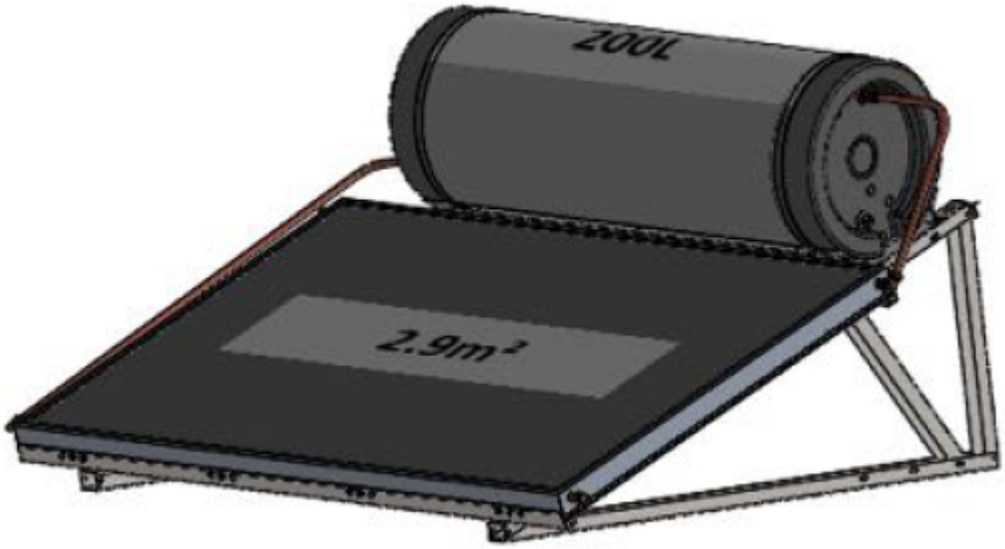
NOTE DE CALCUL

SUPPORT CESI POUR TOITURE TERASSE
(BALLON 200L - CAPTEUR 2,9m²)
CESI 201-29H_V20



REF Client :	**N° Commande :**
DAK INDUSTRIES	BPA du 06/10/2020

EVOLUTION DU DOSSIER

INDICE	DATE	MODICATIONS	REDACTEUR	VERIFICATEUR
A	14/04/2021	Création	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 13
2 - 7 - COMBINAISONS DE CHARGES 19
3 - REACTIONS AUX APPUIS 20
3 - 1 - REACTIONS ELEMENTAIRES 20
3 - 2 - REACTIONS ENVELOPPES (ELU) 21
4 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU 22
4 - 1 - ANALYSE DES U 60x44x2 22
4 - 2 - ANALYSE DES U 50x55x2 25
4 - 3 - ANALYSE DES TP 63x48,5x36x2 28
4 - 4 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2 30
4 - 5 - ANALYSE DE LA TOLE PLIEE L 36x30x2 32
5 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS 34
5 - 1 - DEFORMEE : G 34
5 - 2 - DEFORMEE : G + Q 35
5 - 1 - DEFORMEE : G + V 36
5 - 2 - DEFORMEE : G + Q + V 38
6 - VERIFICATION DES LIAISONS 40
6 - 1 - CHEVILLAGES DANS LES PLOTS BETON 40
6 - 2 - TENUE DES VIS DE FIXATION DU CAPTEUR ET DU BALLON 51
6 - 3 - TENUE DES VIS DE FIXATION DES TRAVERSES SUR LE CHASSIS 52

6 - 4 - TENUE DES VIS DES ARTICULATIONS 53

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 2,9 m² défini par le document « Données pour NdC Gamme CESI 201-29H_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 (45 daN),
- ✓ Poids propre du capteur à vide (47 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le ballon (195 daN),
- ✓ Charge d'eau dans le capteur (5 daN)
- ✓ Charges de vent (cf §1-3).

Les calculs de structure sont réalisés sur Robot Structural Analysis 2021. Les calculs de chevillages sur le logiciel HILTI PROFIS Engineering 3.0.68.

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 règlementation.

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

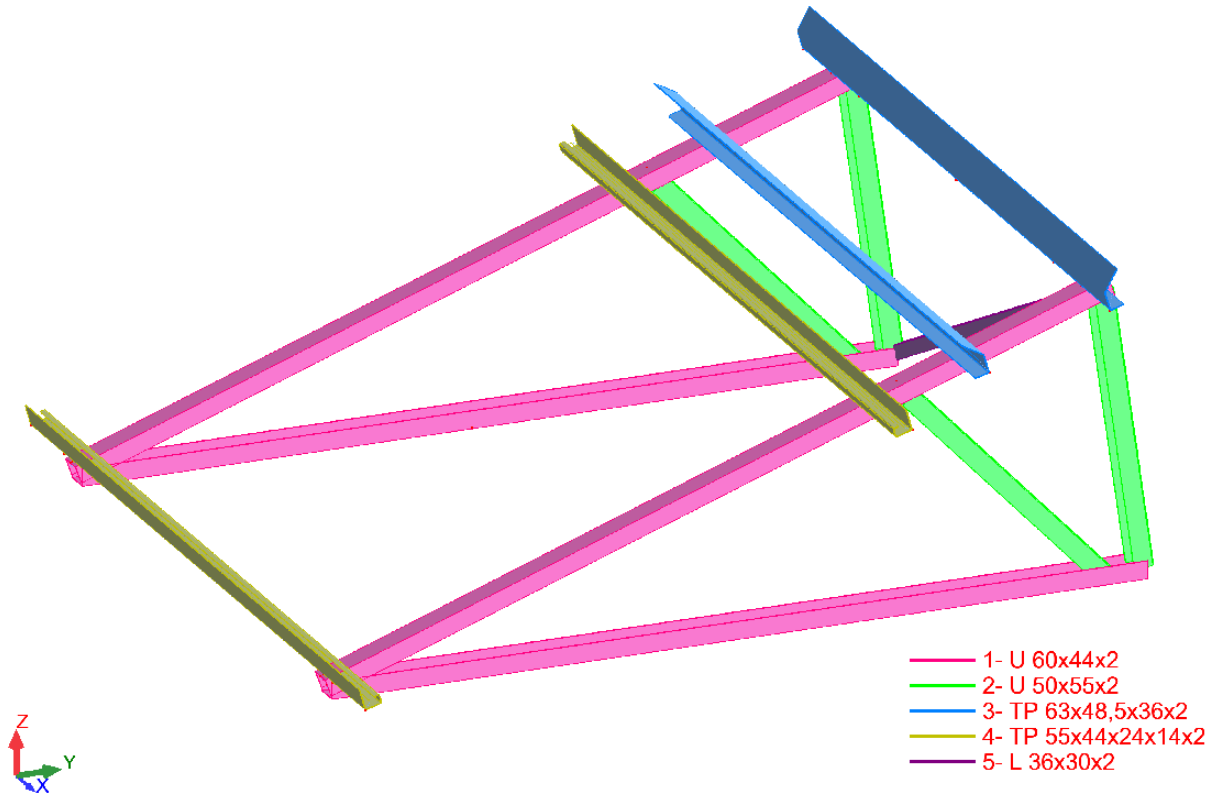
2 - 1 - PREAMBULE

Le châssis est prévu pour être fixé sur des plots en béton C30/37 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 1950 mm x 1500 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.

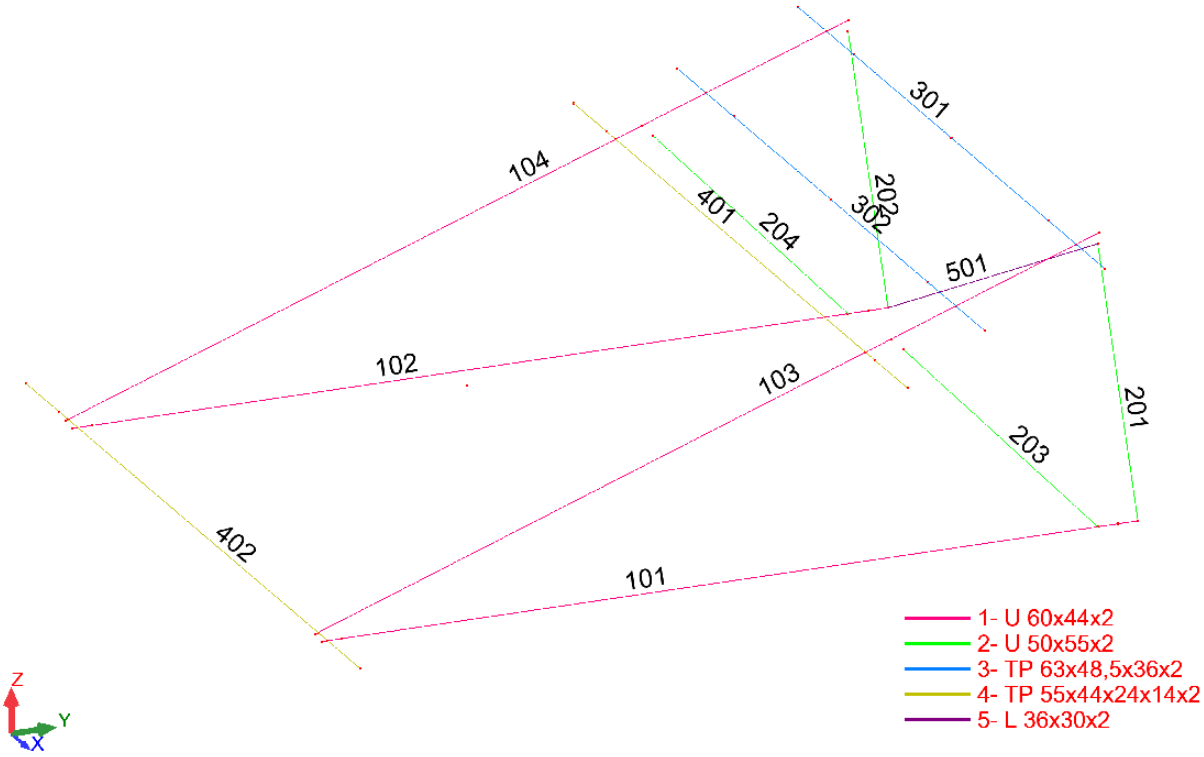
2 - 2 - GEOMETRIE

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

Modèle de calcul :

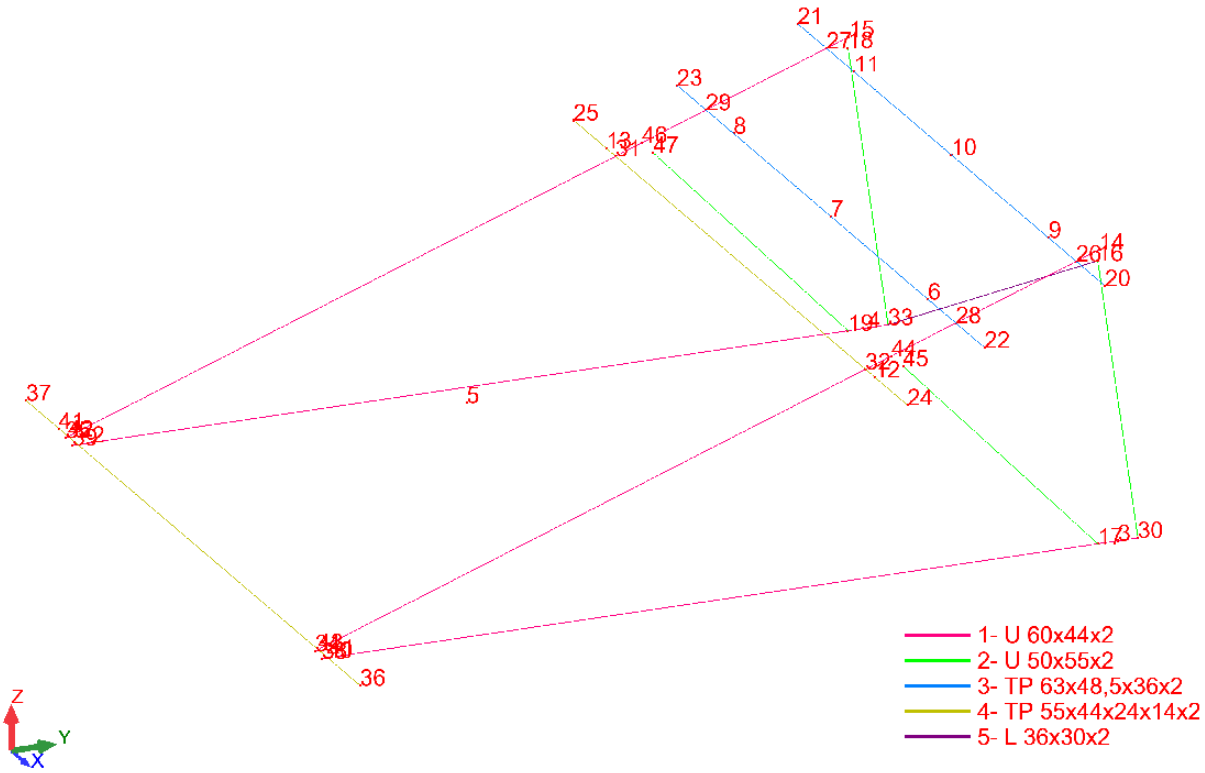


Eléments :



Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	L [m]
101	49	45	1- U 60x44x2	2,040
102	46	51	1- U 60x44x2	2,040
103	21	22	1- U 60x44x2	2,081
104	23	24	1- U 60x44x2	2,081
201	45	25	2- U 55x50x2	0,705
202	51	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 63x48,5x36x2	1,846
302	33	34	3- TP 63x48,5x36x2	1,846
401	36	35	4- TP 55x44x24x14x2	2,006
402	37	38	4- TP 55x44x24x14x2	2,006
501	51	25	5- L 36x30x2	1,657

Nœuds :



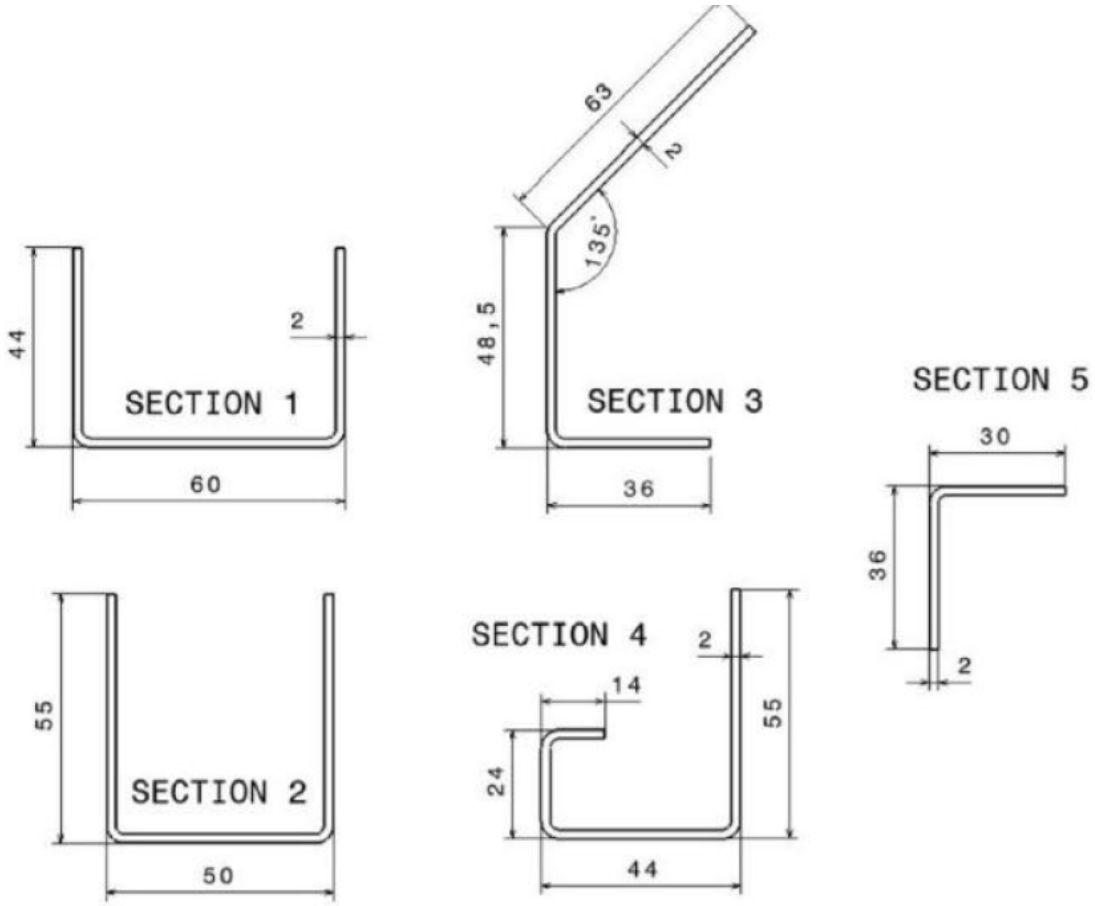
Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0,750	-1,990	0,0
2	-0,750	-1,990	0,0
3	0,750	-0,050	0,000
4	-0,750	-0,050	0,000
5	0,0	-1,366	0,269
6	0,584	-0,455	0,596
7	0,0	-0,455	0,596
8	-0,584	-0,455	0,596
9	0,584	-0,154	0,704
10	0,0	-0,154	0,704
11	-0,584	-0,154	0,704
12	0,806	-0,681	0,515
13	-0,806	-0,681	0,515
14	0,750	-0,098	0,725
15	-0,750	-0,098	0,725
16	0,750	-0,100	0,698
17	0,750	-0,100	0,000
18	-0,750	-0,100	0,698
19	-0,750	-0,100	0,000
20	0,923	-0,154	0,704
21	-0,923	-0,154	0,704
22	0,923	-0,455	0,596
23	-0,923	-0,455	0,596
24	1,003	-0,681	0,515

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]
25	-1,003	-0,681	0,515
26	0,750	-0,154	0,704
27	-0,750	-0,154	0,704
28	0,750	-0,455	0,596
29	-0,750	-0,455	0,596
30	0,750	0,0	0,0
31	-0,750	-0,681	0,515
32	0,750	-0,681	0,515
33	-0,750	0,0	0,0
34	0,750	-2,057	0,021
35	-0,750	-2,057	0,021
36	1,003	-2,050	0,024
37	-1,003	-2,050	0,024
38	0,750	-2,040	0,000
39	-0,750	-2,040	0,000
40	0,806	-2,050	0,024
41	-0,806	-2,050	0,024
42	-0,750	-2,050	0,024
43	0,750	-2,050	0,024
44	0,750	-0,615	0,539
45	0,750	-0,587	0,509
46	-0,750	-0,615	0,539
47	0,750	-0,615	0,539

2 - 3 - SECTIONS DES POUTRES

Les sections suivantes sont considérées :

- ✓ Section 1 : U 60x44x2
- ✓ Section 2 : U 50x55x2
- ✓ 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

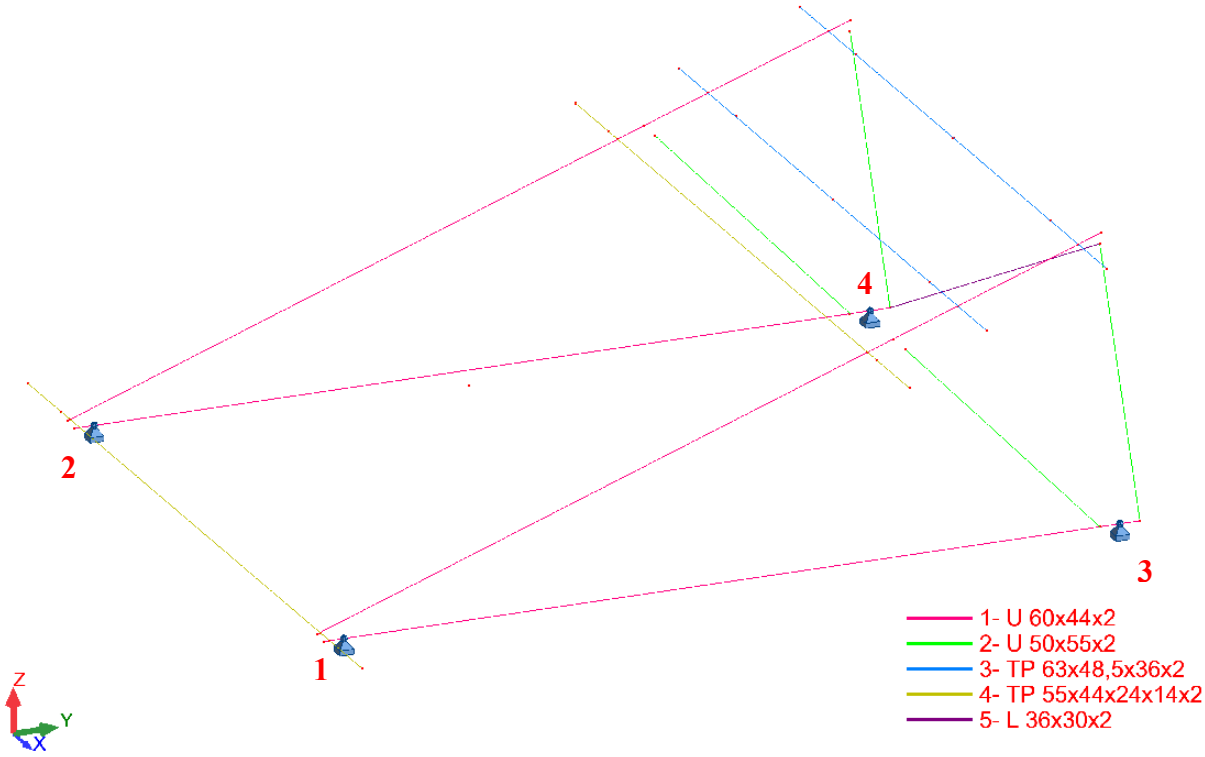
Tous les éléments métalliques sont en acier S320GD :

- ✓ Limite élastique : Re min = 320 MPa
- ✓ Résistance à la rupture : Rm min = 390 MPa
- ✓ Module de Young : E = 210 000 MPa
- ✓ Coefficient de Poisson : $\nu = 0,3$
- ✓ Densité : 7,85

2 - 5 - CONDITIONS AUX LIMITES ET RELACHEMENTS

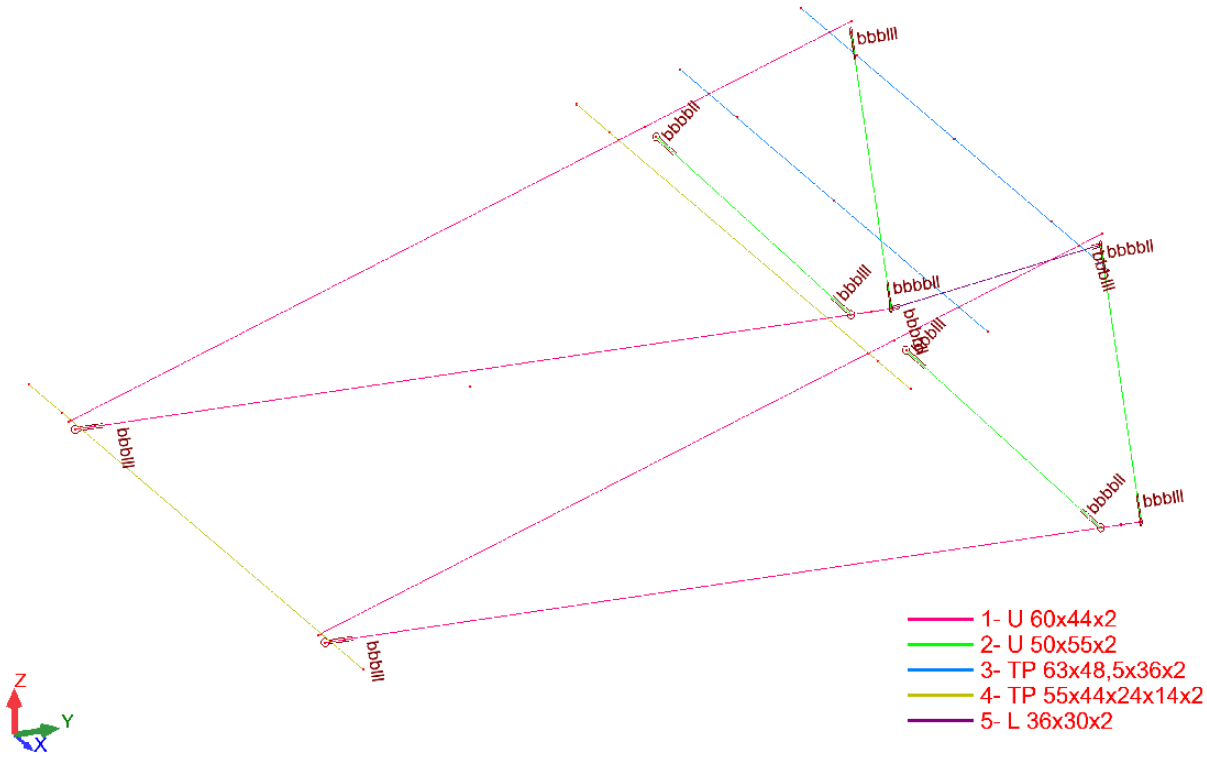
Conditions aux limites :

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.



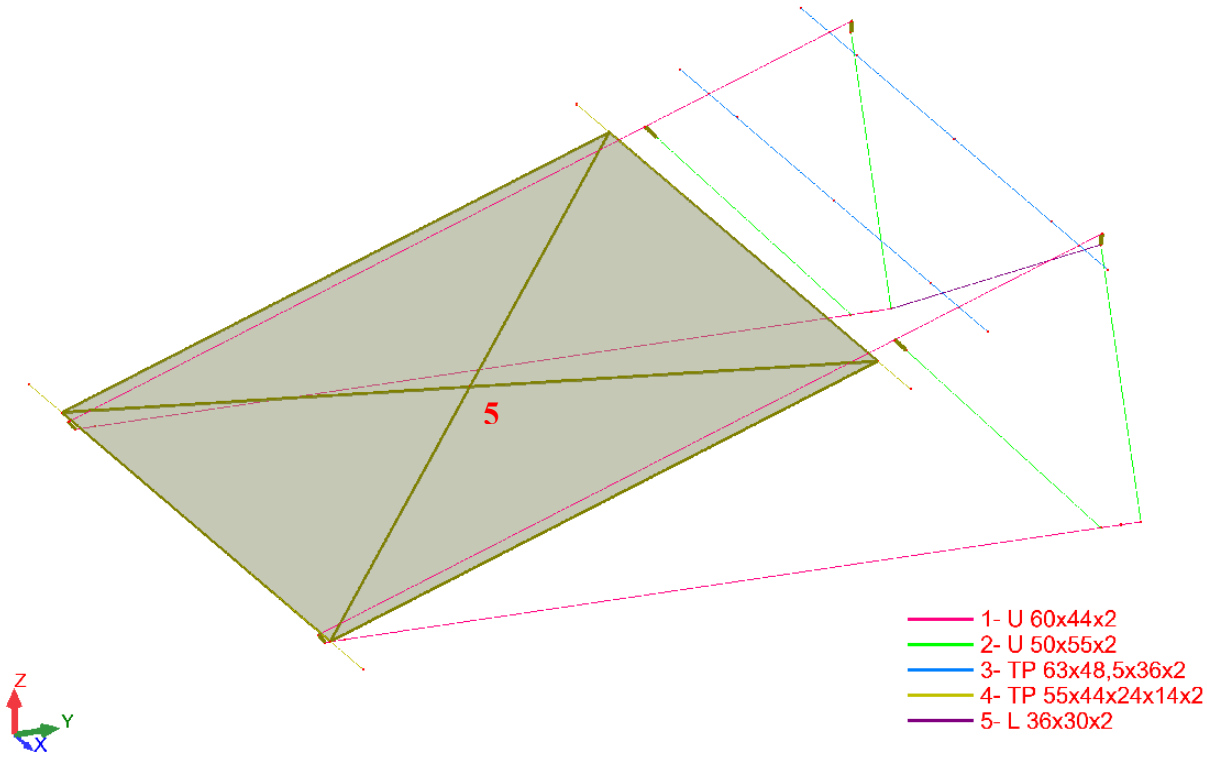
Relâchements :

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



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 5.



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.

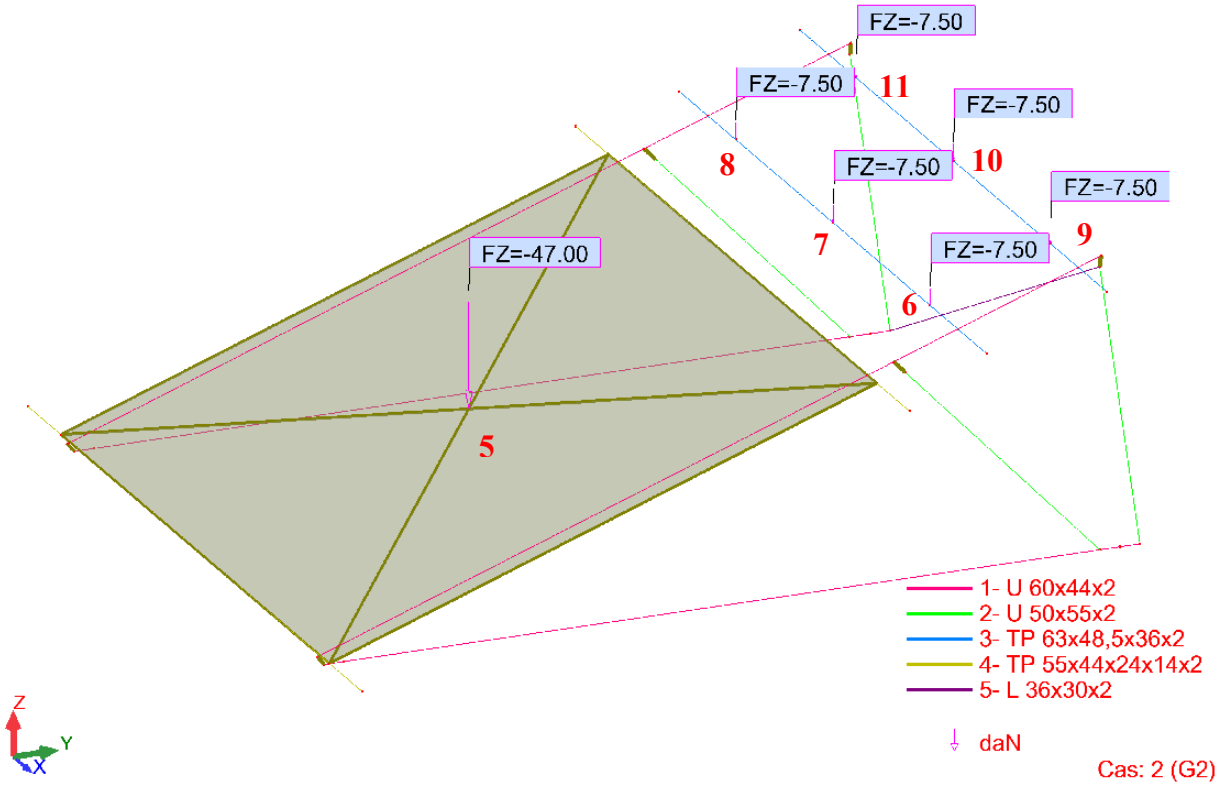
Poids propre structure : 42 daN

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

On considère ici le poids propre du capteur (47 daN) au nœud de chargement ainsi que le poids propre du ballon (45 daN) réparti sur ses 6 nœuds de fixation.

On applique donc :

- ✓ une charge de 47 daN sur le nœud 5,
- ✓ une charge de 7,5 daN sur les nœuds 6 à 11.



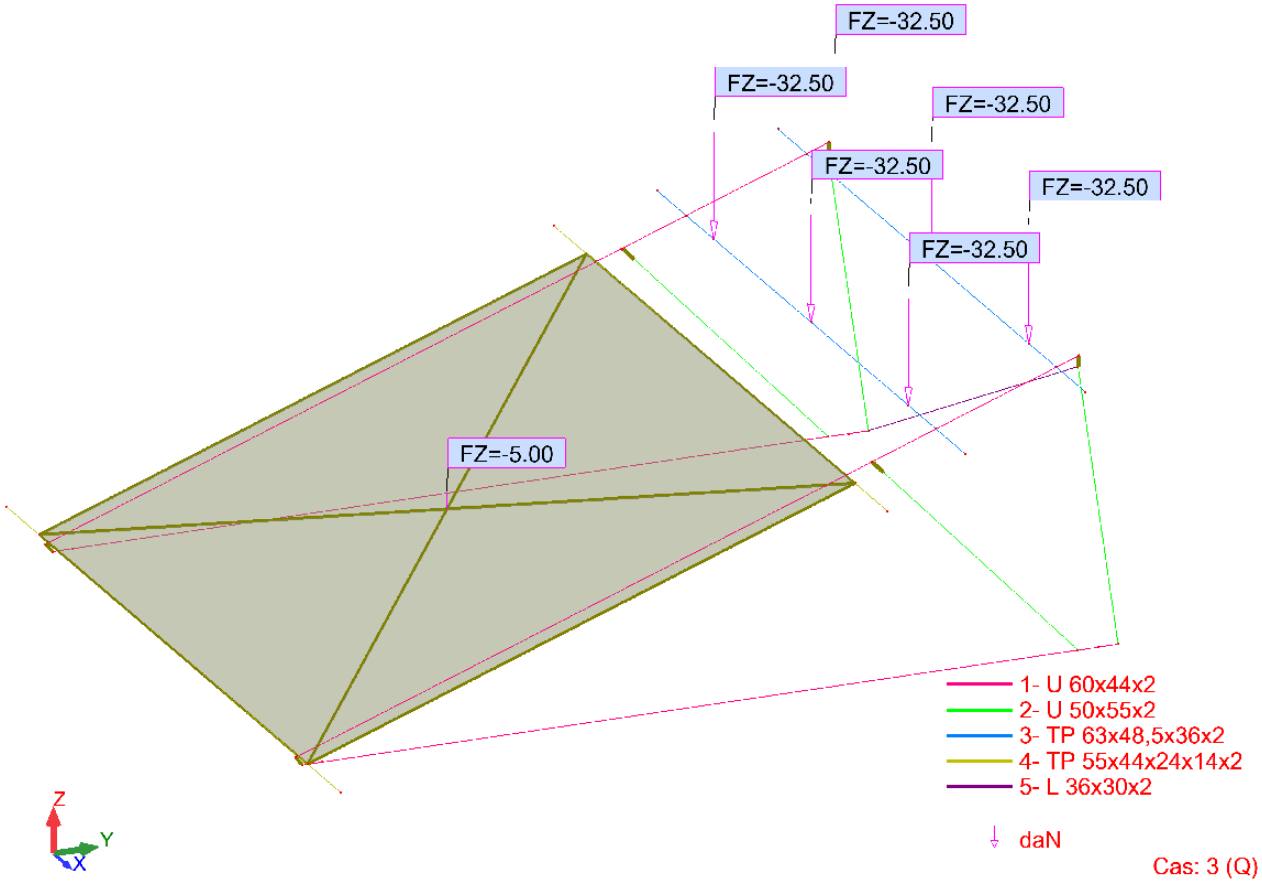
Résultante totale : 92 daN

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

On considère ici le poids de l'eau dans le capteur (5 daN) au nœud de chargement ainsi que le poids de l'eau dans le ballon (195 daN) réparti sur ses 6 nœuds de fixation.

On applique donc :

- ✓ une charge de 32,5 daN sur les nœuds 6 à 11,
- ✓ une charge de 5 daN sur les nœuds 5.



Résultante totale : 200 daN

Cas 4 et 5 :

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

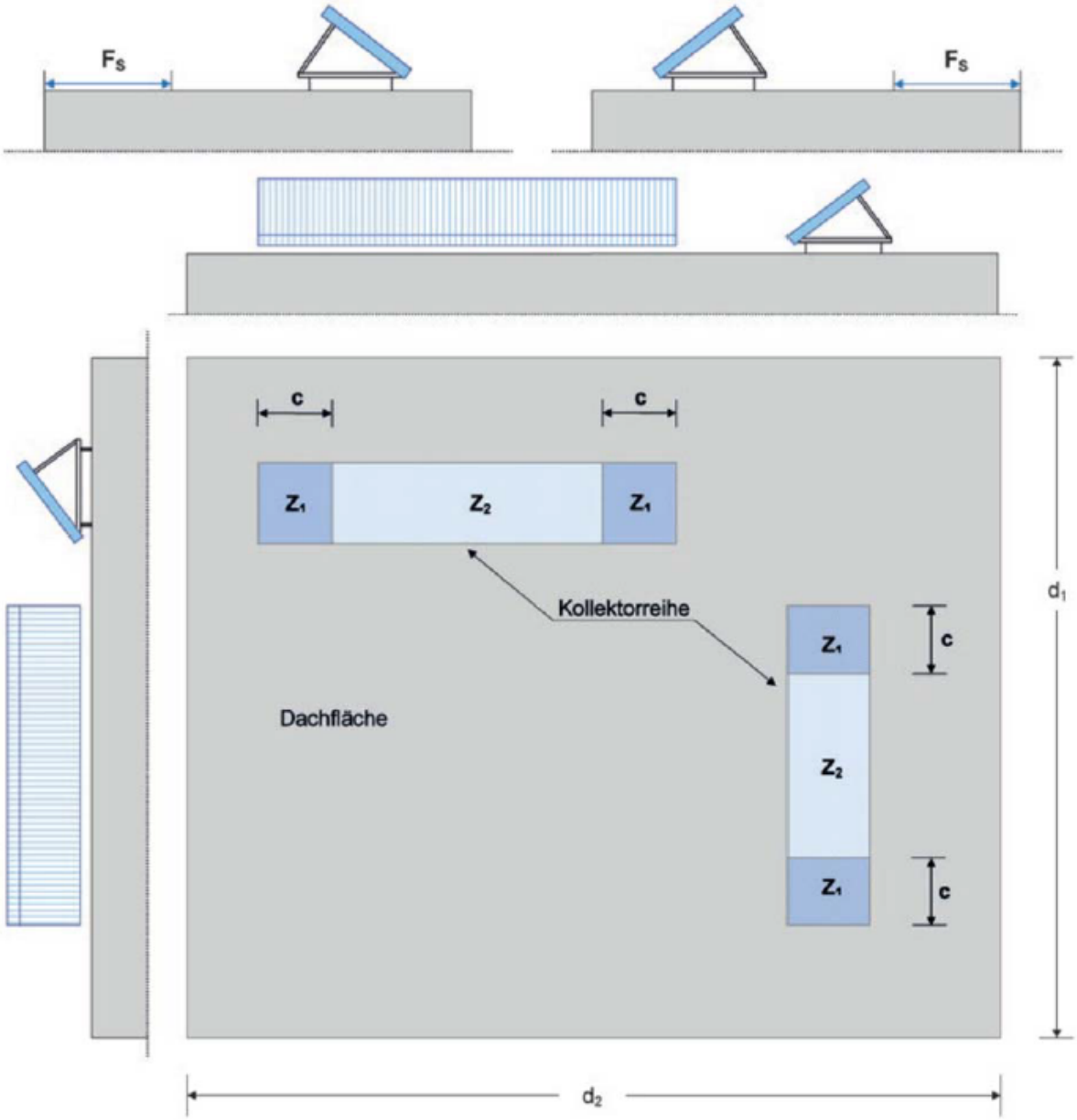
Calcul de la pression dynamique de pointe :

- ✓ Zone géographique Guadeloupe (le plus critique couvrant les autres DOM)
- ✓ Vitesse de référence v_b = 36 m/s
- ✓ Catérogie de terrain 0 (bord de mer)
- ✓ Coefficient d'orographie $c_0(z)$ = 1
- ✓ Hauteur maxi de la toiture / sol z = 15 m (couvrant les hauteurs moindres)
- ✓ Intensité de la turbulence $I_v(z)$ = 0,125
- ✓ Vitesse moyenne du vent $v_m(z)$ = 46,6 m/s
- ✓ Densité de l'air ρ = 1,225 kg/m^3
- ✓ Pression dynamique de pointe q_p (z =15 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



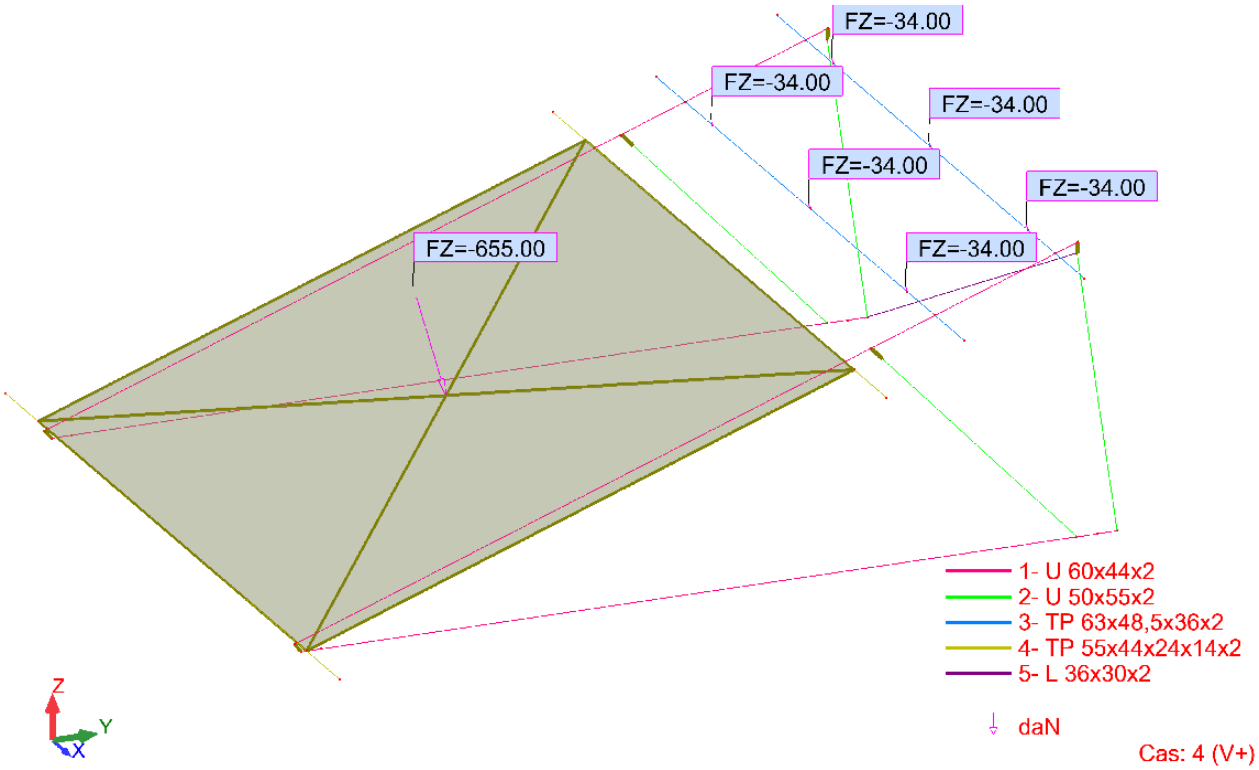
On a ainsi les efforts résultants suivants sur le capteur (2,92 m²) et le ballon (0,9 m²) :

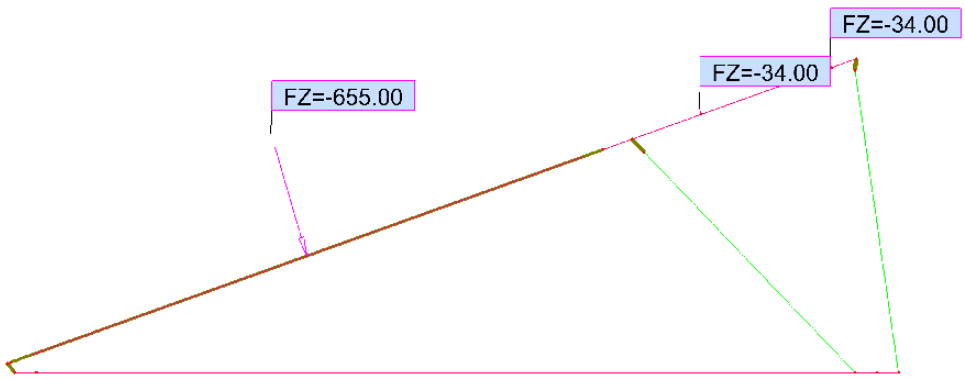
- ✓ En surpression (V+) :
  - Sur capteur : F = 0,9 x 249,4 daN/m² x 2,92 m² = 655 daN
  - Sur ballon : F = 0,9 x 249,4 daN/m² x 0,9 m² = 202 daN
- ✓ En dépression (V-) :
  - Sur capteur : F = 1,8 x 249,4 daN/m² x 2,92 m² = 1311 daN
  - Sur ballon : F = 1,8 x 249,4 daN/m² x 0,9 m² = 404 daN

Cas 4 - V+ (Vent en surpression) :

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

- ✓ Capteur : 655 daN (nœud 5),
- ✓ Ballon : 6 x 34 daN (nœuds 6 à 11).

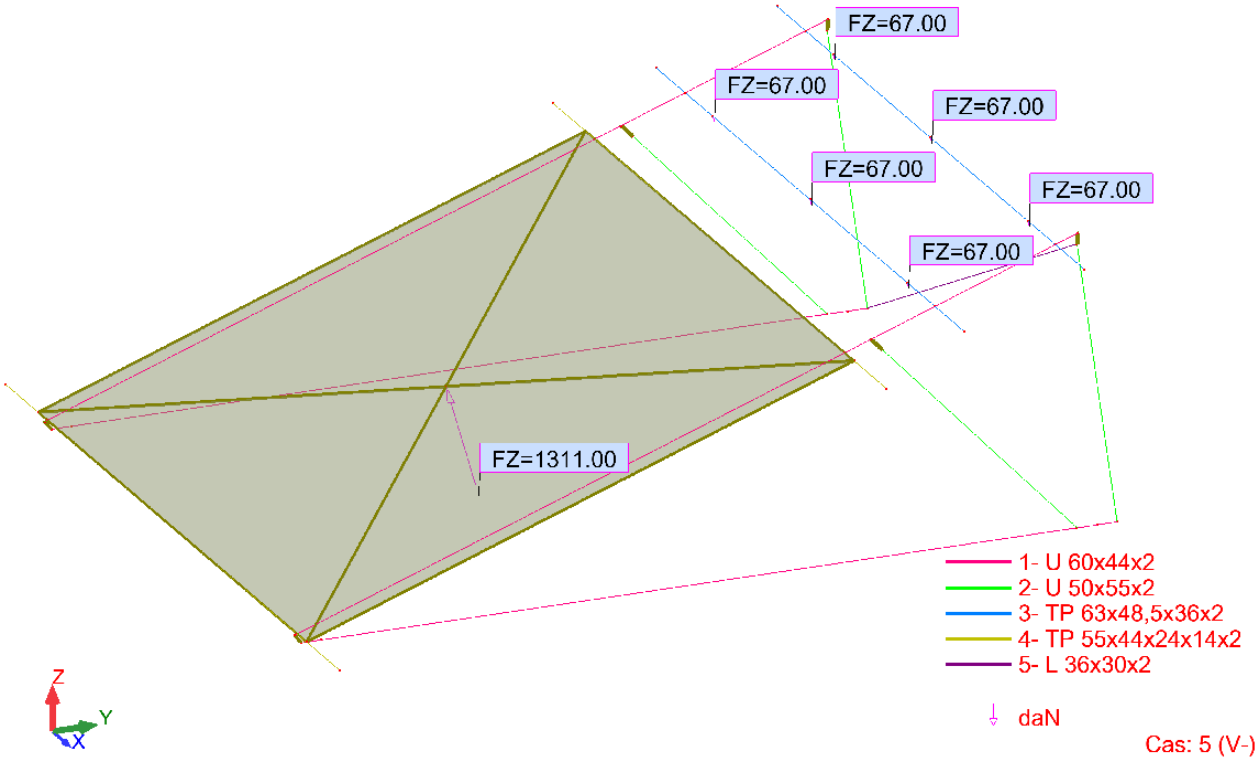


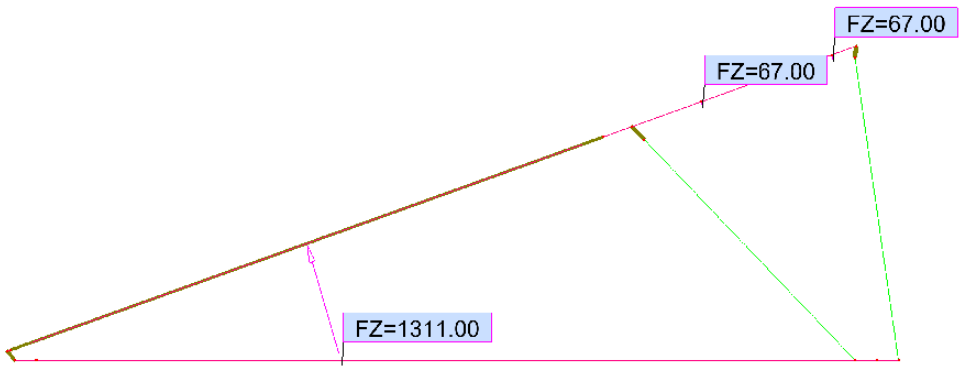


Cas 5 - V- (Vent en dépression) :

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

- ✓ Capteur : 1311 daN (nœud 5),
- ✓ Ballon : 6 x 67 daN (nœuds 6 à 11).





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 noeuds **1** à **4** :

Cas 1 - G1			
Noeud/Cas	**FX [daN]**	**FY [daN]**	**FZ [daN]**
1/1	-0,00	-16,82	8,18
2/1	0,00	-16,91	8,13
3/1	-0,00	16,82	12,95
4/1	-0,00	16,91	12,99
Total	-0,00	-0,00	42,25

Cas 2 - G2			
Noeud/Cas	**FX [daN]**	**FY [daN]**	**FZ [daN]**
1/2	0,00	24,95	18,89
2/2	-0,00	24,95	18,89
3/2	0,00	-24,95	27,11
4/2	0,00	-24,95	27,11
Total	0,00	-0,00	92,00

Cas 3 - Q			
Noeud/Cas	**FX [daN]**	**FY [daN]**	**FZ [daN]**
1/3	0,00	59,72	14,50
2/3	-0,00	59,72	14,50
3/3	-0,00	-59,72	85,50
4/3	0,00	-59,72	85,50
Total	0,00	0,00	200,00

Cas 4 - V+			
Noeud/Cas	**FX [daN]**	**FY [daN]**	**FZ [daN]**
1/4	0,00	102,68	203,59
2/4	-0,00	102,68	203,59
3/4	-0,00	-223,45	208,58
4/4	0,00	-223,45	208,58
Total	0,00	-241,53	824,34

Cas 5 - V-			
Noeud/Cas	**FX [daN]**	**FY [daN]**	**FZ [daN]**
1/5	-0,00	-204,92	-407,53
2/5	0,00	-204,92	-407,53
3/5	0,00	445,31	-414,54
4/5	-0,00	445,31	-414,54
Total	-0,00	480,78	-1644,15

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/9	**0,00>>**	227,69	357,14
1/ELU/16	**-0,00<<**	-299,26	-584,23
1/ELU/9	0,00	**227,69>>**	357,14
1/ELU/16	-0,00	**-299,26<<**	-584,23
1/ELU/9	0,00	227,69	**357,14>>**
1/ELU/16	-0,00	-299,26	**-584,23<<**
2/ELU/16	**0,00>>**	-299,35	-584,28
2/ELU/2	**-0,00<<**	192,84	241,46
2/ELU/9	-0,00	**227,57>>**	357,09
2/ELU/16	0,00	**-299,35<<**	-584,28
2/ELU/9	-0,00	227,57	**357,09>>**
2/ELU/16	0,00	-299,35	**-584,28<<**
3/ELU/12	**0,00>>**	657,00	-567,73
3/ELU/13	**-0,00<<**	-406,00	442,72
3/ELU/16	0,00	**659,85>>**	-581,75
3/ELU/9	-0,00	**-408,84<<**	456,74
3/ELU/9	-0,00	-408,84	**456,74>>**
3/ELU/16	0,00	659,85	**-581,75<<**
4/ELU/2	**0,00>>**	-301,53	370,12
4/ELU/16	**-0,00<<**	659,93	-581,71
4/ELU/16	-0,00	**659,93>>**	-581,71
4/ELU/9	0,00	**-408,72<<**	456,79
4/ELU/9	0,00	-408,72	**456,79>>**
4/ELU/16	-0,00	659,93	**-581,71<<**

Tableau récapitulatif pour les noeuds **1** à **4** :

	FX [daN]	**FY [daN]**	**FZ [daN]**
MAX	**0,00**	**659,93**	**456,79**
Noeud	4	4	4
Cas	ELU/2	ELU/16	ELU/9
MIN	-0,00	-408,84	**-584,28**
Noeud	4	3	2
Cas	ELU/16	ELU/9	ELU/16

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

- ✓ Traction F = 584 daN
- ✓ Cisaillement T = 660 daN

4 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELU

4 - 1 - ANALYSE DES U 60x44x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
101	1- U 60x44x2	S320GD	82.21	142.99	0.47	6 ELU /16/
102	1- U 60x44x2	S320GD	82.21	142.99	0.47	6 ELU /16/
103	1- U 60x44x2	S320GD	83.88	145.90	**0.55**	6 ELU /16/
104	1- U 60x44x2	S320GD	83.88	145.90	0.55	6 ELU /16/

L'élément **103** est le plus chargé avec un taux de travail de **55 %.**

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 = 0.02 L = 0.050 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 cm2	Az=1.20 cm2	Ax=2.88 cm2
tw=2.0 mm	Iy=17.73 cm4	Iz=5.86 cm4	Ix=0.04 cm4
tf=2.0 mm	Wely=5.91 cm3	Welz=1.94 cm3	
		Weff,z=1.46 cm3	Aeff=2.32 cm2

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 113.93 daN	Mz,Ed = -28.20 daN*m	Vy,Ed = 563.85 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 = -0.63 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 (6.2.5.(1))
N,Ed/Nc,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.47 < 1.00 (6.2.1(7))
sqrt(Sig,x,Ed^2 + 3*Tau,y,Ed^2)/(fy/gM0) = 0.47 < 1.00 (6.2.1.(5))
Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.17 < 1.00 (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:** 7 **COORDONNEE:** x = 0.30 L = 0.620 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 cm2	Az=1.20 cm2	Ax=2.88 cm2
tw=2.0 mm	Iy=17.73 cm4	Iz=5.86 cm4	Ix=0.04 cm4
tf=2.0 mm	Wely=5.91 cm3	Welz=1.94 cm3	
	Weff,y=4.57 cm3	Weff,z=1.46 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = -248.96 daN	My,Ed = -29.18 daN*m	Mz,Ed = -16.62 daN*m	Vy,Ed = 460.35 daN
Nt,Rd = 9216.00 daN	My,el,Rd = 189.17 daN*m	Mz,el,Rd = 62.18 daN*m	Vy,T,Rd = 3271.19 daN
	My,c,Rd = 189.17 daN*m	Mz,c,Rd = 62.18 daN*m	Vz,Ed = -196.41 daN
			Vz,T,Rd = 2190.53 daN
	Mb,Rd = 52.64 daN*m		Tt,Ed = -0.11 daN*m
			Classe de la section = 3

PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z = 1.00	Mcr = 94.84 daN*m	Courbe,LT - d	XLT = 0.36
Lcr,low=2.081 m	Lam_LT = 1.24	fi,LT = 1.67	

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:
N,Ed/Nt,Rd + My,Ed/My,c,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.39 < 1.00 (6.2.1(7))
sqrt(Sig,x,Ed^2 + 3*(Tau,y,Ed+Tau,ty,Ed)^2)/(fy/gM0) = 0.46 < 1.00 (6.2.1.(5))
Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.14 < 1.00 (6.2.6-7)
Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.09 < 1.00 (6.2.6-7)
Tau,ty,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.03 < 1.00 (6.2.6)
Tau,tz,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.03 < 1.00 (6.2.6)
Contrôle de la stabilité globale de la barre:
My,Ed/Mb,Rd = 0.55 < 1.00 (6.3.2.1.(1))

Profil correct !!!

4 - 2 - ANALYSE DES U 50x55x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
201	2- U 50x55x2	S320GD	30.49	43.17	0.05	6 ELU /9/
202	2- U 50x55x2	S320GD	30.49	43.17	0.05	6 ELU /9/
203	2- U 50x55x2	S320GD	30.49	43.17	**0.14**	6 ELU /9/
204	2- U 50x55x2	S320GD	30.49	43.17	0.14	6 ELU /9/

L'élément **203** est le plus chargé avec un taux de travail de **14 %.**

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

Elément 201 - U 50x55x2

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*1.05 + 4*1.50

MATERIAU:
S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 2- U 50x55x2

h=55.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=50.0 mm	Ay=1.94 cm2	Az=1.00 cm2	Ax=2.96 cm2
tw=2.0 mm	Iy=15.82 cm4	Iz=7.90 cm4	Ix=0.04 cm4
tf=2.0 mm	Wely=5.75 cm3	Welz=2.41 cm3	
	Weff,y=5.75 cm3	Weff,z=1.63 cm3	Aeff=2.16 cm2

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 153.72 daN			Vy,Ed = -0.15 daN
Nc,Rd = 9472.00 daN	My,el,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 = -1.30 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	kyz = 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 (6.2.1(7))
sqrt(Sig,x,Ed^2 + 3*Tau,y,Ed^2)/(fy/gM0) = 0.02 < 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,max = 210.00 Lambda,z = 43.17 < Lambda,max = 210.00 STABLE
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*(My,Ed,max+dMy,Ed)/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*(Mz,Ed,max+dMz,Ed)/(Mz,Rk/gM1) = 0.05 < 1.00 (6.3.3.(4))
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*(My,Ed,max+dMy,Ed)/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*(Mz,Ed,max+dMz,Ed)/(Mz,Rk/gM1) = 0.05 < 1.00 (6.3.3.(4))

Profil correct !!!

Elément 203 - U 50x55x2

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*1.05 + 4*1.50

MATERIAU:
S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 2- U 50x55x2

h=55.0 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=50.0 mm	Ay=1.94 cm2	Az=1.00 cm2	Ax=2.96 cm2
tw=2.0 mm	Iy=15.82 cm4	Iz=7.90 cm4	Ix=0.04 cm4
tf=2.0 mm	Wely=5.75 cm3	Welz=2.41 cm3	
	Weff,y=5.75 cm3	Weff,z=1.63 cm3	Aeff=2.16 cm2

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 432.94 daN			Vy,Ed = -0.75 daN
Nc,Rd = 9472.00 daN	My,el,Rd = 184.14 daN*m	Mz,Ed,max = 0.13 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 = -3.66 daN*m	Classe de la section = 3

PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:

en y:

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	kyz = 1.01	Lamz = 43.17	kzz = 1.01

en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:
N,Ed/Nc,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.05 < 1.00 (6.2.1(7))
sqrt(Sig,x,Ed^2 + 3*Tau,y,Ed^2)/(fy/gM0) = 0.05 < 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,max = 210.00 Lambda,z = 43.17 < Lambda,max = 210.00 STABLE
N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*(My,Ed,max+dMy,Ed)/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*(Mz,Ed,max+dMz,Ed)/(Mz,Rk/gM1) = 0.14 < 1.00 (6.3.3.(4))
N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*(My,Ed,max+dMy,Ed)/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*(Mz,Ed,max+dMz,Ed)/(Mz,Rk/gM1) = 0.14 < 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	57.82	157.71	**0.28**	6 ELU /16/
302	TP 63x48,5x36x2	S320GD	57.82	157.71	0.24	6 ELU /9/

L'élément **301** est le plus chargé avec un taux de travail de **28 %.**

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

Elément 301 - 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: 301 **POINT:** 1 **COORDONNEE:** x = 0.50 L = 0.923 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 cm2	Az=1.91 cm2	Ax=2.86 cm2
tw=0.0 mm	Iy=29.15 cm4	Iz=3.92 cm4	Ix=0.04 cm4
tf=0.0 mm	Wply=8.11 cm3	Wplz=2.80 cm3	

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 52.02 daN	My,Ed = -52.88 daN*m	Mz,Ed = -7.19 daN*m	Vy,Ed = -12.45 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 = 44.97 daN
	MN,y,Rd = 259.53 daN*m	MN,z,Rd = 89.55 daN*m	Vz,T,Rd = 3523.86 daN
			Tt,Ed = -0.74 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 = 0.01 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/MN,y,Rd = 0.20 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.08 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 1.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.28 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.6.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.6.(1))

Profil correct !!!

4 - 4 - ANALYSE DES TP 55x44x24x14x2

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Combinaison
401	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	**0.30**	6 ELU /16/
402	TP 55x44x24x14x2	S320GD	101.36	157.93	0.28	6 ELU /14/

L'élément **401** est le plus chargé avec un taux de travail de **30 %.**

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

Elément 401 - 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: 401 **POINT:** 7 **COORDONNEE:** x = 0.13 L = 0.253 m

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

MATERIAU:
S320GD fy = 320.00 MPa

PARAMETRES DE LA SECTION: 4- TP 55x44x24x14x2

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

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 551.75 daN	My,Ed = -4.95 daN*m	Mz,Ed = 24.05 daN*m	Vy,Ed = -666.27 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 = -127.34 daN
	MN,y,Rd = 139.45 daN*m	MN,z,Rd = 89.70 daN*m	Vz,T,Rd = 3300.92 daN
			Tt,Ed = -0.38 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 = 0.07 < 1.00 (6.2.4.(1))
My,Ed/MN,y,Rd = 0.04 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.27 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 1.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.30 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.18 < 1.00 (6.2.6.(1))
Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.04 < 1.00 (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	61.94	133.32	**0.03**	6 ELU /12/

L'élément **501** est le plus chargé avec un taux de travail de **3 %.**

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 = 0.829 m

CHARGEMENTS:
Cas de charge décisif: 6 ELU /12/ 1*1.35 + 2*1.35 + 5*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:

N,Ed = -0.00 daN	My,Ed = 0.37 daN*m	Mz,Ed = 0.16 daN*m	
Nt,Rd = 4000.00 daN	My,el,Rd = 28.56 daN*m	Mz,el,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:
N,Ed/Nt,Rd + My,Ed/My,c,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.03 < 1.00 (6.2.1(7))

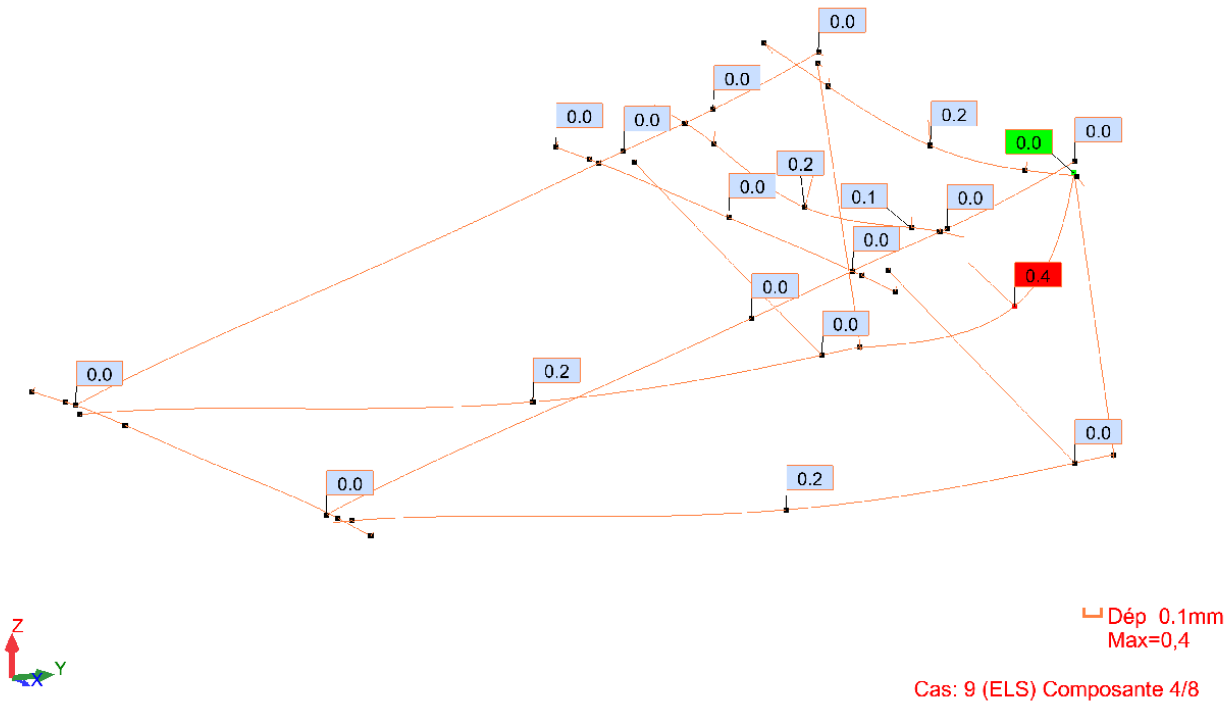
Profil correct !!!

5 - STRUCTURE : ETUDE AUX ELS

5 - 1 - DEFORMEE : G

Déformée ELS/4 = G1 + G2

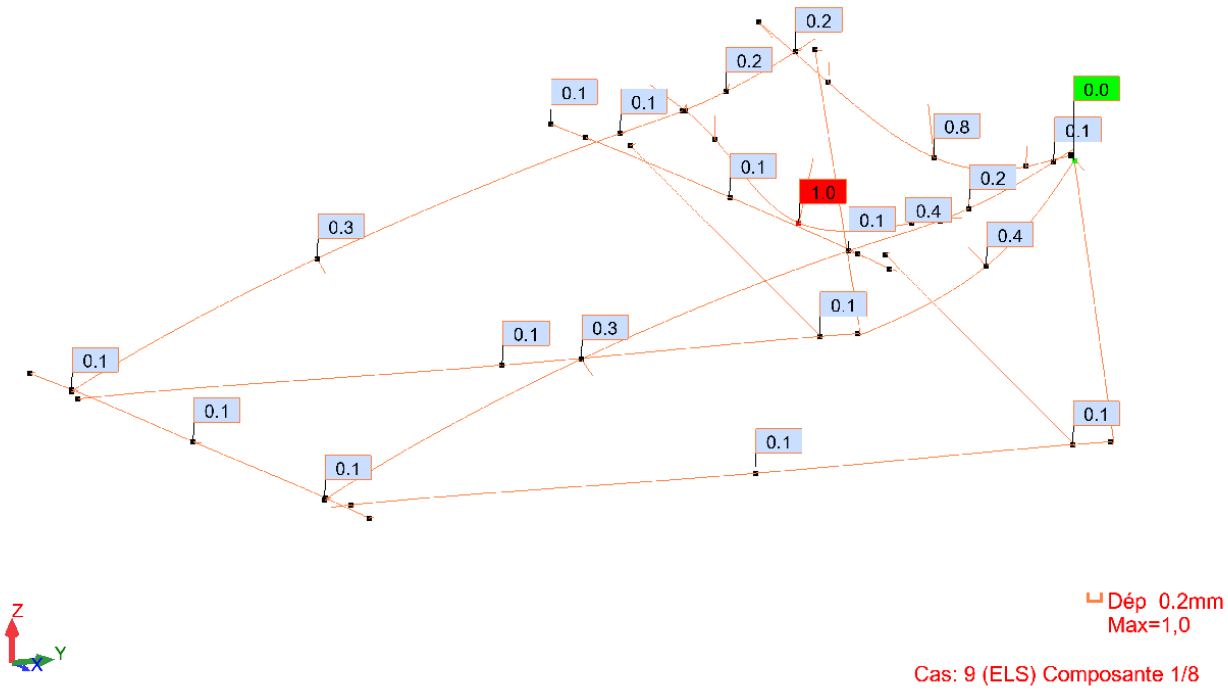
(charges permanentes seules)



5 - 2 - DEFORMEE : G + Q

Déformée ELS/1 = G1 + G2 + Q

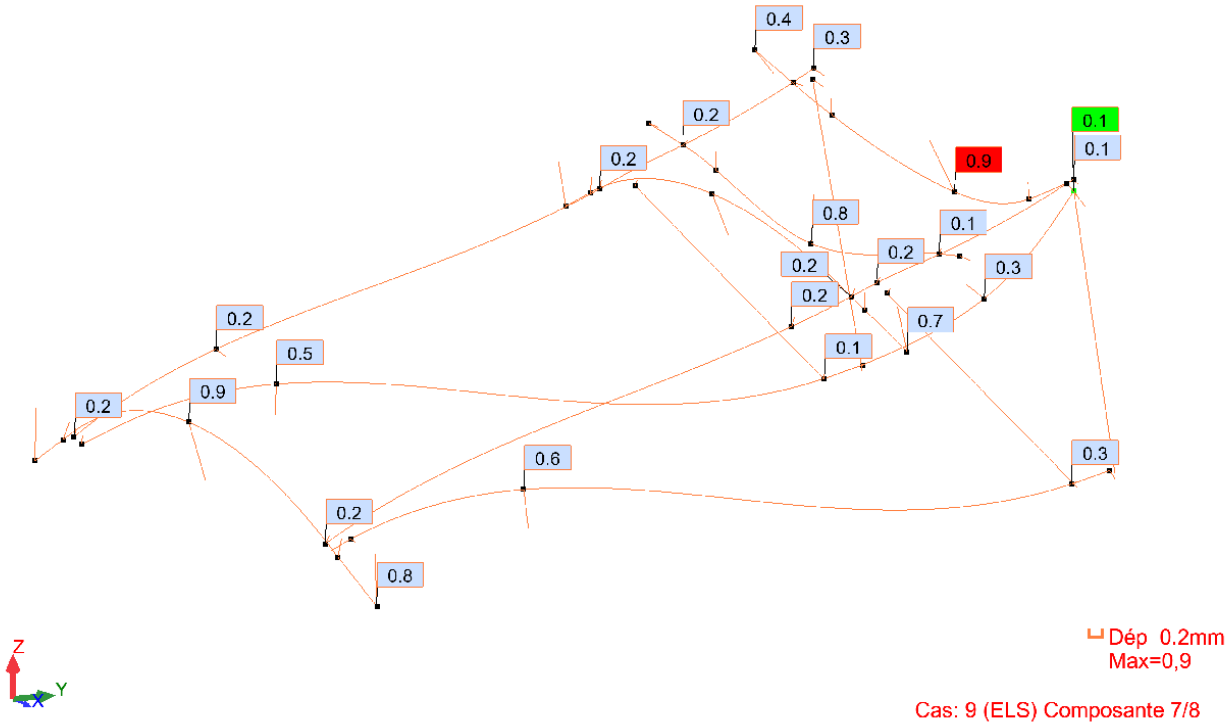
(charges permanentes + charges d'exploitation)



5 - 1 - DEFORMEE : G + V

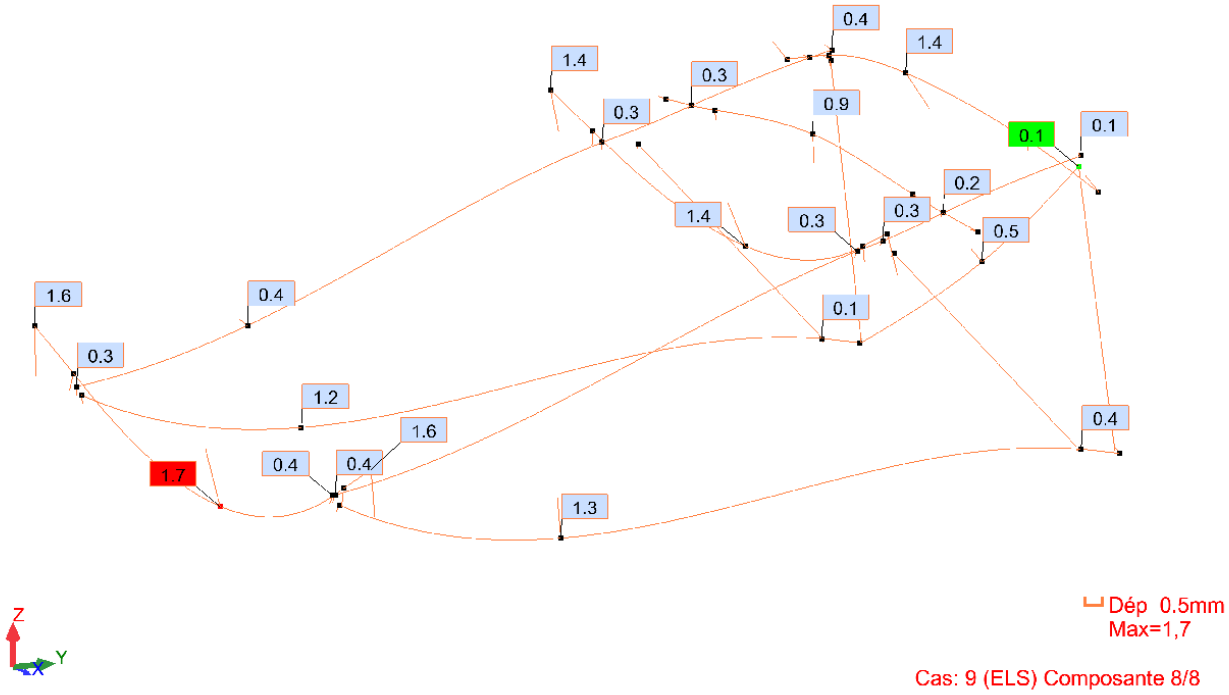
Déformée ELS/7 = G1 + G2 + V+

(charges permanentes + vent en surpression)



Déformée ELS/8 = G1 + G2 + V-

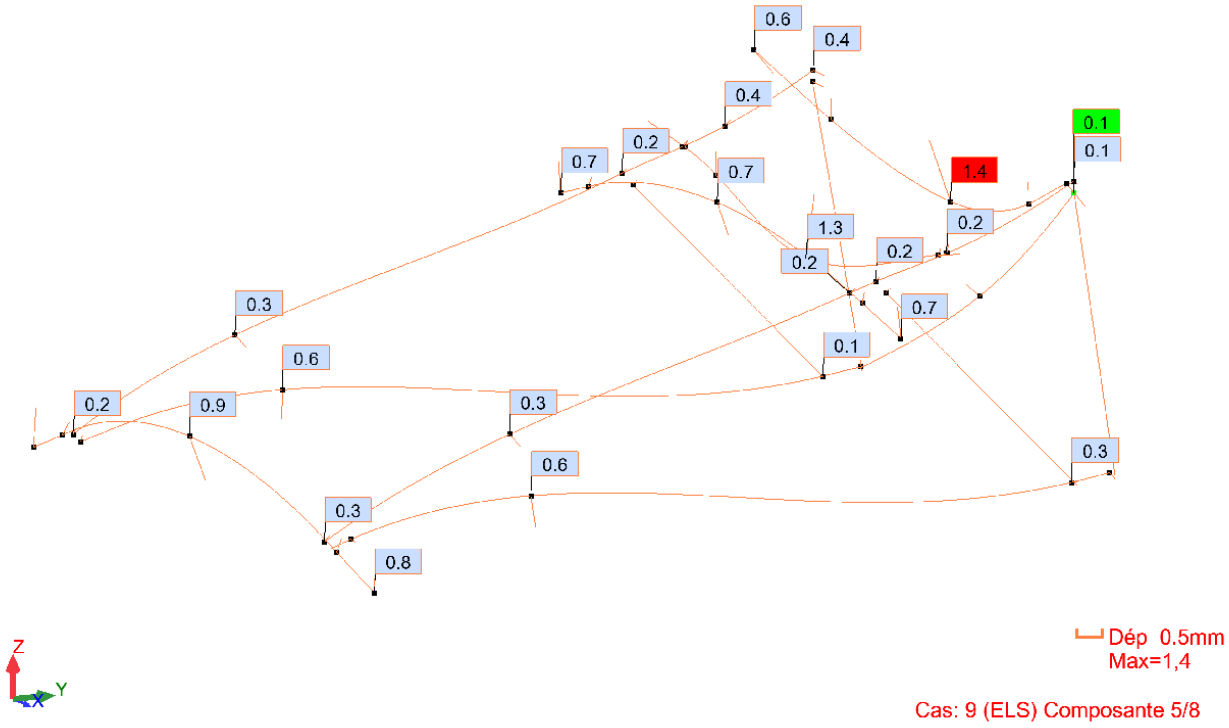
(charges permanentes + vent en dépression)



5 - 2 - DEFORMEE : G + Q + V

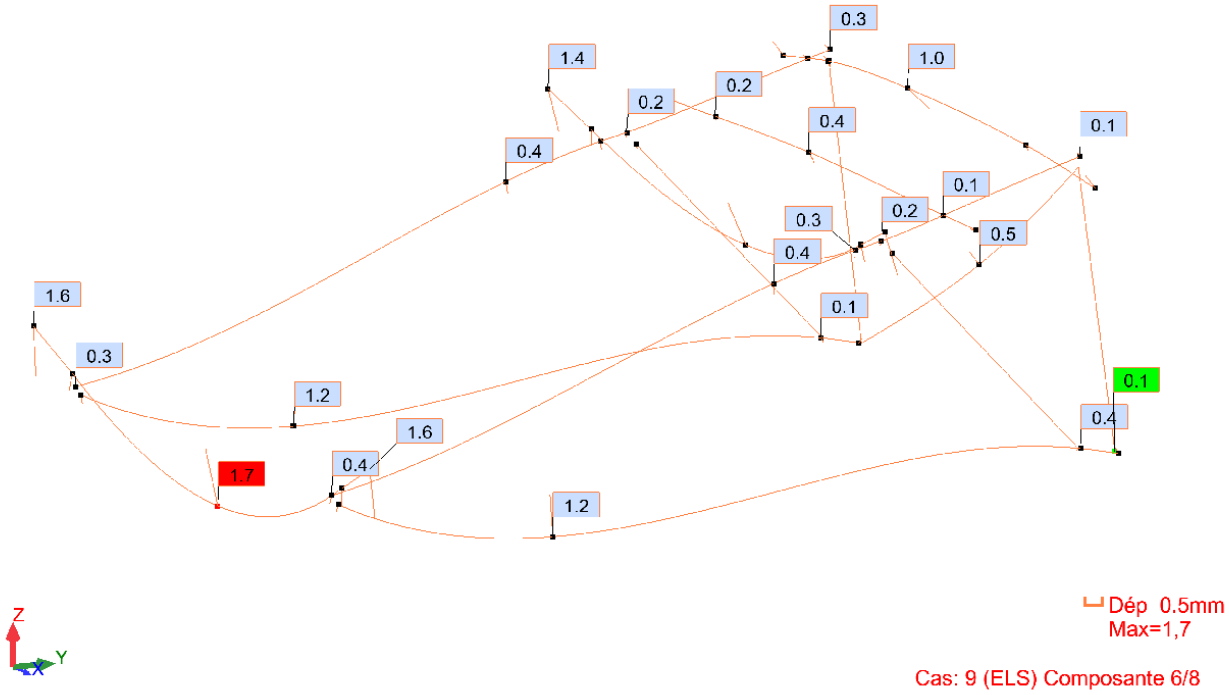
Déformée ELS/5 = G1 + G2 + Q + V+

(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

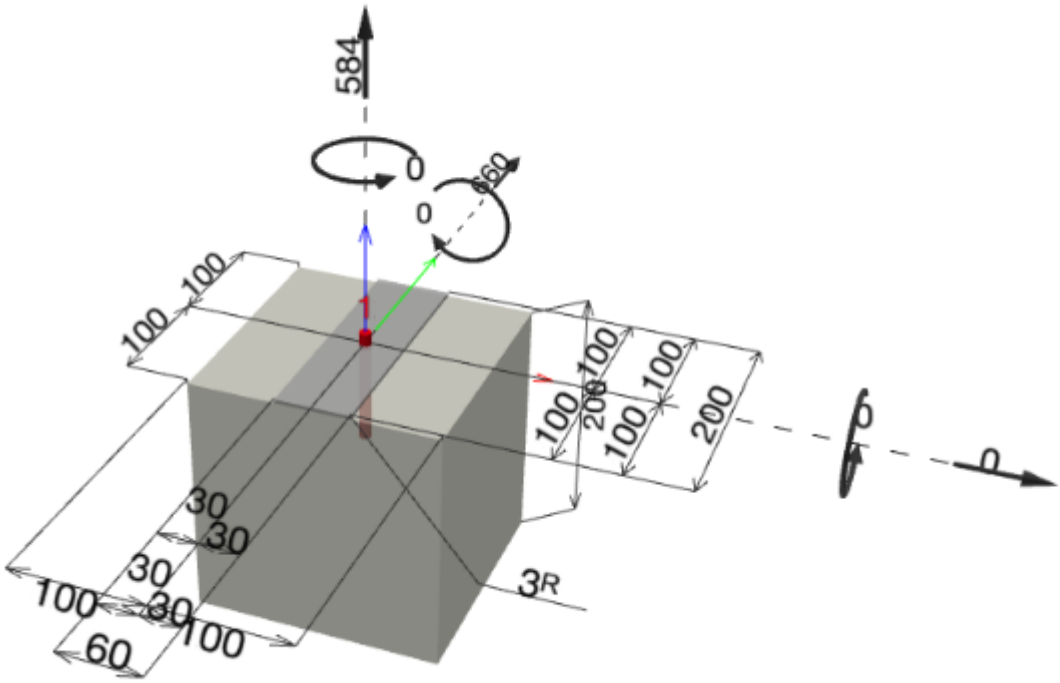
Le châssis est fixé sur des plots en béton C30/37 mini d'une toiture terrasse au moyen de 4 chevilles métalliques HILTI HSA M10 hnom3 (ou équivalent). On utilise une cheville par plot.

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

- ✓ Traction F = 584 daN
- ✓ Cisaillement T = 660 daN

On considère un béton non fissuré C30/37 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 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	1
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I Pos. N°:	DOM		

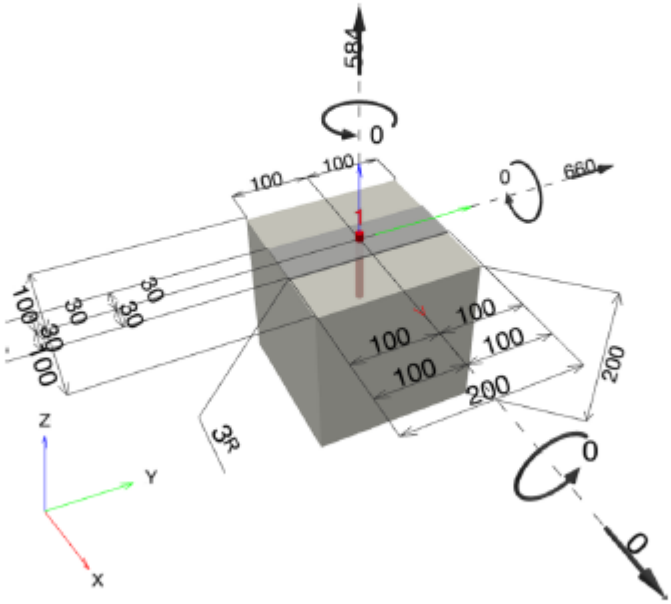
Commentaires du spécificateur:

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 I Validité:	22/10/2020 I -
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 x l_y x 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, C30/37, $f_{c,cube}$ = 37,00 N/mm²; h = 200,0 mm
Installation:	**trou foré avec perforateur, condition d'installation: sec**
Renforcement:	Pas de renforcement ou distance entre armatures>= 150 mm (tous Ø) ou >= 100 mm (Ø <= 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]



Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

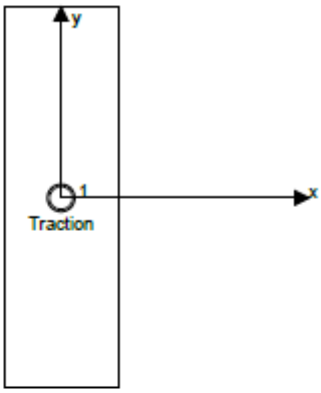
www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	2
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I Pos. N°:	DOM		

1.1 Combinaison de charges

Cas	Description	Forces [daN] / Moment [daNm]	Sismique	Feu	Util. max. Cheville [%]
1	Combinaison 1	N = 584,0; V_x = 0,0; V_y = 660,0; M_x = 0,0; M_y = 0,0; M_z = 0,0;	non	non	75

2 Cas de charges/Charges résultantes sur les chevilles



Réactions des chevilles [daN]
Traction: (+Traction, -Compression)

Cheville	Traction	Cisaillement	Cisaillement x	Cisaillement y
1	584,0	660,0	0,0	660,0

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): 584,0 [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.

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	3
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I Pos. N°:	DOM		

3 Traction (ETAG annexe C, § 5.2.2)

	Charge [daN]	Capacité [daN]	Utilisation β_N [%]	Statut
Rupture acier*	584,0	2 000,0	30	OK
Rupture par extraction/glissement*	584,0	2 027,6	29	OK
Rupture par cône de béton**	584,0	2 229,4	27	OK
Rupture par fendage**	584,0	1 947,7	30	OK

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

3.1 Rupture acier

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

$N_{Rk,s}$ [daN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [daN]	N_{Sd} [daN]
2 800,0	1,400	2 000,0	584,0

3.2 Rupture par extraction/glissement

$$N_{Sd} \leq N_{Rd,p} = \frac{\Psi_c \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{M,p}}$$ 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]
2 500,0	1,217	1,500	2 027,6	584,0

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	4
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I Pos. N°:	DOM		

3.3 Rupture par cône de béton

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

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

$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5}$ — ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2a)

$A^0_{c,N} = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$ — ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2b)

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

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

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

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

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

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [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	$N^0_{Rk,c}$ [daN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [daN]	N_{Sd} [daN]
10,100	3 344,1	1,500	2 229,4	584,0

Groupe ID cheville
1

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	5
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I Pos. N°:	DOM		

3.4 Rupture par fendage

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

$N_{Rk,sp} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N} \cdot \Psi_{h,sp}$ — ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.3)

$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5}$ — ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2a)

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

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

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

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

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

$h'_{ef} = \max\left(\frac{c_{max}}{c_{cr,sp}}, \frac{s_{max}}{s_{cr,sp}}\right) \cdot h_{ef}$

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,sp}$ [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]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	k_1
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	10,100

$N^0_{Rk,c}$ [daN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [daN]	N_{Sd} [daN]
2 517,7	1,500	1 947,7	584,0

Groupe ID cheville
1

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	6
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I 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)*	660,0	1 512,0	44	OK
Rupture acier (avec bras de levier)*	NA	NA	NA	NA
Rupture par effet de levier**	660,0	5 350,6	13	OK
Rupture béton en bord de dalle en direction y+**	660,0	946,0	70	OK

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

4.1 Rupture acier (sans bras de levier)

$V_{Sd} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}}$ 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	660,0

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	7
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 |	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I Pos. N°:	DOM		

4.2 Rupture par effet de levier

$V_{Sd} \le V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{M,cp}}$		ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.3.1
$V_{Rk,cp}$	$= k \cdot N_{Rk,c}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.6)
$N_{Rk,c}$	$= N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2)
$N^0_{Rk,c}$	$= k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2a)
$A^0_{c,N}$	$= s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2b)
$\Psi_{s,N}$	$= 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \le 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2c)
$\Psi_{re,N}$	$= 0,5 + \frac{h_{ef}}{200} \le 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2d)
$\Psi_{ec1,N}$	$= \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c1,V}}{s_{cr,N}}} \le 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)
$\Psi_{ec2,N}$	$= \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c2,V}}{s_{cr,N}}} \le 1,00$	ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.2e)
h'_{ef}	$= \max\left(\frac{c_{max}}{c_{cr,N}}; \frac{s_{max}}{s_{cr,N}}\right) \cdot h_{ef}$	

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [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

$N^0_{Rk,c}$ [daN]	$\gamma_{M,cp}$	$V_{Rd,cp}$ [daN]	V_{Sd} [daN]
3 344,1	1,500	5 350,6	660,0

Groupe ID cheville
1

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	8
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I Pos. N°:	DOM		

4.3 Rupture béton en bord de dalle en direction y+

$$V_{Sd} \le V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}}$$ ETAG 001 Annexe C, Tableau 5.2.3.1

$$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V}$$ ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7)

$$V^0_{Rk,c} = k_1 \cdot d_{nom}^{\alpha} \cdot l_f^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1,5}$$ 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)

$$A^0_{c,V} = 4,5 \cdot c_1^2$$ ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7d)

$$\Psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \le 1,00$$ ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7e)

$$\Psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h}\right)^{0,5} \ge 1,00$$ ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7f)

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{2,5}\right)^2}} \ge 1,00$$ ETAG 001 Annexe C, Eq. (5.7g)

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c,V}}{3 \cdot c_1}} \le 1,00$$ 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]	$A_{c,V}$ [mm²]	$A^0_{c,V}$ [mm²]
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

$V^0_{Rk,c}$ [daN]	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [daN]	V_{Sd} [daN]
2 365,0	1,500	946,0	660,0

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	9
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I 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
0,300	0,698	1,500	75	OK

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

6 Déplacements (cheville la plus défavorable)

Charge à court terme:

N_{Sk} = 432,6 [daN] $\quad \delta_N$ = 0,7270 [mm]

V_{Sk} = 488,9 [daN] $\quad \delta_V$ = 0,9053 [mm]

δ_{NV} = 1,1611 [mm]

Charge à long terme

N_{Sk} = 432,6 [daN] $\quad \delta_N$ = 0,8725 [mm]

V_{Sk} = 488,9 [daN] $\quad \delta_V$ = 1,3580 [mm]

δ_{NV} = 1,6141 [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 suffisament 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 !

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.0.68

www.hilti.fr

Société:	E.M.S.	Page:	10
Adresse:	4, rue BERNADET 31830 PLAISANCE DU TOUCH	Prescripteur:	J. BERTHELOT
Tel I Fax:	06 87 52 72 21 I	E-mail:	etudes-ems@wanadoo.fr
Design:	HSA M10 hnom3	Date:	13/04/2021
Sous projet I 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_f = 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 pose maximum: 25 Nm

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

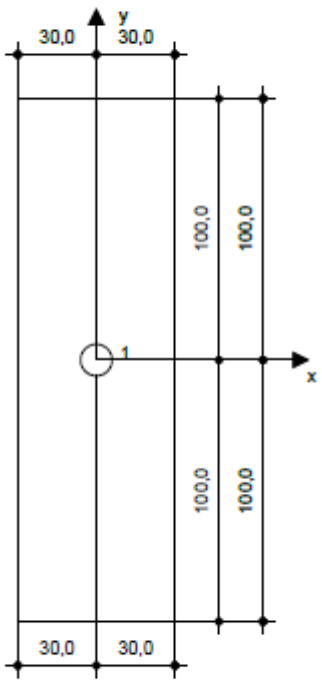
Profondeur du trou dans le matériau de base: 95,0 mm

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
• Perçage en rotation uniquement préférable • Mèche	• Pompe soufflante manuelle	• Outil portatif de contrôle du couple • Vissage de la cheville à couple contrôlé avec boulonneuse ou clé dynamométrique appropriée • Marteau



Coordonnées des chevilles [mm]

Cheville	x	y	c_{-x}	c_{+x}	c_{-y}	c_{+y}
1	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

6 - 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 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 1311 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 1311 daN / 4 = 328 daN

Sous chargement ELU, cet effort par vis devient 1,5 x 162,7 daN = 492 daN

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-50 (Re > 210 MPa et Rm > 500 MPa),
- ✓ Section résistante de la vis : A = 36,6 mm²,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU											
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	492	**daN**							
Traction	$F_{t,Ed}$	=	0	**daN**							
Vérifications											
Cisaillement partie filetée	**(O/N)**		O								
Boulon tête fraisée	**(O/N)**		N							**Ratio**	
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	492	**daN**	<	$F_{v,Rd}$	=	878	**daN**	0,56	OK
Pression diamètrale	$F_{b,Ed}$	=	492	**daN**	<	$F_{b,Rd}$	=	1 248	**daN**	0,39	OK
Traction	$F_{t,Ed}$	=	0	**daN**	<	$F_{t,Rd}$	=	1 318	**daN**	0,00	OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed}$ / $F_{v,Rd}$	+	$F_{v,Ed}$ / $1{,}4\ F_{t,Rd}$	=						0,56	OK

Le taux de travail maxi est de 56 %.

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 1301,9 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 1311 daN / 4 = 328 daN

Sous chargement ELU, cet effort par vis devient 1,5 x 328 daN = 492 daN

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-50 (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	$F_{t,Ed}$	=	492	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 diamètrale	$F_{b,Ed}$	=	0	daN	<	$F_{b,Rd}$	=	1 248	daN	0,00	OK
Traction	$F_{t,Ed}$	=	492	daN	<	$F_{t,Rd}$	=	1 318	daN	0,37	OK
Cisaillement et traction	$F_{v,Ed}$ / $F_{v,Rd}$	+	$F_{v,Ed}$ / $1{,}4\ F_{t,Rd}$	=						0,27	OK

Le taux de travail maxi est de 27 %.

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 50x55x2 (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	432,96	564,00	0,00
Barre	204	102	102
Noeud	19	39	33
Cas	ELU/9	ELU/16	ELU/2
MIN	-659,73	-342,19	-0,00
Barre	203	101	102
Noeud	45	38	33
Cas	ELU/16	ELU/9	ELU/16

L'effort maxi dans l'articulation la plus sollicitée est donc de 699 daN (nœud 51 / élément 203). Cet effort genère du cisaillement double dans la vis de liaison.

L'effort ELU de cisaillement maxi par vis est de 660 daN / 2 = 330 daN

Vis H M8 en INOX A4-50 :

- ✓ Inox A4-50 (Re > 210 MPa et Rm > 500 MPa),
- ✓ Section résistante de la vis : A = 36,6 mm²,

Vérifications Eurocode :

Efforts calculés aux ELU											
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	330	daN							
Traction	$F_{t,Ed}$	=	0	daN							
Vérifications											
Cisaillement partie filetée	(O/N)		O								
Boulon tête fraisée	(O/N)		N							**Ratio**	
Cisaillement	$F_{v,Ed}$	=	330	daN	<	$F_{v,Rd}$	=	878	daN	0,38	OK
Pression diamètrale	$F_{b,Ed}$	=	330	daN	<	$F_{b,Rd}$	=	1 248	daN	0,26	OK
Traction	$F_{t,Ed}$	=	0	daN	<	$F_{t,Rd}$	=	1 318	daN	0,00	OK
Cisaillement et traction	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}$	+	$\frac{F_{v,Ed}}{1,4\ F_{t,Rd}}$	=						0,38	OK

Le taux de travail maxi est de 38 %.

Les vis des articulations sont donc validées.