.3a)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$		
40 000	40 000	145,0	290,0	1,160		
h_{ef} [mm]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]				
55,2	100,0	200,0				
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{rs,N}$	k_1
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	10,100
$N_{Rk,c}^0$ [daN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [daN]	N_{Sd} [daN]			
2 089,5	1,500	1 601,0	491,0			

Groupe ID cheville

1



Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	6
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	06 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

4 Cisaillement (ETAG annexe C, § 5.2.3)

	Charge [daN]	Capacité [daN]	Utilisation β_v [%]	Statut
Rupture acier (sans bras de levier)*	553,0	1 512,0	37	OK
Rupture acier (avec bras de levier)*	NA	NA	NA	NA
Rupture par effet de levier**	553,0	4 398,2	13	OK
Rupture béton en bord de dalle en direction y+**	553,0	777,6	72	OK

* cheville la plus défavorable ** groupe de chevilles (chevilles pertinentes)

4.1 Rupture acier (sans bras de levier)

$$V_{Sd} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.3.1}$$

$V_{Rk,s}$ [daN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [daN]	V_{Sd} [daN]
1 890,0	1,250	1 512,0	553,0



Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	7
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	06 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

4.2 Rupture par effet de levier

$$V_{Sd} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{M,c,p}}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}^0}{A_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$$

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00$$

$$\Psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1,00$$

$$\Psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c1,V}}{s_{cr,N}}} \leq 1,00$$

$$\Psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c2,V}}{s_{cr,N}}} \leq 1,00$$

$$h_{ef} = \max\left(\frac{c_{max}}{c_{cr,N}}, \frac{s_{max}}{s_{cr,N}}\right) \cdot h_{ef}$$

ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.3.1
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.6)
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2)
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2a)
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2b)
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2c)
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2d)
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)
 ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	
40 000	40 000	120,0	240,0	2,400	
h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
66,7	100,0	200,0			
$e_{c1,V}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [daN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [daN]	V_{Sd} [daN]		
2 748,9	1,500	4 398,2	553,0		

Groupe ID cheville
 1



Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	8
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	08 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

4.3 Rupture béton en bord de dalle en direction y+

$V_{sd} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}}$	ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.3.1
$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,v}}{A_{c,v}^0} \cdot \Psi_{s,v} \cdot \Psi_{h,v} \cdot \Psi_{\alpha,v} \cdot \Psi_{ec,v} \cdot \Psi_{re,v}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7)
$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{tk,cube}} \cdot c_1^{1,5}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7a)
$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0,5}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7b)
$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7c)
$A_{c,v}^0 = 4,5 \cdot c_1^2$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7d)
$\Psi_{s,v} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7e)
$\Psi_{h,v} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h}\right)^{0,5} \geq 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7f)
$\Psi_{\alpha,v} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_v)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_v}{2,5}\right)^2}} \geq 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7g)
$\Psi_{ec,v} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c,v}}{3 \cdot c_1}} \leq 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7h)

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_1	α	β		
80,0	10,00	2,400	0,089	0,063		
c_1 [mm]	$A_{c,v}$ [mm ²]	$A_{c,v}^0$ [mm ²]				
100,0	30 000	45 000				
$\Psi_{s,v}$	$\Psi_{h,v}$	$\Psi_{\alpha,v}$	$e_{c,v}$ [mm]	$\Psi_{ec,v}$	$\Psi_{re,v}$	
0,900	1,000	1,000	0,0	1,000	1,000	
$V_{Rk,c}^0$ [daN]	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [daN]	V_{sd} [daN]			
1 944,0	1,500	777,6	553,0			



Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	9
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	06 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

5 Charges combinées traction et cisaillement (ETAG annexe C, § 5.2.4)

Rupture acier

β_N	β_V	α	Utilisation $\beta_{N,V}$ [%]	Statut
0,307	0,711	1,500	77	OK

$$\beta_N^{\alpha} + \beta_V^{\alpha} \leq 1,0$$

6 Déplacements (cheville la plus défavorable)

Charge à court terme:

N_{sk} = 363,7 [daN]	δ_N = 0,6113 [mm]
V_{sk} = 409,6 [daN]	δ_V = 0,7586 [mm]
	δ_{NV} = 0,9742 [mm]

Charge à long terme

N_{sk} = 363,7 [daN]	δ_N = 0,7335 [mm]
V_{sk} = 409,6 [daN]	δ_V = 1,1379 [mm]
	δ_{NV} = 1,3538 [mm]

Commentaires: Les déplacements en traction sont valides avec la moitié des couples de serrage requis pour Béton non fissuré Béton ! Les déplacements en cisaillement sont valides sans friction entre le béton et la platine ! L'espace entre le trou foré et le trou de passage n'est pas inclus dans ce calcul!

Les déplacements acceptables dépendent de la construction fixée et doivent être définis par le concepteur !

7 Avertissements

- La redistribution des charges sur les chevilles suite à la déformation élastique de la platine n'est pas prise en compte. La platine est supposée suffisamment rigide pour ne pas se déformer lorsqu'elle mise en charge.
- La vérification du transfert de charge dans le matériau de base est nécessaire selon ETAG annexe C, § 7! Le logiciel considère que le mortier est installé sous la platine sans création de vide et avant application de la charge.
- Le calcul n'est valide que si le diamètre du trou de passage n'est pas supérieur à la valeur donnée dans le Tableau 4.1 de l'annexe C du guide ETAG 001! Pour des diamètres plus importants du trou de passage, voir le chapitre 1.1. de l'annexe C du Guide ETAG 001!
- La liste d'accessoires donnée dans cette note de calcul est pour information uniquement. Dans tous les cas, les instructions de pose fournies avec le produit doivent être respectées pour assurer une installation correcte.
- Les adhérences caractéristiques dépendent de la période de retour (durée de vie en années): 50

La fixation remplit les critères de conception !



Hilti PROFIS Engineering 3.0.65

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	10
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel Fax:	08 87 52 72 21	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	26/11/2020
Sous projet Pos. N°:	DOM		

8 Données de pose

Platine, acier: S 235; E = 210 000,00 N/mm²; $f_{yk} = 235,00$ N/mm²

Profil: pas de profil

Diamètre du trou de passage: $d_t = 12,0$ mm

Epaisseur de platine (entrée): 3,0 mm

Epaisseur de platine recommandée: non calculé

Méthode de perçage: Perçage au perforateur

Nettoyage: Un nettoyage manuel du trou est requis conformément aux instructions de pose.

Type et diamètre de la cheville: HSA M10 hnom3

Code d'article: 2067314 HSA M10x120 57/47/17

Couple de serrage: 25 Nm

Diamètre du trou dans le matériau de base: 10,0 mm

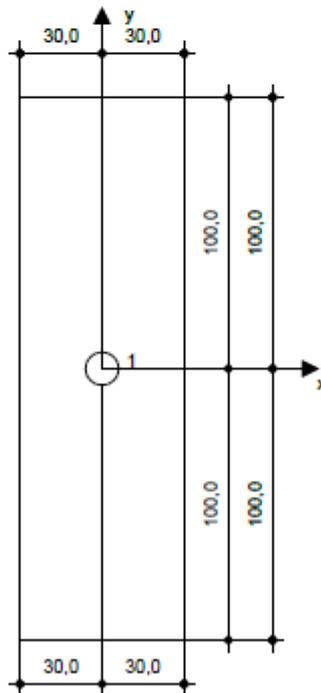
Profondeur du trou dans le matériau de base: 95,0 mm

Epaisseur minimum du matériau de base: 160,0 mm

Goujon Hilti HSA M10 hnom3 en Acier électrozingué, profondeur 90 mm, installation par vissage à couple contrôlé selon ETA 11/0374

8.1 Accessoires recommandés

Perçage	Nettoyage	Pose
<ul style="list-style-type: none"> Perçage en rotation uniquement préférable Mèche 	<ul style="list-style-type: none"> Pompe soufflante manuelle 	<ul style="list-style-type: none"> Vissage de la cheville à couple contrôlé avec boulonneuse ou clé dynamométrique appropriée Marteau



Coordonnées des chevilles [mm]

Cheville	x	y	c_{ix}	c_{iy}
1	0,0	0,0	100,0	100,0

6 - 2 - TENUE DES VIS DE FIXATION DU CAPTEUR ET DU BALLON

Le capteur et le ballon sont fixés, chacun, au moyen de 6 vis H M8 en INOX A4-50 mini.
 Les 6 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 897,8 daN (cf §2-6).

De manière conservatrice, 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 $897,8 \text{ daN} / 6 = 149,6 \text{ daN}$

Sous chargement ELU, cet effort par vis devient $1,5 \times 149,6 \text{ daN} = 224,5 \text{ daN}$

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-50 ($R_e > 210 \text{ MPa}$ et $R_m > 500 \text{ MPa}$),
- ✓ Section résistante de la vis : $A = 36,6 \text{ mm}^2$,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU							
Cisaillement	$F_{v,Ed} =$	224,5	daN				
Traction	$F_{t,Ed} =$	0	daN				
Vérifications							
Cisaillement partie fileté	(O/N)	O					
Boulon tête fraisée	(O/N)	N					Ratio
Cisaillement	$F_{v,Ed} =$	224,5	daN	<	$F_{v,Rd} =$	878	daN 0,26 OK
Pression diamétrale	$F_{b,Ed} =$	224,5	daN	<	$F_{b,Rd} =$	1 248	daN 0,18 OK
Traction	$F_{t,Ed} =$	0	daN	<	$F_{t,Rd} =$	1 318	daN 0,00 OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed} +$	$F_{v,Ed}$		=			0,26 OK
	$F_{v,Rd}$	$1,4 F_{t,Rd}$					

Le taux de travail maxi est de 26 %.

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

6 - 3 - TENUE DES VIS DE FIXATION DES TRAVERSES SUR LE CHASSIS

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 897,8 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 $897,8 \text{ daN} / 4 = 224,5 \text{ daN}$

Sous chargement ELU, cet effort par vis devient $1,5 \times 224,5 \text{ daN} = 336,7 \text{ daN}$

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-50 ($Re > 210 \text{ MPa}$ et $Rm > 500 \text{ MPa}$),
- ✓ Section résistante de la vis : $A = 36,6 \text{ mm}^2$,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU							
Cisaillement	$F_{v,Ed} =$	0	daN				
Traction	$F_{t,Ed} =$	336,7	daN				
Vérifications							
Cisaillement partie fileté	(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	$F_{t,Ed} =$	336,7	daN	<	$F_{t,Rd} =$	1 318	daN 0,26 OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed} +$	$F_{v,Ed}$		=			0,18 OK
	$F_{v,Rd}$	1,4	$F_{t,Rd}$				

Le taux de travail maxi est de 26 %.

Les vis de liaison des traverses sur le châssis sont donc validées.

6 - 4 - TENUE DES VIS DES ARTICULATIONS

Chaque articulation est assurée par une vis M8 en INOX A4-50 mini et un écrou NYLSTOP. Il s'agit des articulations aux extrémités des U 55x50x2 (élément 201 à 204) et en bout des longerons 101 et 102. On tire du modèle de calcul les efforts maxi en traction ou compression dans les éléments 201 à 204, et les combinaisons de charges ELU associées :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
MAX	386,37	352,90	0,00
Barre	204	102	102
Noeud	29	20	19
Cas	ELU/9	ELU/16	ELU/9
MIN	-503,11	-225,02	-0,00
Barre	203	101	102
Noeud	27	18	19
Cas	ELU/16	ELU/9	ELU/16

L'effort maxi dans l'articulation la plus sollicitée est donc de 503 daN (nœud 27 / élément 203). Cet effort génère du cisaillement double dans la vis de liaison.

L'effort ELU de cisaillement maxi par vis est de $503 \text{ daN} / 2 = 251,5 \text{ daN}$

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-50 ($R_e > 210 \text{ MPa}$ et $R_m > 500 \text{ MPa}$),
- ✓ Section résistante de la vis : $A = 36,6 \text{ mm}^2$,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU							
Cisaillement	$F_{v,Ed} =$	251,5	daN				
Traction	$F_{t,Ed} =$	0	daN				
Vérifications							
Cisaillement partie fileté	(O/N)	O					
Boulon tête fraisée	(O/N)	N					Ratio
Cisaillement	$F_{v,Ed} =$	251,5	daN	<	$F_{v,Rd} =$	878	daN 0,29 OK
Pression diamétrale	$F_{b,Ed} =$	251,5	daN	<	$F_{b,Rd} =$	1 248	daN 0,20 OK
Traction	$F_{t,Ed} =$	0	daN	<	$F_{t,Rd} =$	1 318	daN 0,00 OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed} +$	$F_{v,Ed}$	=				0,29 OK
	$F_{v,Rd}$	$1,4 F_{t,Rd}$					

Le taux de travail maxi est de 29 %.

Les vis des articulations sont donc validées.