Construction d'amphithéâtres

Campus de Terre Sainte - Université de La Réunion

Avenue du docteur Jean-Marie Dambreville - Terre Sainte - Saint Pierre



Maitrise d'ouvrage

Université de la Réunion
15 avenue René Cassin - CS92003
97744SAINT-DENIS CEDEX 9

SODIAC
15 avenue René Cassin - CS92003
97744SAINT-DENIS CEDEX 9

Maitrise d'œuvre

Architecte Mandataire	Tand-M Réunion	13 ruelle Lallemand - 97410 Saint Pierre louis@tand-m-architectes.com
Structure	EMCI	emci.mickaelmadoure@emci.re
VRD	ISOFLU	mchedin@isoflu.fr
Fluides	AIR	a.toullec@darwin-concept.fr
Qualité environnementale	Résiliens Solener	simon.chauvat@resiliens.re rachid.ghomari@solener.fr
Paysage	AWE	awe.paysage@gmail.com
Economiste	CIEA	ciea_contact@ciea.re
Scénographie	Agence Clair Obscur	ah@agenceaco.fr
Acoustique	Marshall Day Acoustics	juanoscar.garcia@marshallday.fr

Phase d'étude	Document	Indice
DCE	**NDC SISMIQUE**	**0**

Sommaire

1. Objet de la note 3
2. Documents de référence 3
3. Hypothèses de modélisation 3
3.1. Règlements et combinaisons 3
3.2. Hypothèses géotechniques 3
3.3. Vent 3
3.4. Modélisation 4
3.5. Séisme 4
3.6. Matériaux 5
3.7. Les chargements 5
4. Etude du Bloc 1 : Amphithéâtre 600 6
4.1. Modélisation 6
4.2. Chargement 8
4.3. Matériaux 9
4.4. Analyse modale 10
4.4.a. Spectre sismique 10
4.4.b. Conversion des masses 10
4.4.c. Analyse modale de la structure 11
4.4.d. Aperçu des modes de vibrations 15
4.5. Résultats sismiques 19
4.5.a. Réactions d'appuis 19
4.5.b. Vérification globale du non-glissement 20
4.5.c. Déplacement au droit des JD 21
5. Etude du Bloc 2 : Amphithéâtre 200 22
5.1. Modélisation 22
5.2. Chargement 24
5.3. Matériaux 26
5.4. Analyse modale 26
5.4.a. . Spectre sismique 26
5.4.b. Conversion des masses 27
5.4.c. Analyse modale de la structure 27
5.4.d. Aperçu des modes de vibrations 31
5.5. Résultats sismiques 35
5.5.a. Réactions d'appuis 35
5.5.b. Vérification globale du non-glissement 36
5.5.c. Déplacement au droit des JD 37

1. Objet de la note

La présente note de calculs a pour objet de présenter les principaux résultats des études sismiques dans le cadre des travaux de construction d'un amphithéâtre à Terre-Sainte, sur la commune de Saint-Pierre.

L'opération est constituée d'un bloc de bâtiment de type RDC à R+1, séparés par un joint de dilatation. Les bâtiments sont couverts par des charpentes bois avec couverture en tôle.

2. Documents de référence

- Dossier de plans architecte et structure PRO de Mai 2026
- Rapport géotechnique G2 PRO de GEISER, n°GE253400 indice 3 du 13 Avril 2026

3. Hypothèses de modélisation

3.1. Règlements et combinaisons

Les règlements utilisés sont les EUROCODES : EC0, EC1, EC2, EC3, EC4, EC5, EC7 et EC8.
Les combinaisons sont réalisées automatiquement par le logiciel.

3.2. Hypothèses géotechniques

Le sol est de classe A au sens de l'EUROCODE 8.

La contrainte admissible dans les altérites limoneuses avec pourcentages variable de rognons, cailloux et blocs et/ou zones indurées de basalte en place et non remaniés et/ou sur le basalte, vaut :

- 0.30 MPa à l'ELS pour les fondations des bâtiments assises dans les alluvions avec sables, graviers et blocs en pourcentage variables
- 0.45 MPa à l'ELU et ELUA pour les fondations des bâtiments assises dans les alluvions avec sables, graviers et blocs en pourcentage variables

Caractéristiques des sols :

Nature de sol	Angle de frottement (°)	Masse volumique (KN/m3)	Cohésion (KPa)
Altérites limoneuses	25 - >30	17 - 22	20 - 30
Basalte (altéré par endroits)	> 40	20 - 26	30 - >50

- Nous retiendrons pour cette étude :
  - γ = 20 kN/m3
  - Φ = 25° (cas défavorable)
  - c = 0 MPa

- Condition de non-glissement : $\frac{H}{V} \leq \frac{\mathrm{Tan}\ 25}{1.25}$ = 0.37

3.3. Vent

Non cumulable avec l'action sismique.

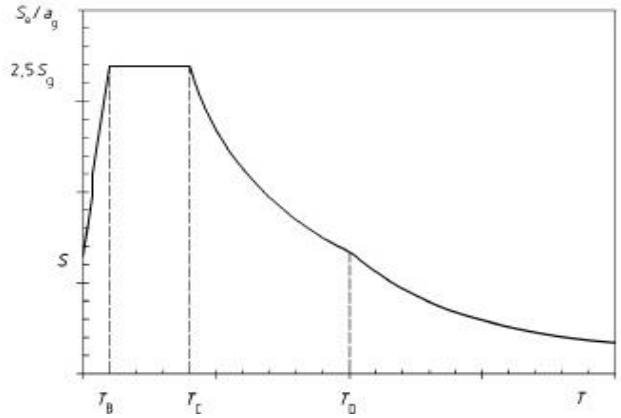
3.4. Modélisation

- Les structures sont modélisées sous SCIA Engineer 26
- Dimension du maillage : 20x20 [cm]

3.5. Séisme

- Sismicité faible soit a_{gr} = 0.7 m/s²
- Catégorie d'importance III
- Coefficient d'importance γ_I = 1.2
- Sol de classe A, coefficient de sol S = 1.00
- Coefficient de comportement du béton armé et charpente bois q = 1.50
- Coefficient d'amortissement pour la structure béton armé et bois sera pris égal à 4%

- Spectre de calcul selon l'arrêté d'Octobre 2010 :



TB = 0.03s

TC = 0.20s

TD = 2.5s

- Coefficient de conversion des masses :
  - Etages à occupation corrélées (Φ = 0.8)
  - Charges permanentes (Φ = 1)

- Valeur de ψ_2 :

Action	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges d'exploitation des bâtiments, catégorie (voir EN 1991-1.1) :			
Catégorie A : habitation, zones résidentielles	0,7	0,5	0,3
Catégorie B : bureaux	0,7	0,5	0,3
Catégorie C : lieux de réunion	0,7	0,7	0,6
Catégorie D : commerces	0,7	0,7	0,6
Catégorie E : stockage	1,0	0,9	0,8
Catégorie F : zone de trafic, véhicules de poids ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Catégorie G : zone de trafic, véhicules de poids compris entre 30 kN et 160 kN	0,7	0,5	0,3
Catégorie H : toits	0	0	0
Charges dues à la neige sur les bâtiments (voir EN 1991-1-3) [a] :			
Finlande, Islande, Norvège, Suède	0,70	0,50	0,20
Autres États Membres CEN, pour lieux situés à une altitude H > 1 000 m a.n.m.	0,70	0,50	0,20
Autres États Membres CEN, pour lieux situés à une altitude H ≤ 1 000 m a.n.m.	0,50	0,20	0
Charges dues au vent sur les bâtiments (voir EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Température (hors incendie) dans les bâtiments (voir EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

NOTE Les valeurs des coefficients ψ peuvent être données dans l'Annexe Nationale.

a) Pour des pays non mentionnés dans ce qui suit, se référer aux conditions locales appropriées.

- Fréquence de coupure : 33 hertz

Masse participante : La masse participante du modèle sera au minimum égale à 90% de la masse convertie. Si à partir de la fréquence de coupure ce pourcentage de masse n'est pas atteint nous appliquerons la méthode du mode résiduel qui consiste à majorer le dernier mode retenu par la masse manquante. (Ceci par analogie avec les règles PS92 : l'EUROCODE 8 n'envisageant pas cette situation).

Les efforts dans les éléments de structures seront directement issus du modèle de calcul.
Les déformations seront celles issues du modèle de calcul.

3.6. Matériaux

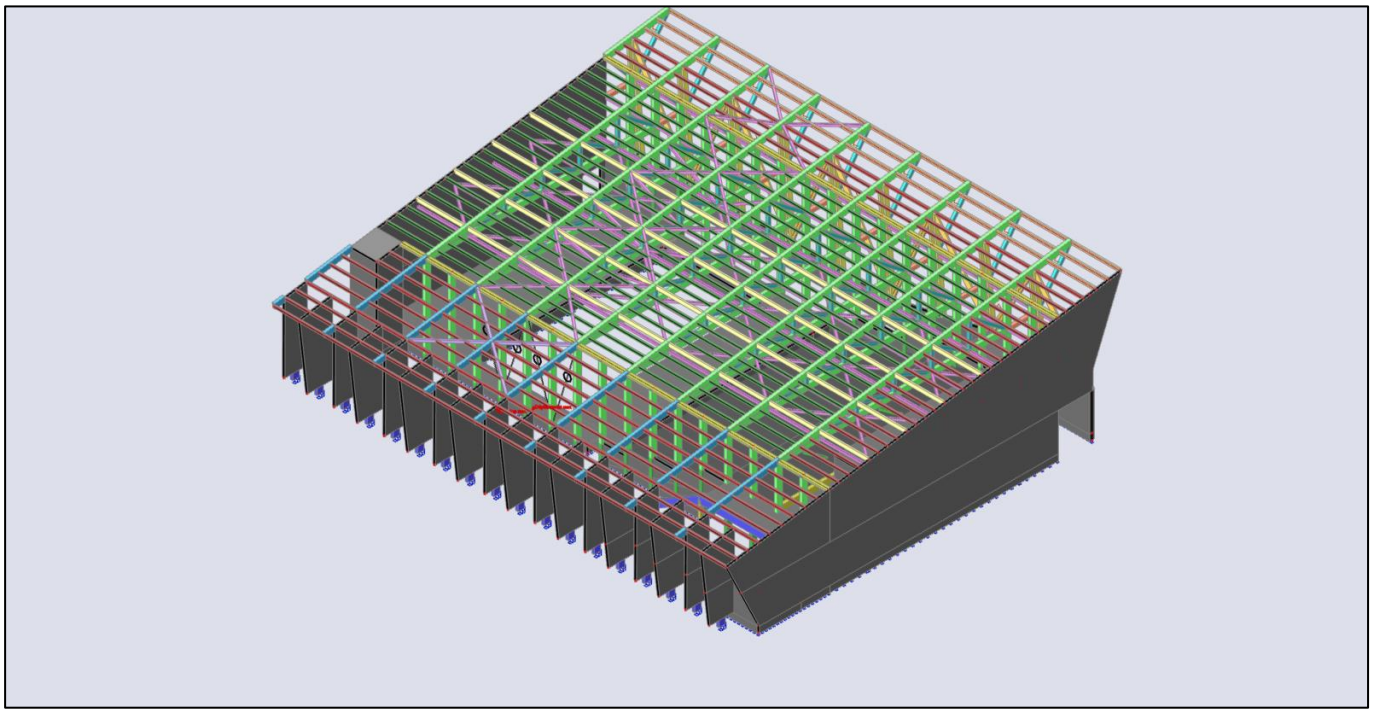
- Densité du béton : 2.5 t/m^3
  - Module des matériaux : il est pris comme module, le module fissuré (EC8 Art.4.3.1-(7)) (voir §III) soit E = 31000/2 = 15500 MPa pour le C25/30

3.7. Les chargements

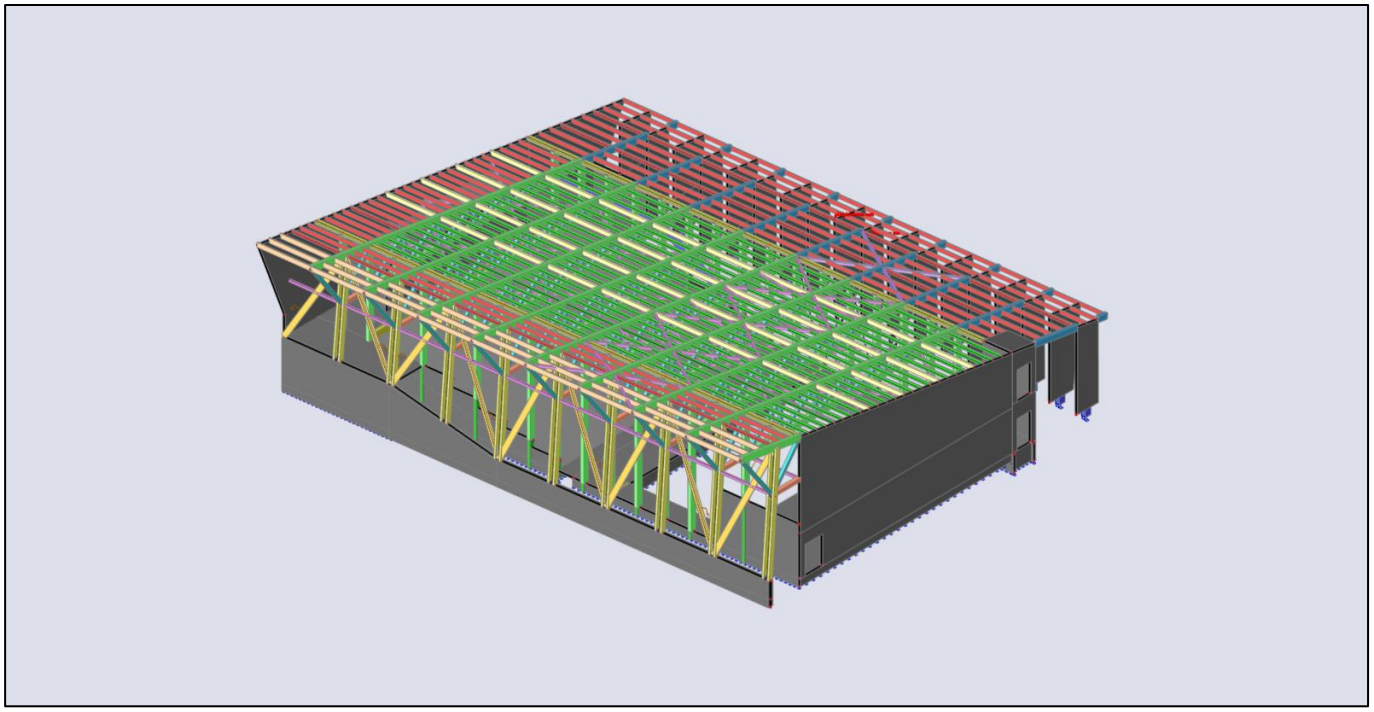
- **Voir CCTP**

4. Etude du Bloc 1 : Amphithéâtre 600

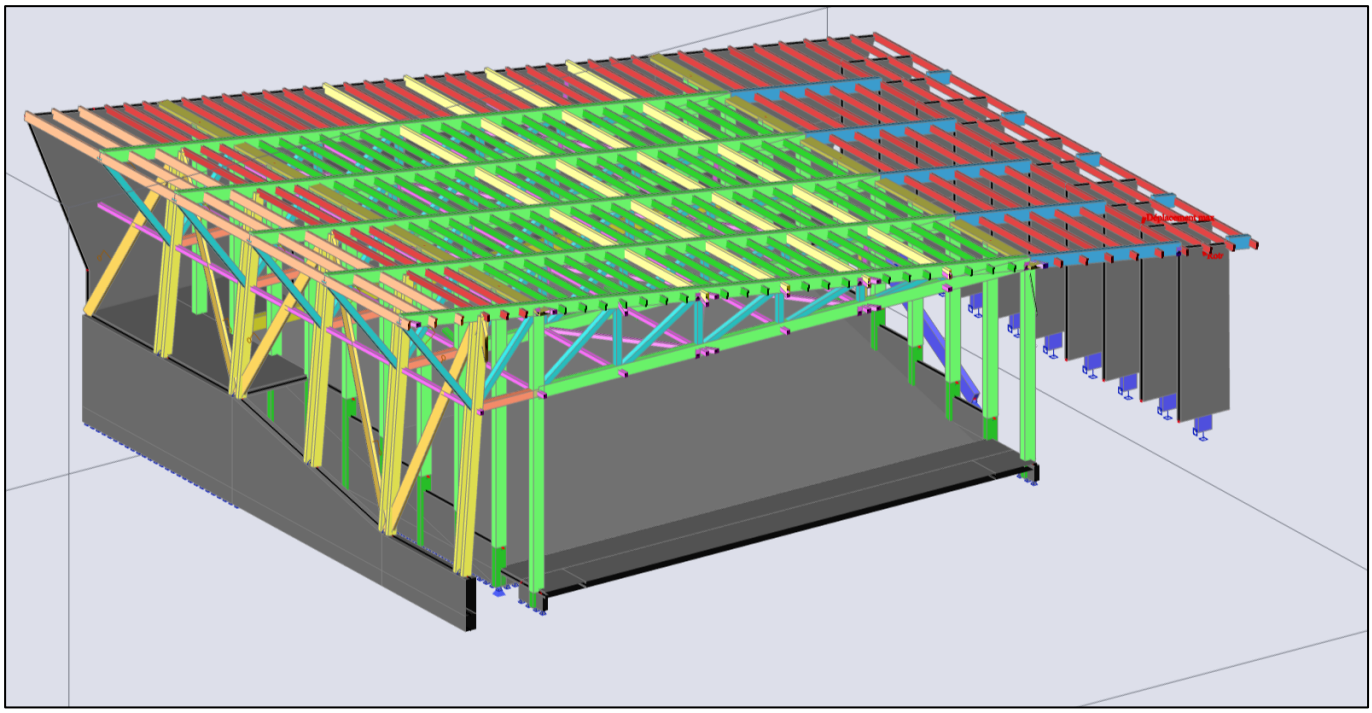
4.1. Modélisation



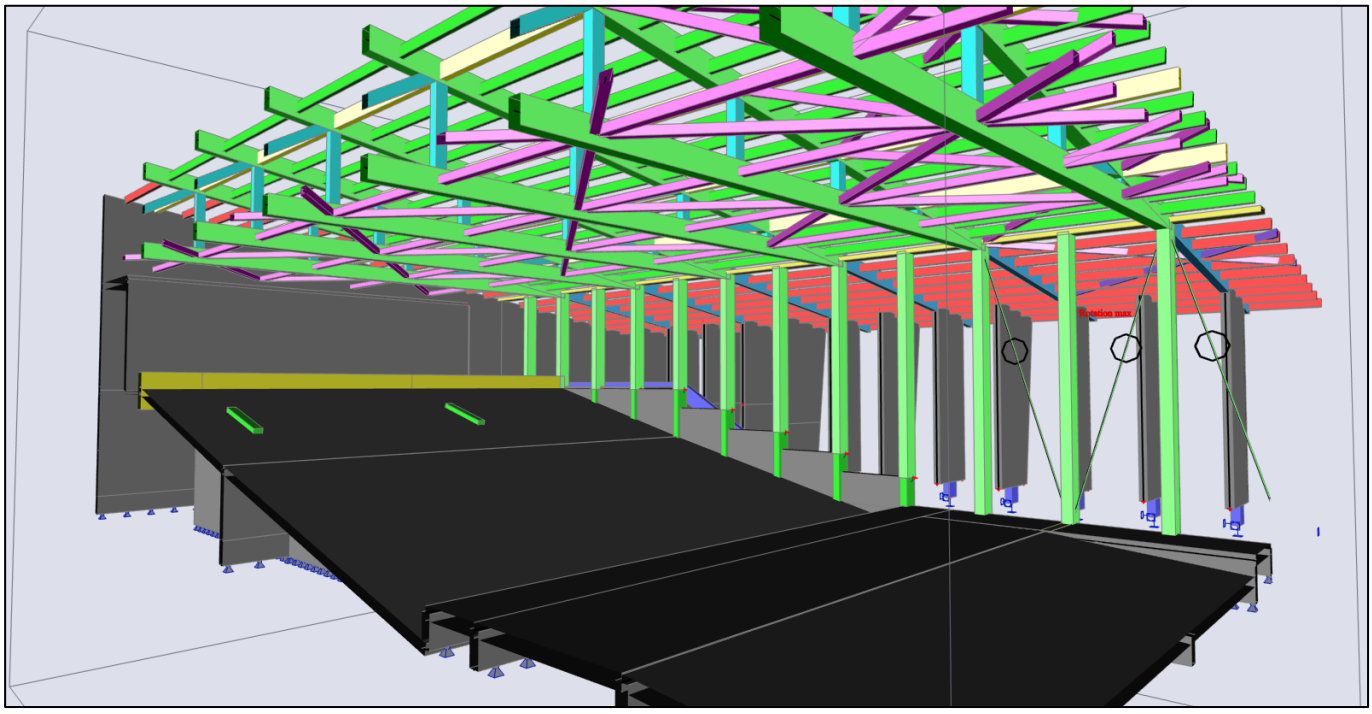
Img 1: Aperçu du bloc



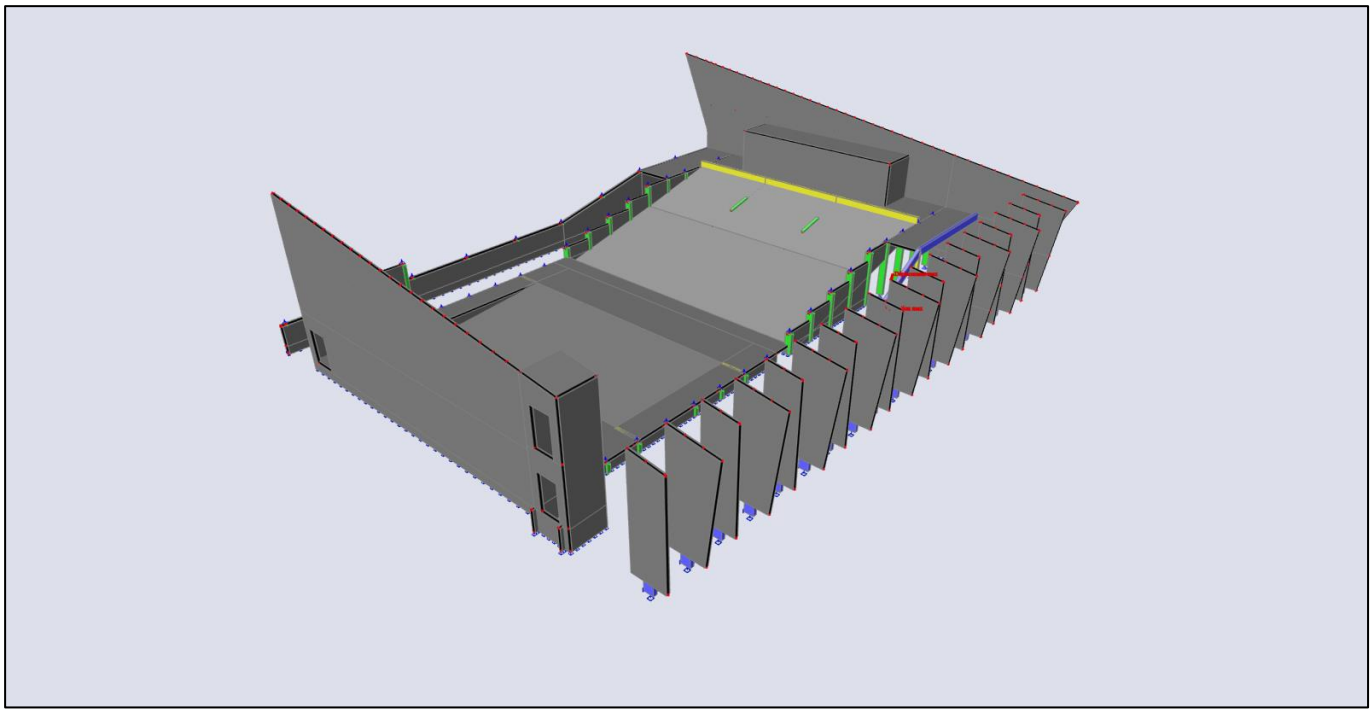
Img 2: Aperçu du bloc



Img 3: Coupe Transversale

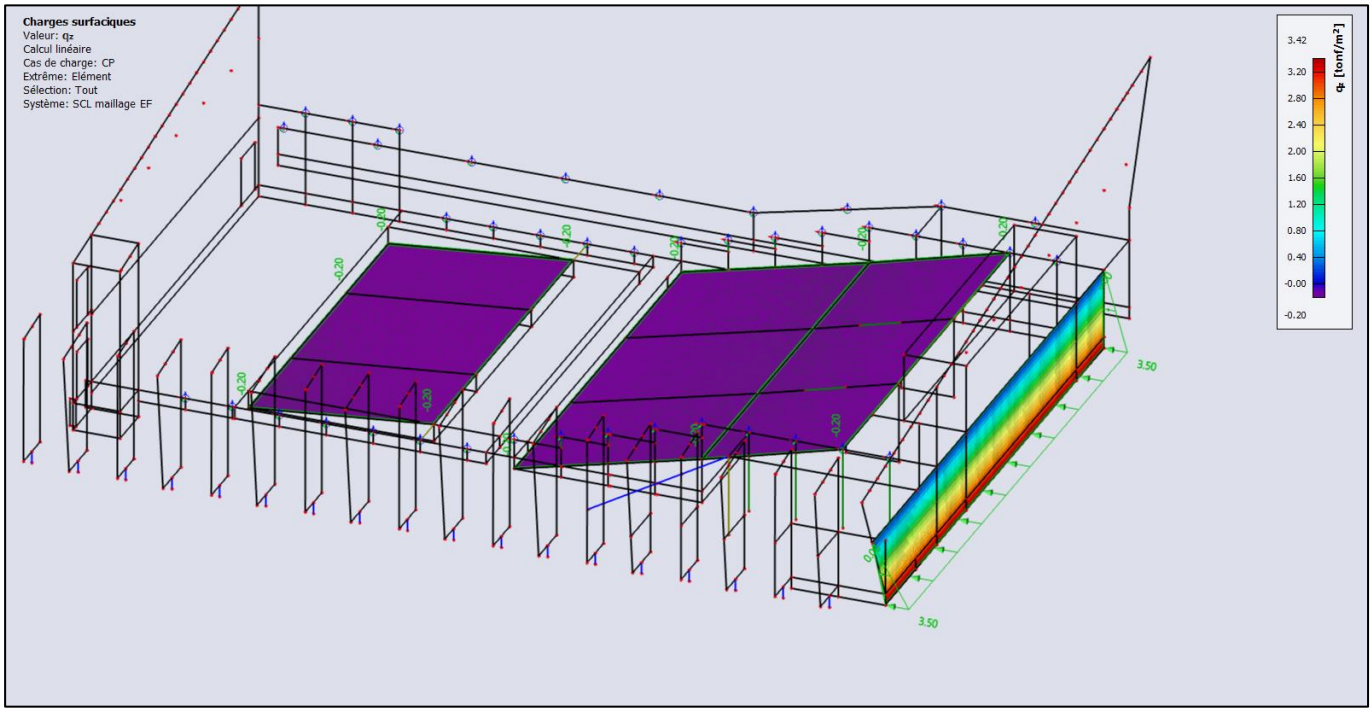


Img 4: Coupe Transversale

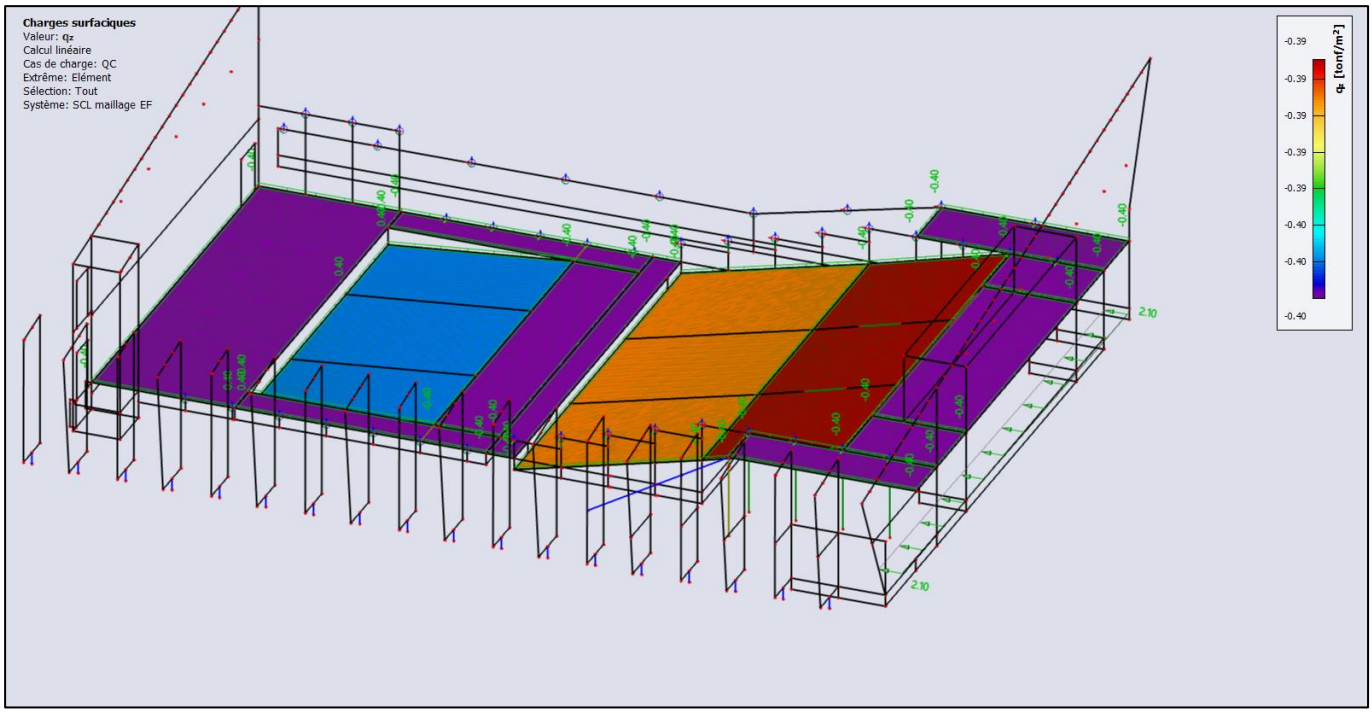


Img 5: Structure béton seule

4.2. Chargement



Img 6: Charges CP [t/m²]



Img 7: Charges QC [t/m²]

4.3. Matériaux

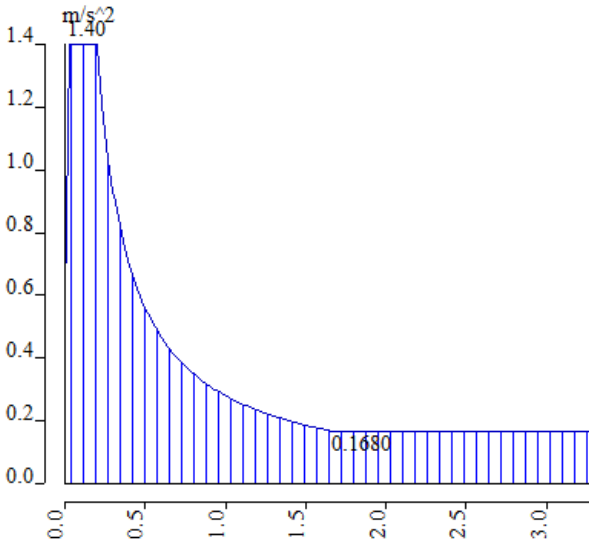
Nom	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ [-]	Limit inférieure [cm]	Limite supérieure [cm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Couleur
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850.00	210000.00	0.30	0.00	4.00	235.00	360.00	
		80769.23	0.00	4.00	8.00	215.00	360.00	
S 450	7850.00	210000.00	0.30	0.00	4.00	440.00	550.00	
		80769.23	0.00	4.00	8.00	410.00	550.00	

Nom	Type	ρ [kg/m³]	Masse volumique béton frais [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ [-]	α [m/mK]	$f_{c.k.28}$ [MPa]	Couleur
C25/30-EC8	Béton	2500.00	2600.00	15750.00	0.20	0.00	25.00	

Nom	Type de bois	μ [-]	E_{mod} [MPa]	$f_{m.k}$ [MPa]	$f_{t.0.k}$ [MPa]	$f_{t.90.k}$ [MPa]	$f_{c.0.k}$ [MPa]	$f_{c.90.k}$ [MPa]	$f_{v.k}$ [MPa]	Couleur
	ρ [kg/m³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Massif	0.00	11000.00	24.00	14.50	0.40	21.00	2.50	4.00	
	420.00	0.00	690.00							
GL 24h (EN 14080)	Laminé, collé	0.00	11500.00	24.00	19.20	0.50	24.00	2.50	3.50	
	420.00	0.00	650.00							

4.4. Analyse modale

4.4.a. Spectre sismique

Nom	Type d'affichage	Info	Dessin
Unique ID			
FS1	Période	Type de norme - EN 1998-1:2004 – Eurocode Type de sol - A Direction - Horizontal Type de spectre - type 2 coef. accél. ag - 0.0856269 ag - accélération de calcul - 0.84 beta - 0.2 q - coefficient de comportement - 1.5	

4.4.b. Conversion des masses

- ***Groupes de masses :***

Nom	Cas de charge
MG	G - G
MCP	CP - CP
MQB	QB - QB
MQC	QC - QC

- ***Combinaison de groupes de masses :***

Nom	Groupe de masses	Coeff. [-]
CM1	MG	1.00
	MCP	1.00
	MQB	0.24
	MQC	0.48

- ***Somme des charges et des réactions :***

Cas de charge	Valeur	X [tonf]	Y [tonf]	Z [tonf]
G	charges	0.00	0.00	-989.11
CP	charges	147.95	0.00	-76.66
QB	charges	0.00	0.00	0.00
QC	charges	51.50	0.00	-281.29

- ***Somme des masses :***

	Type de masse	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
CM1	Masse en mouvement	1183673.17	1183673.17	1183673.17
CM1	Masse totale	1200369.96	1200369.96	1200369.96

Les masses sont correctement converties : 98% de la masse convertie

4.4.c. Analyse modale de la structure

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
1	11.8049	0.53	1.88	0.0000	0.0367	0.0001	0.0046	0.0000	0.0016
2	12.1543	0.52	1.93	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0096
3	12.234	0.51	1.95	0.0000	0.0026	0.0000	0.0003	0.0000	0.0011
4	12.2844	0.51	1.96	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023
5	12.3343	0.51	1.96	0.0000	0.0011	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
6	12.3791	0.51	1.97	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008
7	12.4145	0.51	1.98	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	12.4368	0.51	1.98	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
9	20.2342	0.31	**3.22**	**0.0822**	0.0002	0.0000	0.0001	0.0018	0.0774
10	29.4769	0.21	**4.69**	0.0050	**0.0426**	0.0000	0.0108	0.0003	0.0026
11	37.1502	0.17	5.91	0.0000	0.0000	0.0421	0.0002	0.0753	0.0000
12	37.209	0.17	**5.92**	**0.1115**	0.0017	0.0001	0.0003	0.0088	0.0055
13	38.2779	0.16	6.09	0.0000	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
14	42.9268	0.15	6.83	0.0015	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0038
15	43.4723	0.14	6.92	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	44.9592	0.14	7.16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	45.1944	0.14	7.19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	45.2767	0.14	7.21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	45.3107	0.14	7.21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	45.3264	0.14	7.21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	45.3391	0.14	7.22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	45.9281	0.14	7.31	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014
23	48.527	0.13	7.72	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0000	0.0000
24	48.7522	0.13	7.76	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	49.4847	0.13	7.88	0.0001	0.0000	0.0497	0.0003	0.0358	0.0000
26	49.8341	0.13	7.93	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27	49.9266	0.13	7.95	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
28	49.9856	0.13	7.96	0.0066	0.0001	0.0001	0.0000	0.0052	0.0040
29	50.057	0.13	7.97	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	50.0858	0.13	7.97	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31	50.2432	0.13	8.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	50.2851	0.12	8.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	50.6185	0.12	8.06	0.0010	0.0000	0.0164	0.0001	0.0000	0.0000
34	51.5156	0.12	8.20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0150	0.0000	0.0002
35	51.6273	0.12	8.22	0.0000	0.0044	0.0009	0.0000	0.0006	0.0134
36	51.8595	0.12	8.25	0.0000	0.0022	0.0038	0.0000	0.0017	0.0010
37	54.5145	0.12	8.68	0.0000	0.0001	0.0058	0.0001	0.0002	0.0019
38	55.1661	0.11	8.78	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003
39	55.7035	0.11	8.87	0.0001	0.0000	0.0008	0.0001	0.0034	0.0021
40	55.7858	0.11	8.88	0.0003	0.0006	0.0046	0.0004	0.0000	0.0016
41	56.3351	0.11	8.97	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0001	0.0003
42	56.4137	0.11	8.98	0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0014	0.0027
43	57.4543	0.11	9.14	0.0020	0.0001	0.0008	0.0001	0.0005	0.0000
44	58.7767	0.11	9.35	0.0013	0.0000	0.0189	0.0000	0.0062	0.0000
45	59.8583	0.10	9.53	0.0019	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0034
46	61.3675	0.10	9.77	0.0000	0.0000	0.0000	0.0256	0.0000	0.0004
47	62.8849	0.10	10.01	0.0001	0.0015	0.0000	0.0008	0.0002	0.0075
48	63.0915	0.10	10.04	0.0000	0.0000	0.0061	0.0064	0.0072	0.0000
49	65.0561	0.10	10.35	0.0008	0.0000	0.0166	0.0001	0.0001	0.0000
50	65.3343	0.10	10.40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0000	0.0000
51	67.2419	0.09	10.70	0.0000	0.0000	0.0050	0.0000	0.0091	0.0000
52	67.9701	0.09	10.82	0.0004	0.0009	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
53	70.8725	0.09	11.28	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0015
54	71.207	0.09	11.33	0.0001	0.0002	0.0003	0.0000	0.0013	0.0002
55	71.62	0.09	11.40	0.0006	0.0000	0.0035	0.0000	0.0021	0.0000

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
56	71.7465	0.09	11.42	0.0044	0.0000	0.0456	0.0003	0.0182	0.0000
57	72.3718	0.09	11.52	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001	0.0011
58	76.8284	0.08	12.23	0.0011	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0022
59	79.3237	0.08	12.62	0.0001	0.0000	0.0101	0.0001	0.0072	0.0000
60	80.2181	0.08	12.77	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61	82.4038	0.08	13.11	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039
62	86.1442	0.07	13.71	0.0002	0.0011	0.0001	0.0000	0.0000	0.0013
63	87.5843	0.07	13.94	0.0164	0.0000	0.0007	0.0000	0.0003	0.0023
64	88.9692	0.07	14.16	0.0012	0.0014	0.0010	0.0004	0.0007	0.0023
65	89.9772	0.07	14.32	0.0004	0.0002	0.0010	0.0020	0.0004	0.0000
66	91.479	0.07	14.56	0.0001	0.0038	0.0003	0.0009	0.0005	0.0029
67	93.2067	0.07	14.83	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000
68	93.6057	0.07	14.90	0.0003	0.0012	0.0000	0.0003	0.0000	0.0003
69	94.2048	0.07	14.99	0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0005
70	94.6375	0.07	15.06	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000	0.0006	0.0001
71	94.8265	0.07	15.09	0.0065	0.0001	0.0020	0.0000	0.0025	0.0014
72	95.3105	0.07	15.17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
73	96.2789	0.07	15.32	0.0166	0.0000	0.0015	0.0000	0.0005	0.0008
74	99.0299	0.06	15.76	0.0134	0.0000	0.0015	0.0000	0.0003	0.0009
75	99.3836	0.06	15.82	0.0002	0.0013	0.0006	0.0001	0.0003	0.0001
76	99.7113	0.06	15.87	0.0000	0.0001	0.0005	0.0008	0.0001	0.0001
77	104.459	0.06	16.63	0.0001	0.0000	0.0005	0.0000	0.0021	0.0000
78	104.791	0.06	16.68	0.0000	0.0036	0.0006	0.0009	0.0005	0.0012
79	105.39	0.06	16.77	0.0000	0.0017	0.0001	0.0005	0.0000	0.0007
80	106.977	0.06	17.03	0.0007	0.0004	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
81	108.441	0.06	17.26	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82	109.284	0.06	17.39	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
83	109.334	0.06	17.40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
84	109.457	0.06	17.42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
85	109.523	0.06	17.43	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
86	112.328	0.06	17.88	0.0022	0.0007	0.0004	0.0001	0.0008	0.0006
87	117.013	0.05	18.62	0.0000	0.0002	0.0007	0.0000	0.0008	0.0006
88	117.599	0.05	18.72	0.0005	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.0050
89	118.902	0.05	18.92	0.0011	0.0003	0.0012	0.0001	0.0008	0.0002
90	119.536	0.05	19.02	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0014
91	119.784	0.05	19.06	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0000	0.0000
92	120.108	0.05	19.12	0.0000	0.0004	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
93	120.991	0.05	19.26	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
94	121.244	0.05	19.30	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003
95	121.968	0.05	19.41	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0006	0.0000
96	123.229	0.05	19.61	0.0002	0.0004	0.0034	0.0002	0.0033	0.0002
97	123.468	0.05	19.65	0.0012	0.0001	0.0011	0.0001	0.0020	0.0000
98	123.57	0.05	19.67	0.0134	0.0000	0.0085	0.0000	0.0156	0.0002
99	123.749	0.05	19.70	0.0009	0.0000	0.0007	0.0003	0.0002	0.0000
100	123.788	0.05	19.70	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
101	123.854	0.05	19.71	0.0007	0.0000	0.0002	0.0007	0.0032	0.0000
102	123.919	0.05	19.72	0.0004	0.0000	0.0002	0.0018	0.0001	0.0000
103	124.09	0.05	19.75	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
104	124.172	0.05	19.76	0.0005	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
105	125.087	0.05	19.91	0.0090	0.0000	0.0202	0.0000	0.0241	0.0000
106	125.449	0.05	19.97	0.0000	0.0000	0.0027	0.0003	0.0059	0.0002
107	125.829	0.05	20.03	0.0052	0.0004	0.0021	0.0007	0.0063	0.0012
108	126.393	0.05	20.12	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000	0.0038	0.0000
109	127.104	0.05	20.23	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
110	127.674	0.05	20.32	0.0006	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0020
111	128.674	0.05	20.48	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000
112	128.961	0.05	20.52	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
113	129.75	0.05	20.65	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
114	130.239	0.05	20.73	0.0000	0.0039	0.0044	0.0016	0.0069	0.0002
115	130.269	0.05	20.73	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
116	130.568	0.05	20.78	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
117	130.718	0.05	20.80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
118	132.148	0.05	21.03	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
119	132.839	0.05	21.14	0.0004	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0001
120	133.635	0.05	21.27	0.0018	0.0002	0.0001	0.0000	0.0004	0.0000
121	134.146	0.05	21.35	0.0000	0.0001	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000
122	135.287	0.05	21.53	0.0002	0.0024	0.0001	0.0005	0.0001	0.0010
123	136.514	0.05	21.73	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
124	136.619	0.05	21.74	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000
125	137.801	0.05	21.93	0.0064	0.0000	0.0006	0.0000	0.0002	0.0001
126	138.061	0.05	21.97	0.0011	0.0017	0.0004	0.0000	0.0006	0.0000
127	139.497	0.05	22.20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
128	139.771	0.04	22.25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
129	139.944	0.04	22.27	0.0029	0.0001	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000
130	140.908	0.04	22.43	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
131	140.95	0.04	22.43	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
132	142.774	0.04	22.72	0.0001	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
133	142.853	0.04	22.74	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134	143.876	0.04	22.90	0.0086	0.0300	0.0000	0.0011	0.0001	0.0053
135	144.283	0.04	22.96	0.0008	0.0020	0.0000	0.0012	0.0002	0.0003
136	144.749	0.04	23.04	0.0044	0.0009	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
137	144.767	0.04	23.04	0.0024	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
138	145.362	0.04	23.14	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
139	147.502	0.04	23.48	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
140	147.814	0.04	23.53	0.0000	0.0034	0.0003	0.0001	0.0003	0.0005
141	147.829	0.04	23.53	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
142	149.311	0.04	23.76	0.0020	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
143	149.493	0.04	23.79	0.0059	0.0034	0.0000	0.0000	0.0003	0.0013
144	150.568	0.04	23.96	0.0043	0.0023	0.0000	0.0004	0.0000	0.0014
145	150.923	0.04	24.02	0.0012	0.0000	0.0002	0.0014	0.0002	0.0000
146	151.076	0.04	24.04	0.0000	0.0000	0.0002	0.0008	0.0000	0.0000
147	151.861	0.04	24.17	0.0018	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0007
148	151.967	0.04	24.19	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
149	152.208	0.04	24.22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
150	153.043	0.04	24.36	0.0003	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000	0.0011
151	154.643	0.04	24.61	0.0022	0.0141	0.0000	0.0004	0.0002	0.0258
152	155.318	0.04	24.72	0.0079	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000	0.0054
153	157.109	0.04	25.00	0.0028	0.0067	0.0001	0.0005	0.0000	0.0026
154	157.463	0.04	25.06	0.0003	0.0046	0.0000	0.0002	0.0000	0.0054
155	157.578	0.04	25.08	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
156	157.708	0.04	25.10	0.0001	0.0095	0.0000	0.0005	0.0000	0.0053
157	157.959	0.04	25.14	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
158	158.169	0.04	25.17	0.0012	0.0009	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
159	158.522	0.04	25.23	0.0004	0.0025	0.0000	0.0002	0.0000	0.0012
160	160.754	0.04	25.58	0.0000	0.0153	0.0000	0.0007	0.0000	0.0117
161	161.745	0.04	**25.74**	0.0039	**0.1204**	0.0000	0.0044	0.0002	0.0934
162	163.219	0.04	25.98	0.0085	0.0343	0.0000	0.0005	0.0000	0.0154
163	163.612	0.04	26.04	0.0001	0.0026	0.0000	0.0006	0.0000	0.0018
164	165.592	0.04	26.35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
165	166.41	0.04	26.48	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
166	166.61	0.04	26.52	0.0002	0.0009	0.0000	0.0001	0.0000	0.0028
167	166.889	0.04	26.56	0.0000	0.0003	0.0000	0.0011	0.0000	0.0003
168	166.917	0.04	26.57	0.0000	0.0112	0.0004	0.0011	0.0000	0.0105
169	167.675	0.04	26.69	0.0015	0.0005	0.0014	0.0010	0.0000	0.0014
170	168.002	0.04	26.74	0.0006	0.0000	0.0005	0.0007	0.0003	0.0023
171	169.476	0.04	26.97	0.0015	0.0034	0.0000	0.0000	0.0001	0.0050
172	169.998	0.04	27.06	0.0005	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013
173	170.673	0.04	27.16	0.0000	0.0001	0.0050	0.0086	0.0036	0.0000
174	170.897	0.04	27.20	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
175	171.37	0.04	27.27	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
176	171.592	0.04	27.31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
177	171.723	0.04	27.33	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
178	172.189	0.04	27.40	0.0001	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013
179	173.063	0.04	27.54	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
180	173.592	0.04	27.63	0.0004	0.0010	0.0003	0.0001	0.0006	0.0006
181	173.859	0.04	27.67	0.0002	0.0062	0.0005	0.0001	0.0001	0.0053
182	174.248	0.04	27.73	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
183	175.134	0.04	27.87	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
184	175.619	0.04	27.95	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
185	175.891	0.04	27.99	0.0102	0.0002	0.0027	0.0005	0.0004	0.0000
186	175.972	0.04	28.01	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
187	176.466	0.04	28.09	0.0003	0.0000	0.0004	0.0000	0.0008	0.0000
188	176.666	0.04	28.12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
189	177.128	0.04	28.19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	177.394	0.04	28.23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
191	177.688	0.04	28.28	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
192	178.022	0.04	28.33	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
193	178.046	0.04	28.34	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
194	179.075	0.04	28.50	0.0009	0.0000	0.0004	0.0004	0.0000	0.0041
195	179.709	0.03	28.60	0.0010	0.0010	0.0014	0.0000	0.0006	0.0022
196	181.373	0.03	28.87	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
197	181.896	0.03	28.95	0.0019	0.0022	0.0002	0.0013	0.0003	0.0004
198	182.721	0.03	29.08	0.0000	0.0011	0.0036	0.0002	0.0019	0.0068
199	183.5	0.03	29.20	0.0000	0.0054	0.0001	0.0058	0.0001	0.0008
200	186.935	0.03	29.75	0.0001	0.0035	0.0015	0.0058	0.0006	0.0013
				0.4156	**0.4243**	0.3162	0.1523	0.2856	0.4124

Les modes principaux sont :

- N°12 sur Ux avec 11.15% de la masse participante.
- N°161 sur Uy avec 12.04% de la mases participante.

Ces modes sont des modes de flexion.

D'autres modes mobilisent de la masse :

- N°9 sur Ux avec 8.22% de la masse participante.
- N°10 sur Uy avec 4.26% de la masse participante.

Les autres modes sont des modes locaux qui mobilisent très peu de masse.

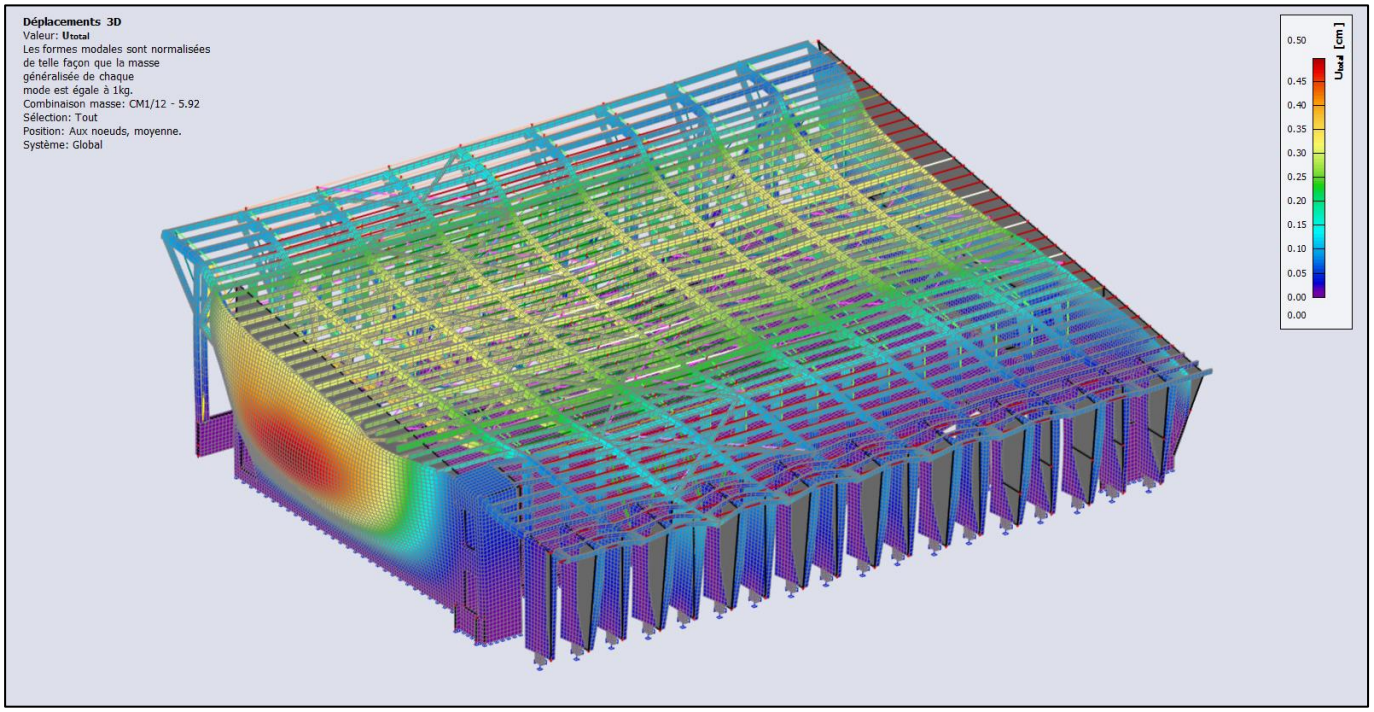
Au dernier mode (n°200 – fréquence de coupure à 33 Hz) :

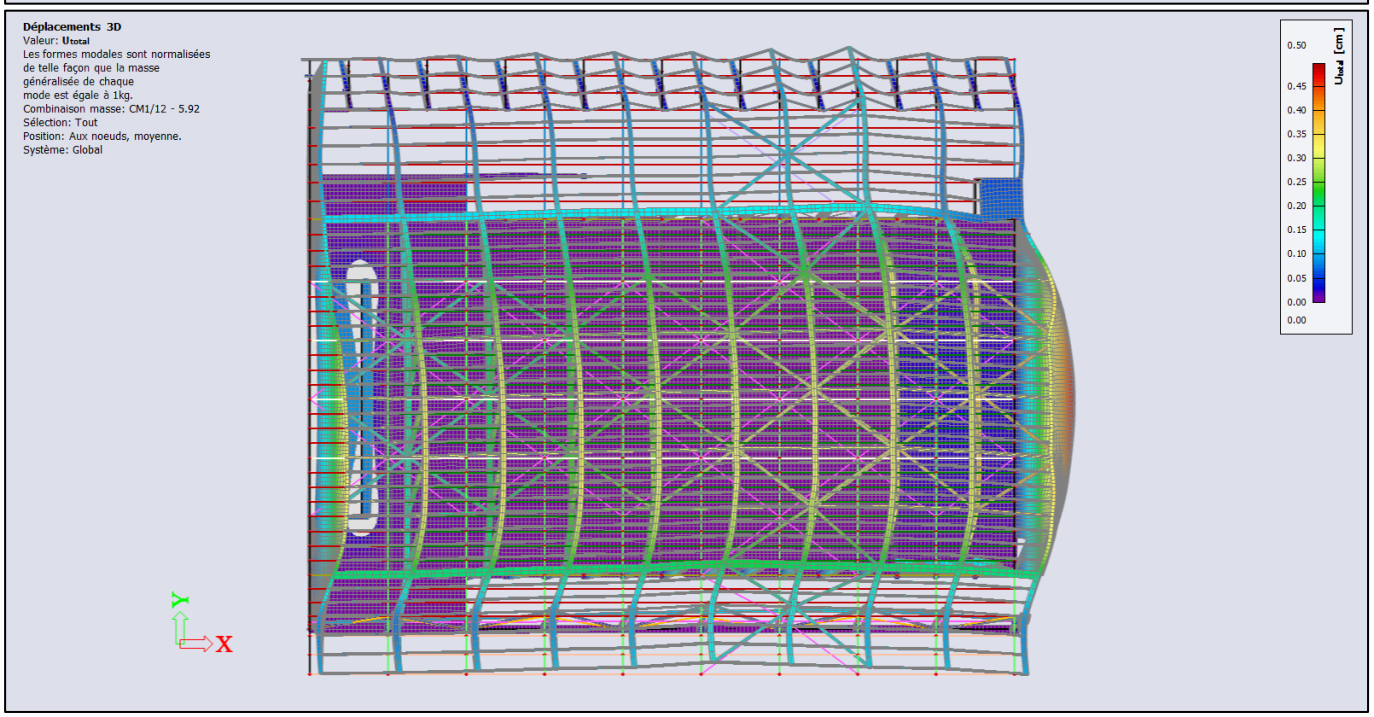
- 41.56% de la masse participante sur Ux
- 42.43% de la masse participante de Uy

Le pourcentage de masse participante est inférieur à 90%. Il est nécessaire d'appliquer le mode résiduel.

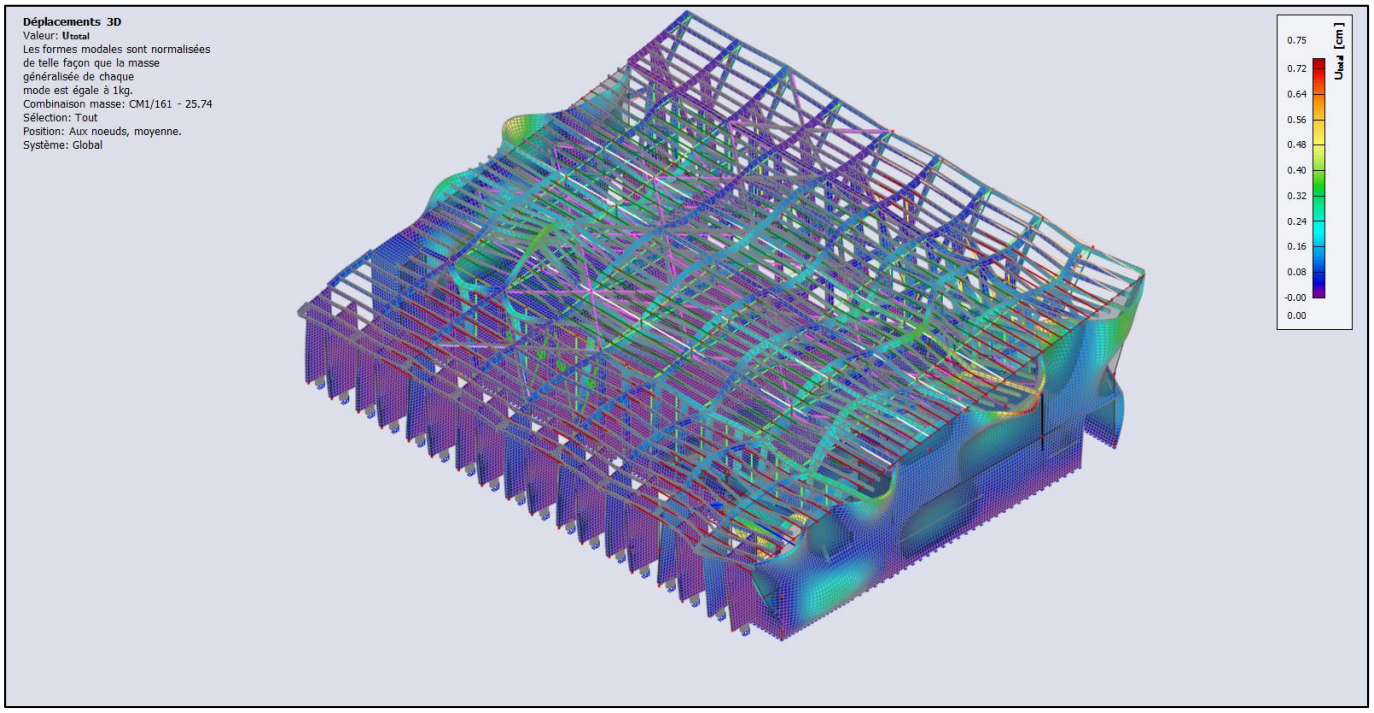
4.4.d. Aperçu des modes de vibrations

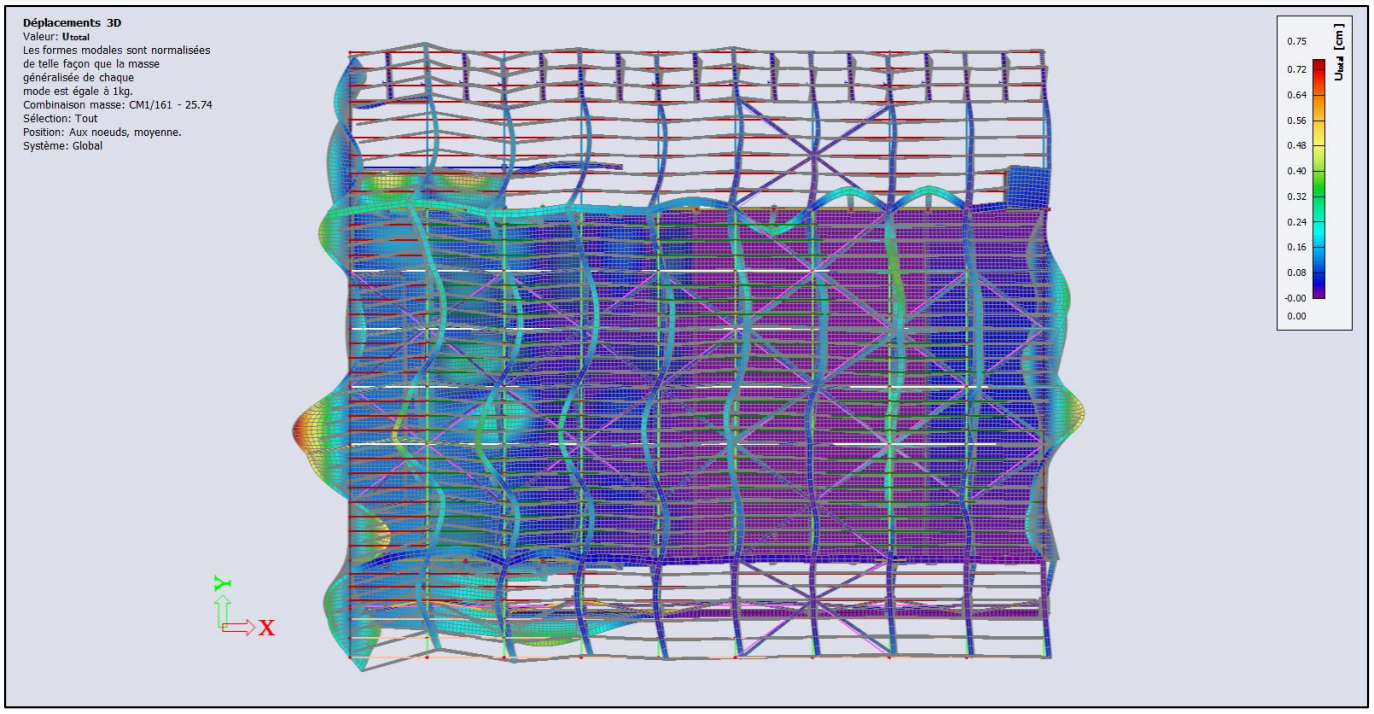
- Mode 12 (f = 5.92 Hz – Ux)



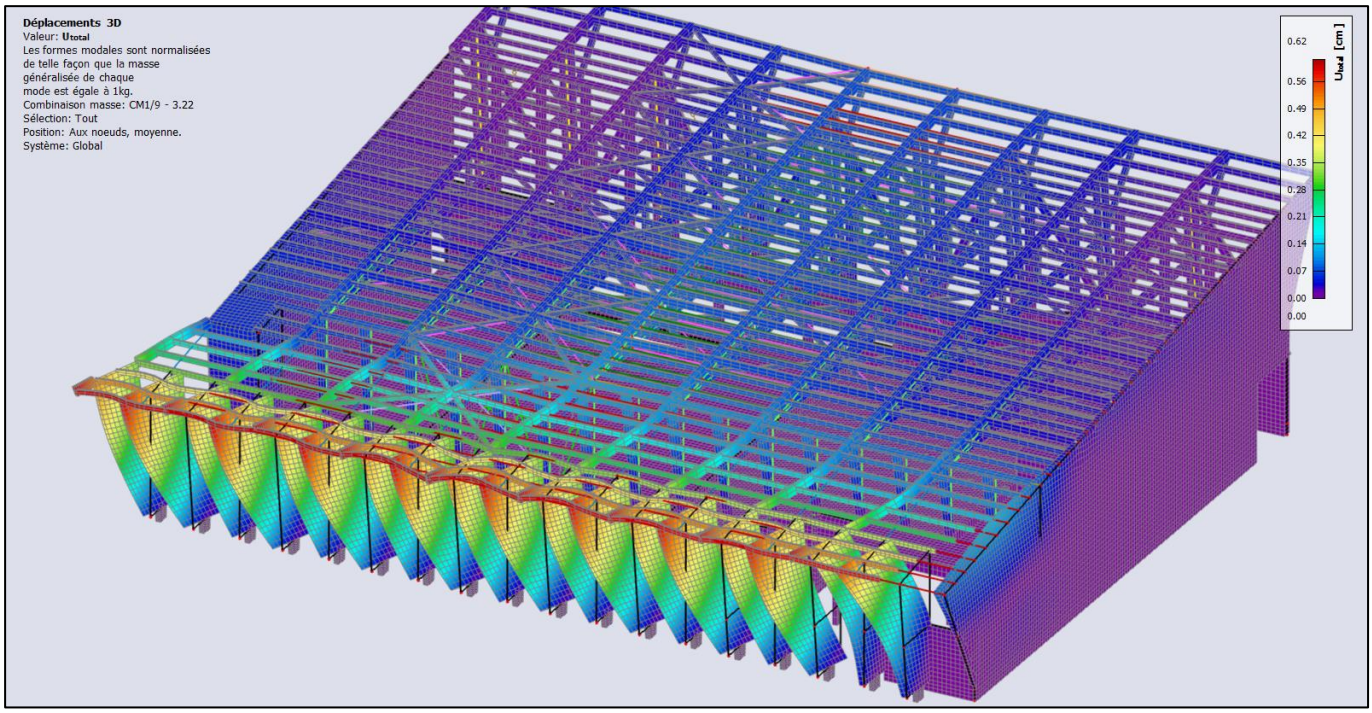


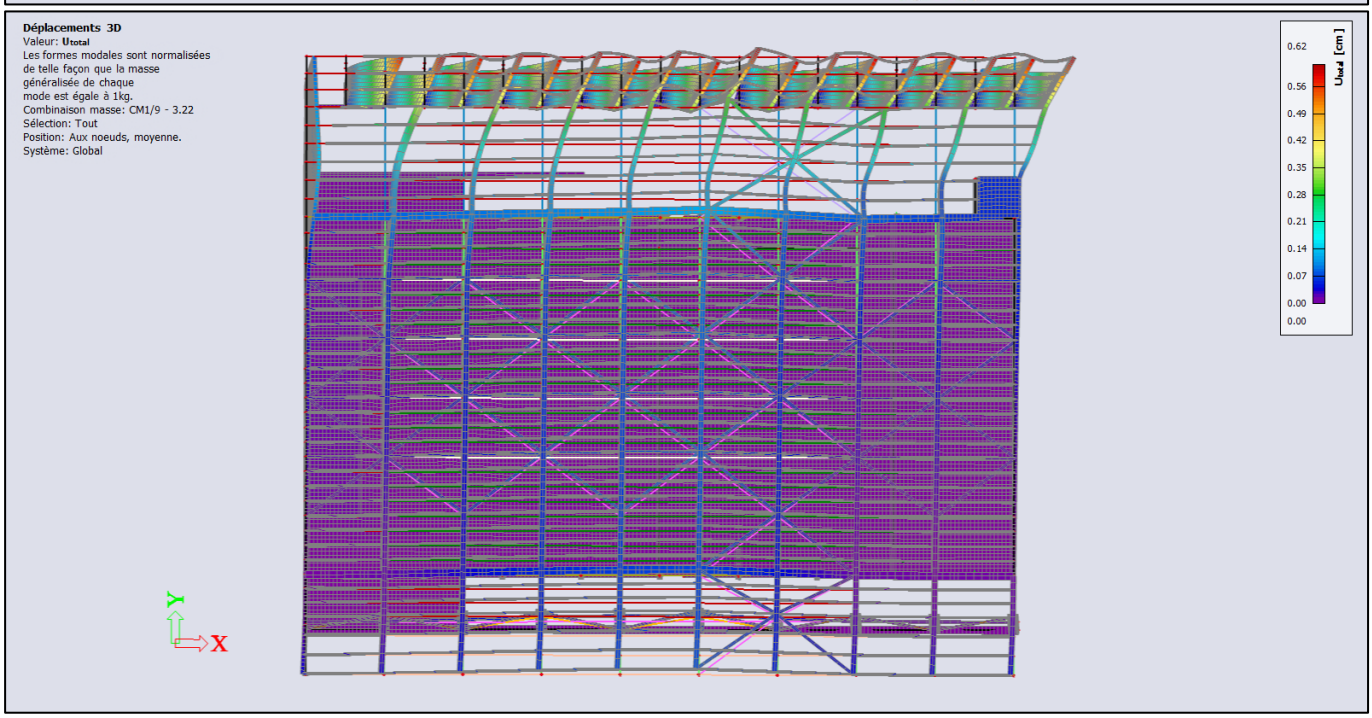
- Mode 161 (f = 25.74 Hz – Uy)



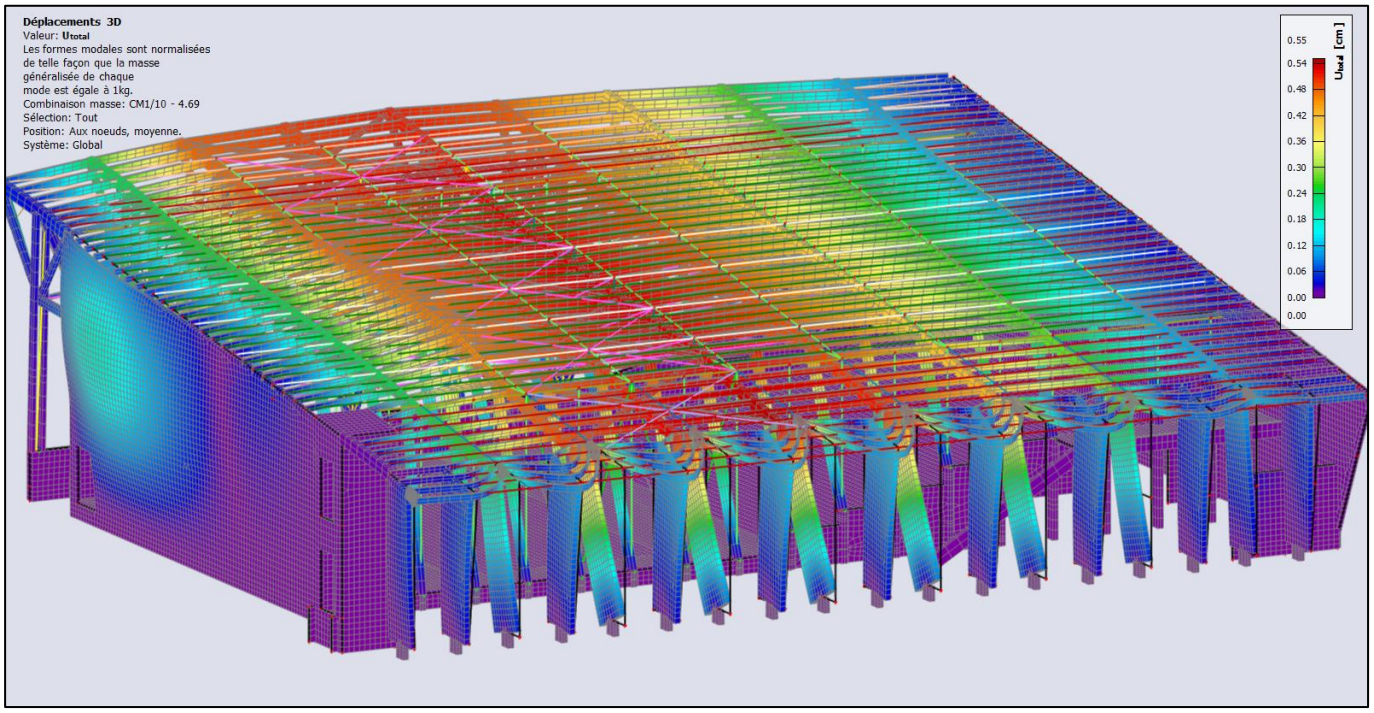


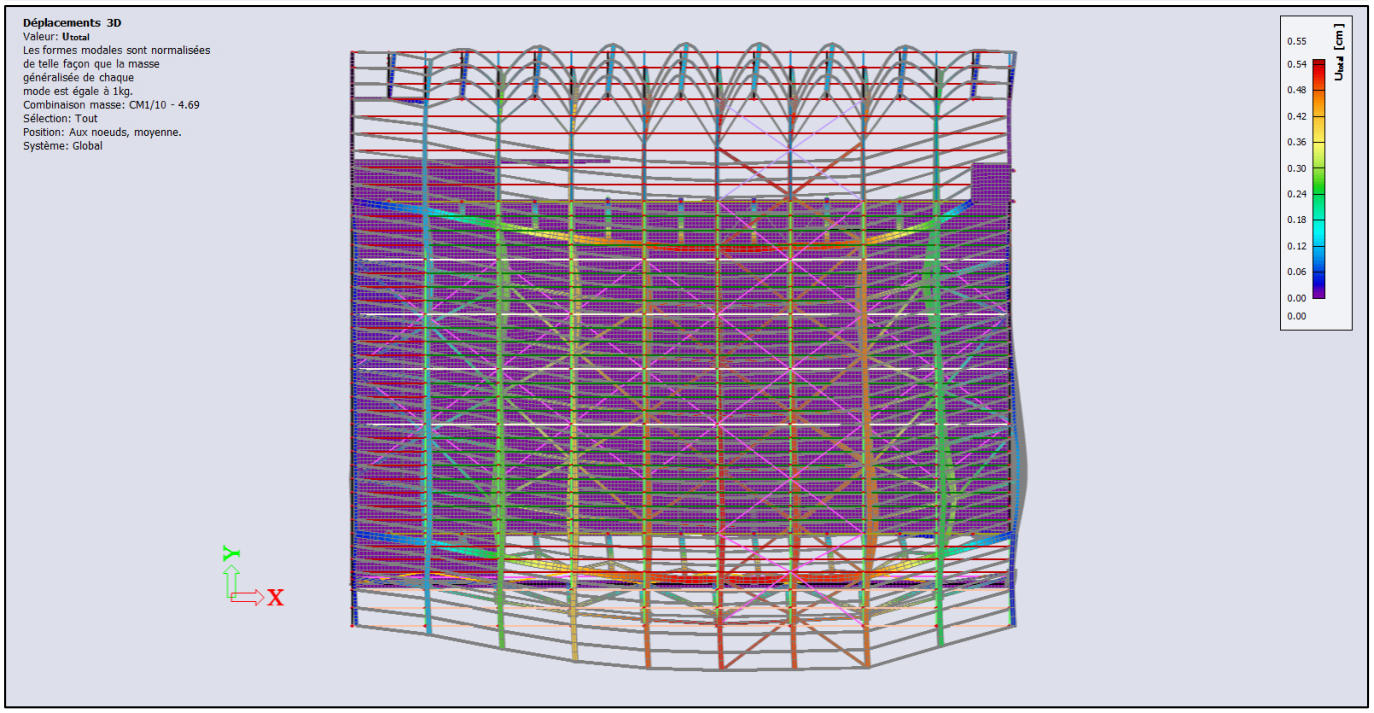
- Mode 9 (f = 3.22 Hz – Ux)


Déplacements 3D
Valeur: Utotal
Les formes modales sont normalisées
de telle façon que la masse
généralisée de chaque
mode est égale à 1kg.
Combinaison masse: CM1/9 - 3.22
Sélection: Tout
Position: Aux noeuds, moyenne.
Système: Global
Utotal [cm]
0.62
0.56
0.49
0.42
0.35
0.28
0.21
0.14
0.07
0.00
0.00


Déplacements 3D
Valeur: Utotal
Les formes modales sont normalisées
de telle façon que la masse
généralisée de chaque
mode est égale à 1kg.
Combinaison masse: CM1/9 - 3.22
Sélection: Tout
Position: Aux noeuds, moyenne.
Système: Global
Utotal [cm]
0.62
0.56
0.49
0.42
0.35
0.28
0.21
0.14
0.07
0.00
0.00
Y
X

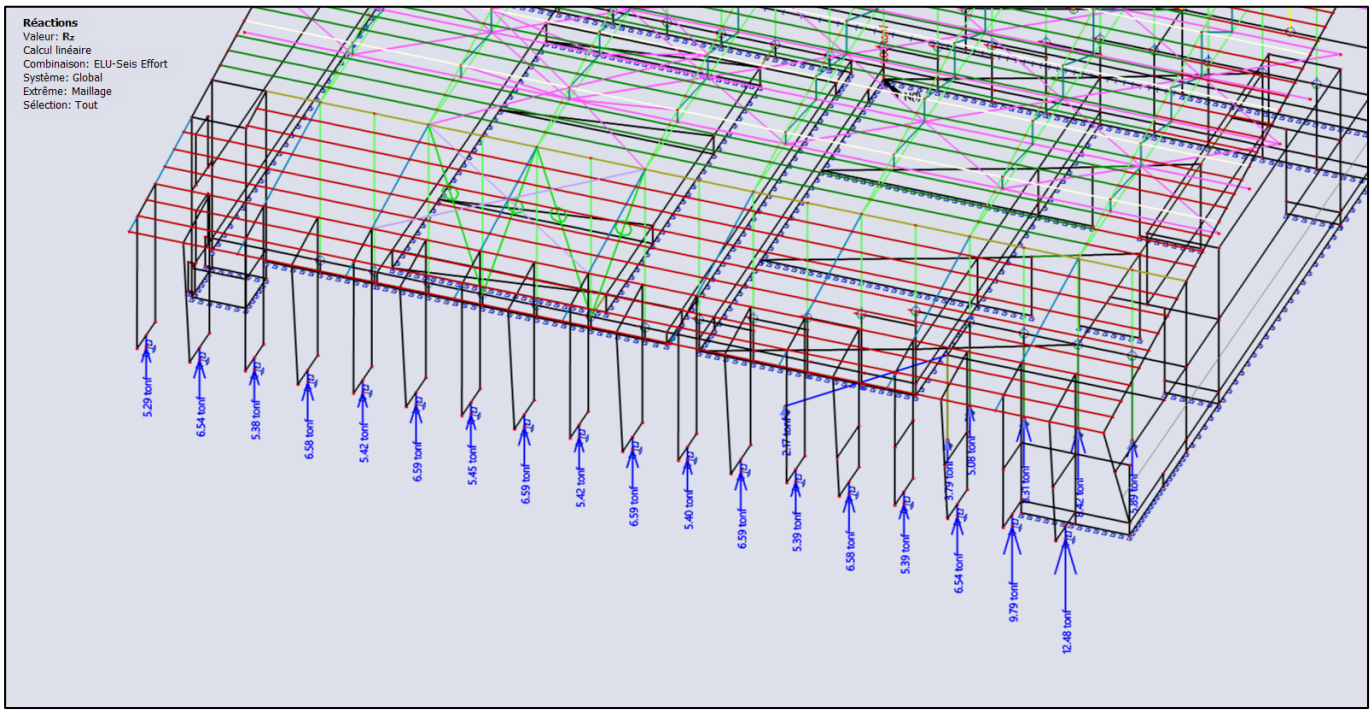
- Mode 10 (f = 4.69 Hz – Uy)



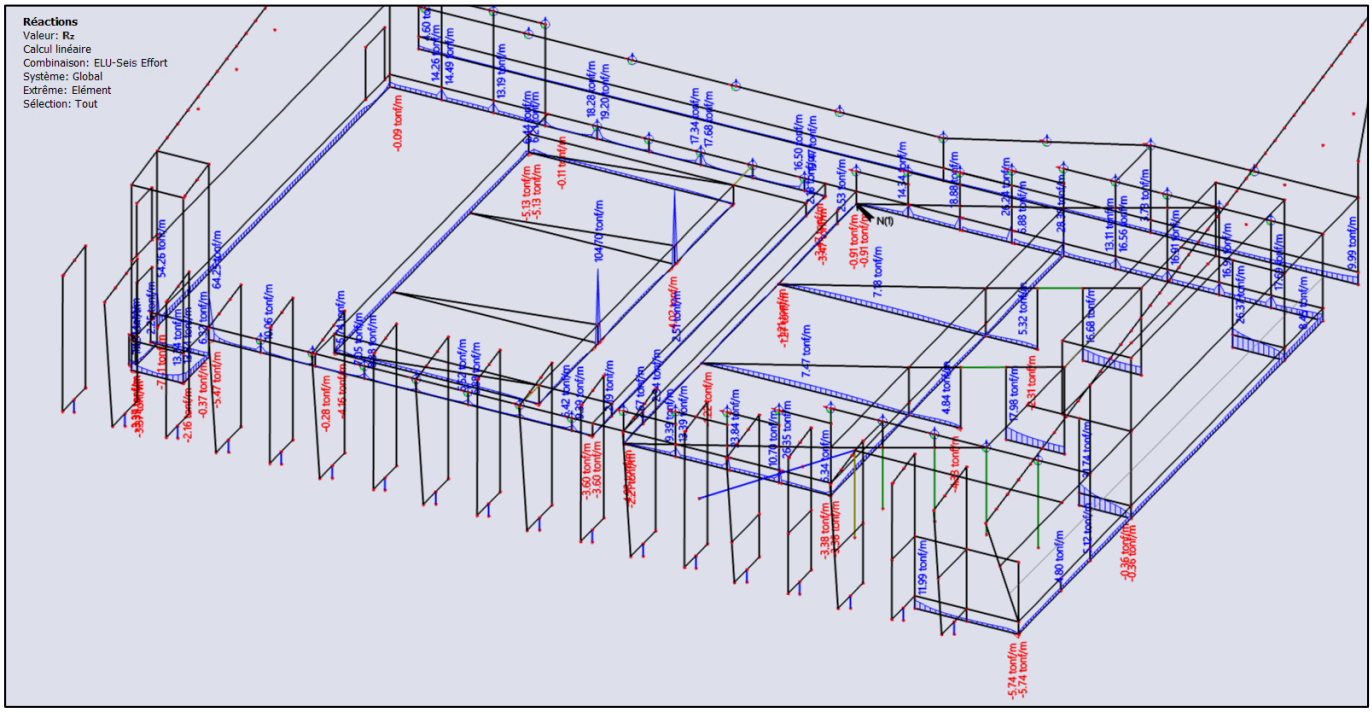


4.5. Résultats sismiques

4.5.a. Réactions d'appuis



Img 8: Réactions d'appuis ponctuelles – ACC Enveloppe (en t)



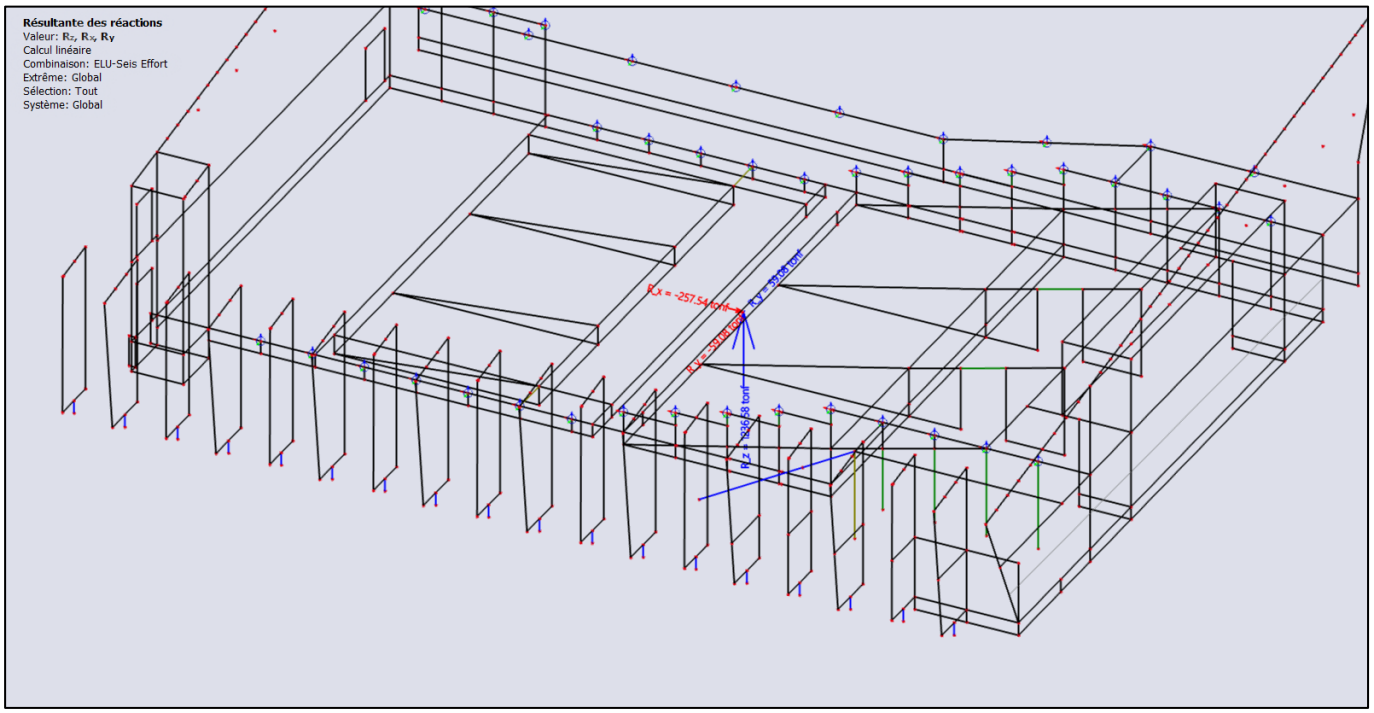
Img 9: Réactions d'appuis linéaires – ACC Enveloppe (en t/ml)

On note des soulèvements sous certains voiles (aux angles principalement), ils sont équilibrés par le poids des semelles et de la terre sur les débords de ces dernières.

Les semelles concernées feront l'objet d'une étude spécifique en phase EXE

4.5.b. Vérification globale du non-glissement

En ramenant les efforts au centre de rigidité de la structure, nous obtenons les efforts enveloppes suivants :



Img 10: Valeurs Enveloppe des résultantes des réactions sismiques – en tonnes

	x [m]	y [m]	z [m]	Cas	Rx [tonf]	Ry [tonf]	Rz [tonf]
1	24.93	11.68	80.49	ELU-Seis Effor...	**-257.54**	17.54	1232.85
2	24.93	11.68	80.49	ELU-Seis Effor...	**-69.26**	-17.54	1067.44
3	24.93	11.68	80.49	ELU-Seis Effor...	-162.08	**-59.08**	1067.10
4	24.93	11.68	80.49	ELU-Seis Effor...	-164.72	**59.08**	1233.19
5	24.93	11.68	80.49	ELU-Seis Effor...	-179.47	58.98	**1063.72**
6	24.93	11.68	80.49	ELU-Seis Effor...	-147.33	-58.98	**1236.58**

Img 11: Torseur global sismique – en tonnes

- $H_{ed,max}$ = 260 tonnes
- $V_{ed,min}$ = 1063 tonnes

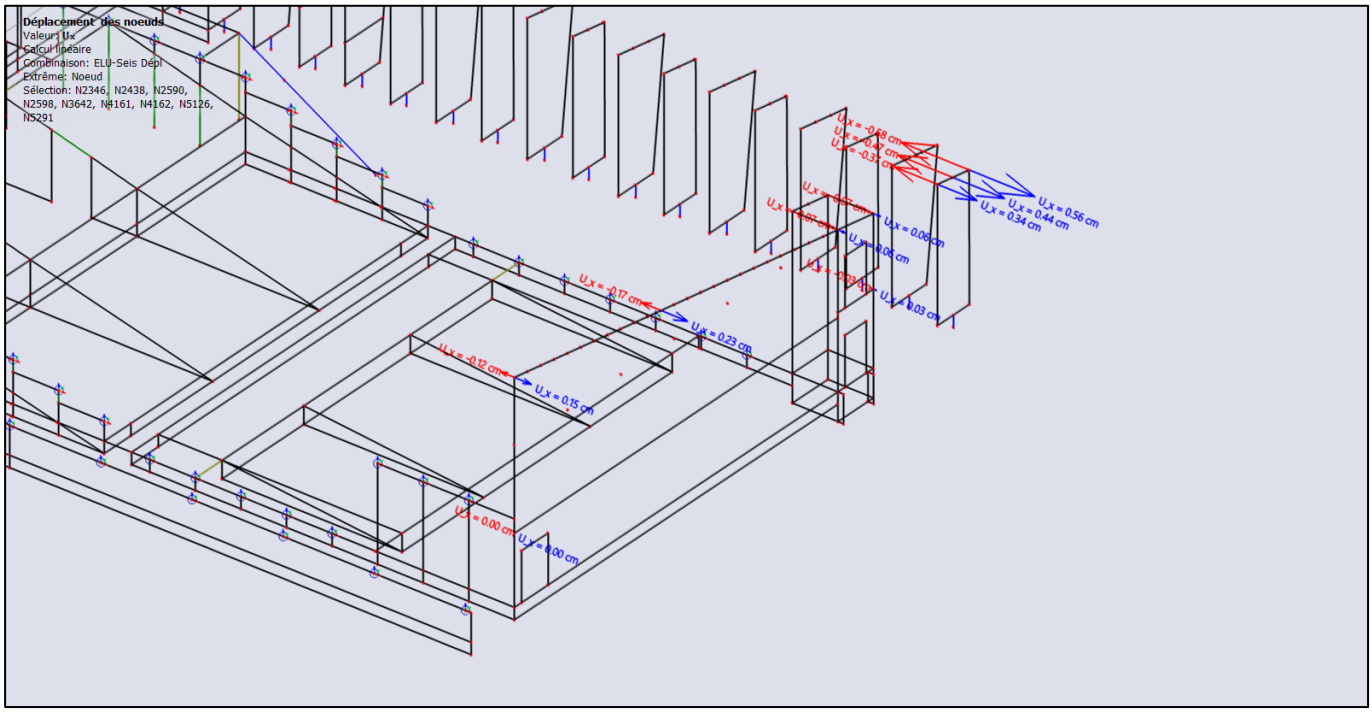
→ Hed,max/Ved,min = 260/1063 = 0.24 < tan (25)/1.25 = 0.37

La condition de non-glissement est vérifiée dans les deux directions

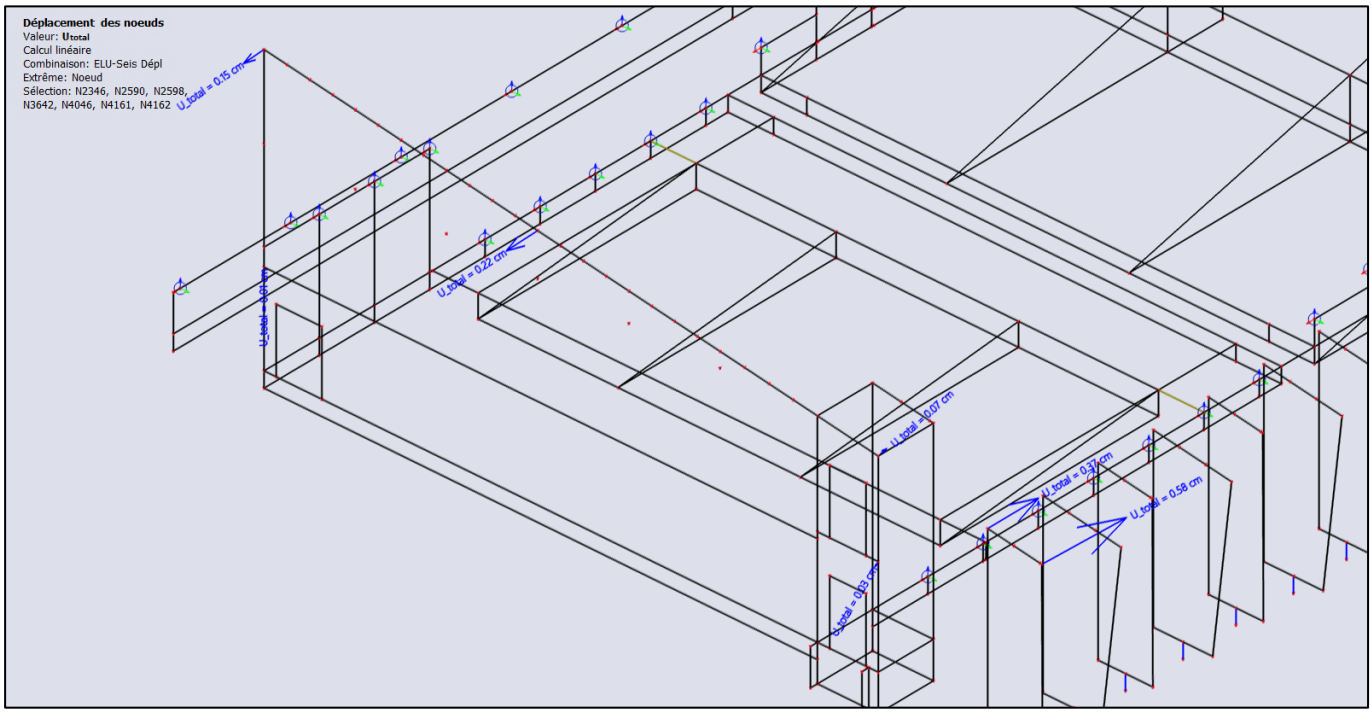
Le non-glissement général de la structure est assuré sous les combinaisons sismiques.

Le non glissement spécifique à chaque appui sera vérifié en phase EXE

4.5.c. Déplacement au droit des JD



Img 12: Déplacements Ux – en cm

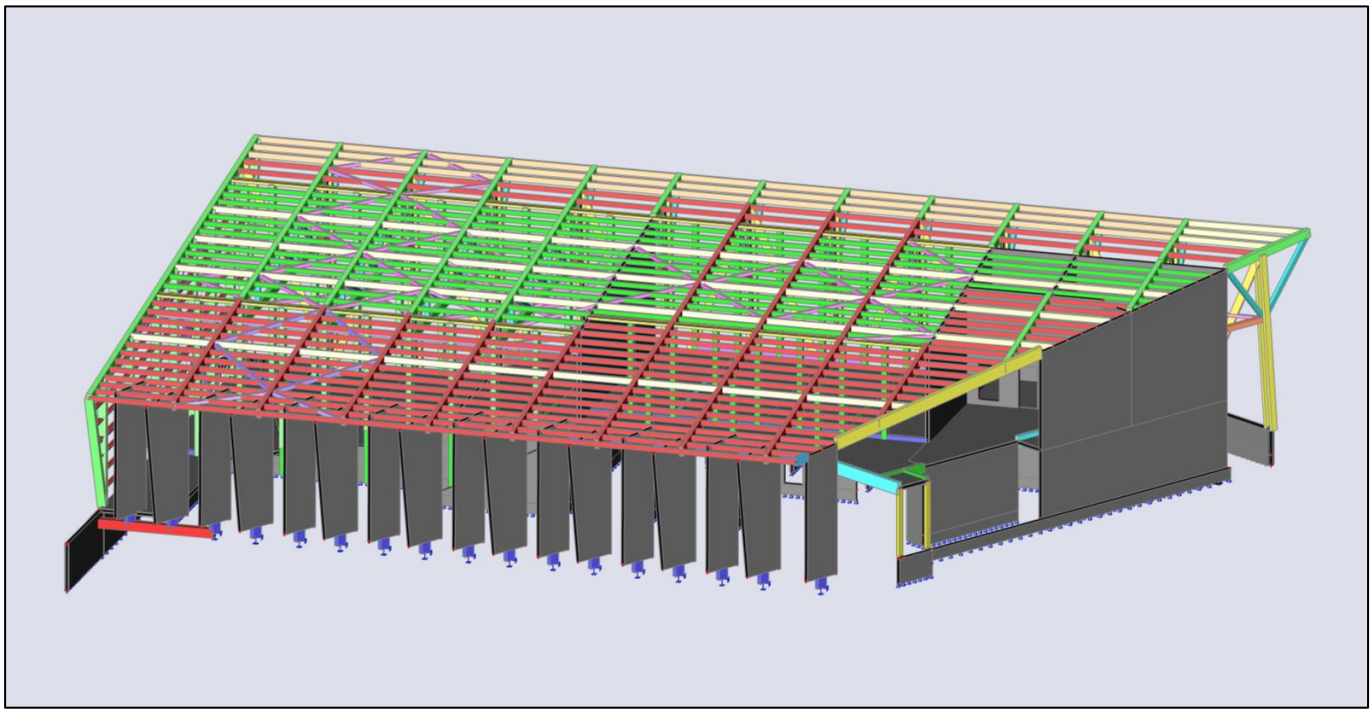


Img 1: Déplacements Utot – en cm

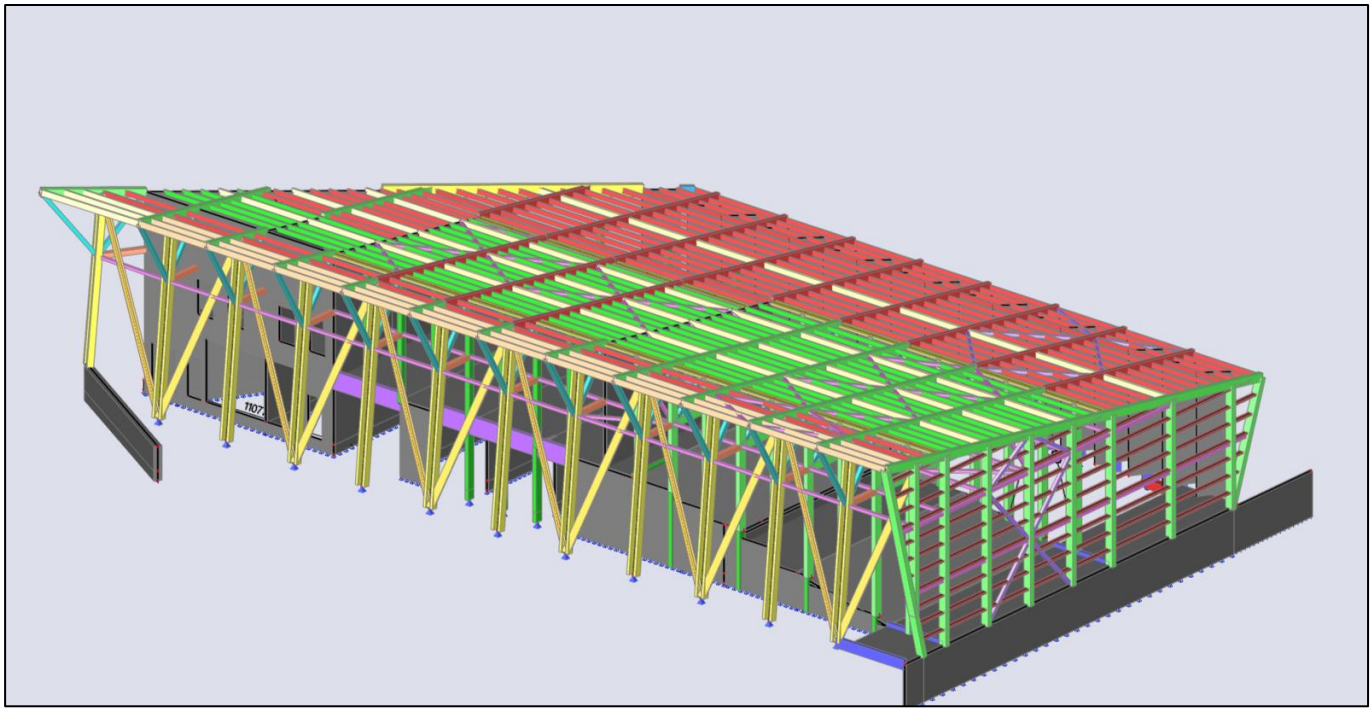
Les déplacements sont inférieurs au centimètre : les JD prévus à 2cm conviennent.

5. Etude du Bloc 2 : Amphithéâtre 200

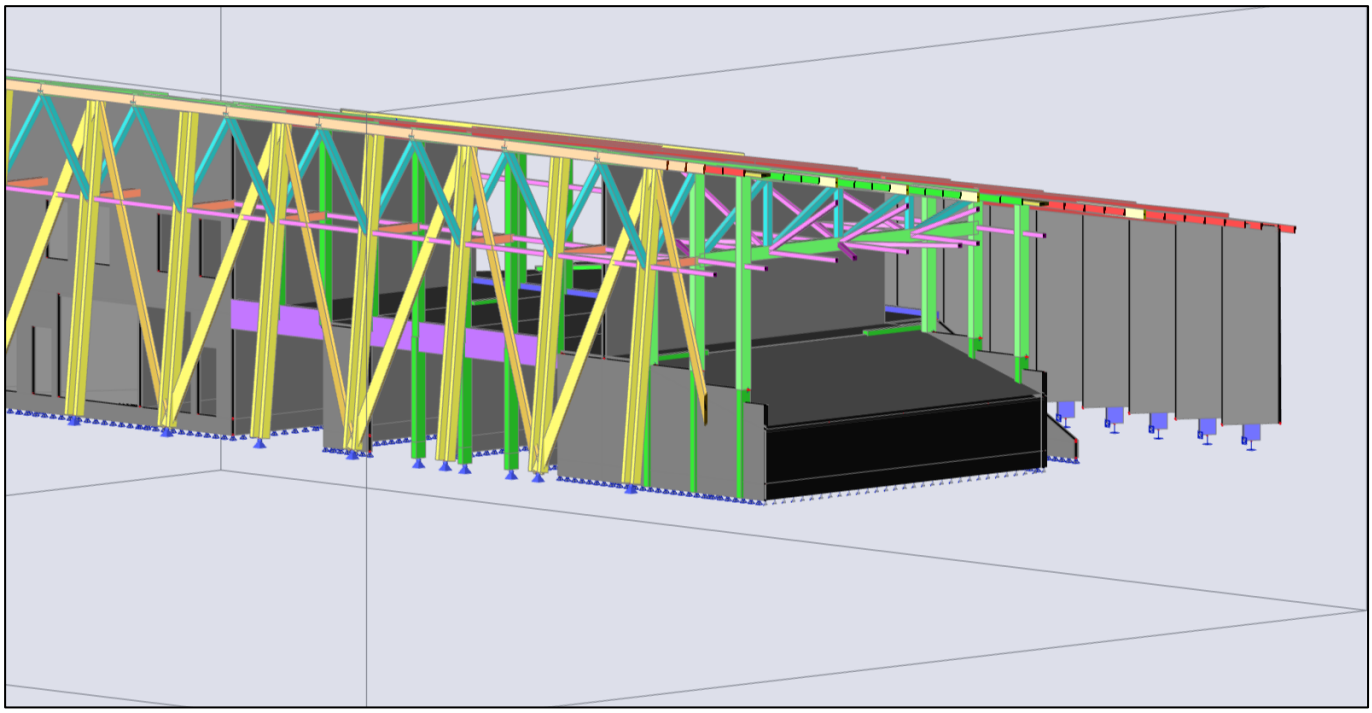
5.1. Modélisation



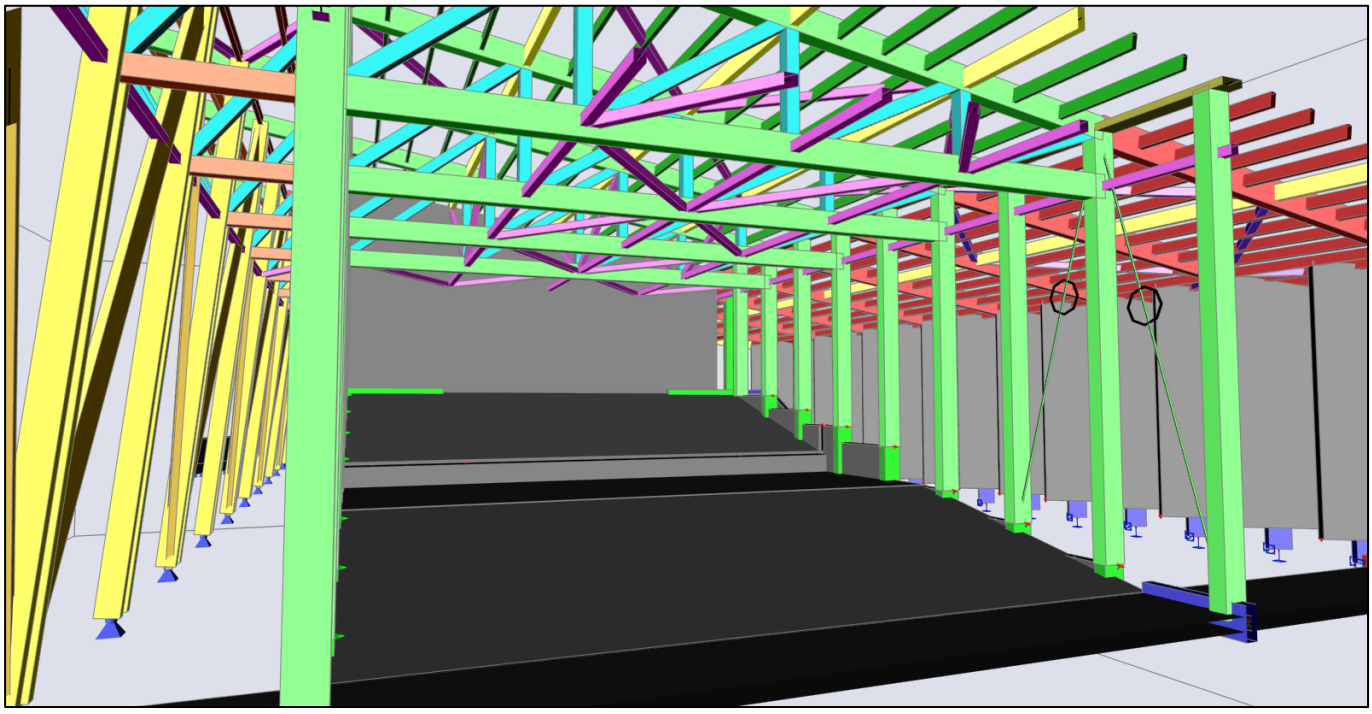
Img 2: Aperçu du bloc



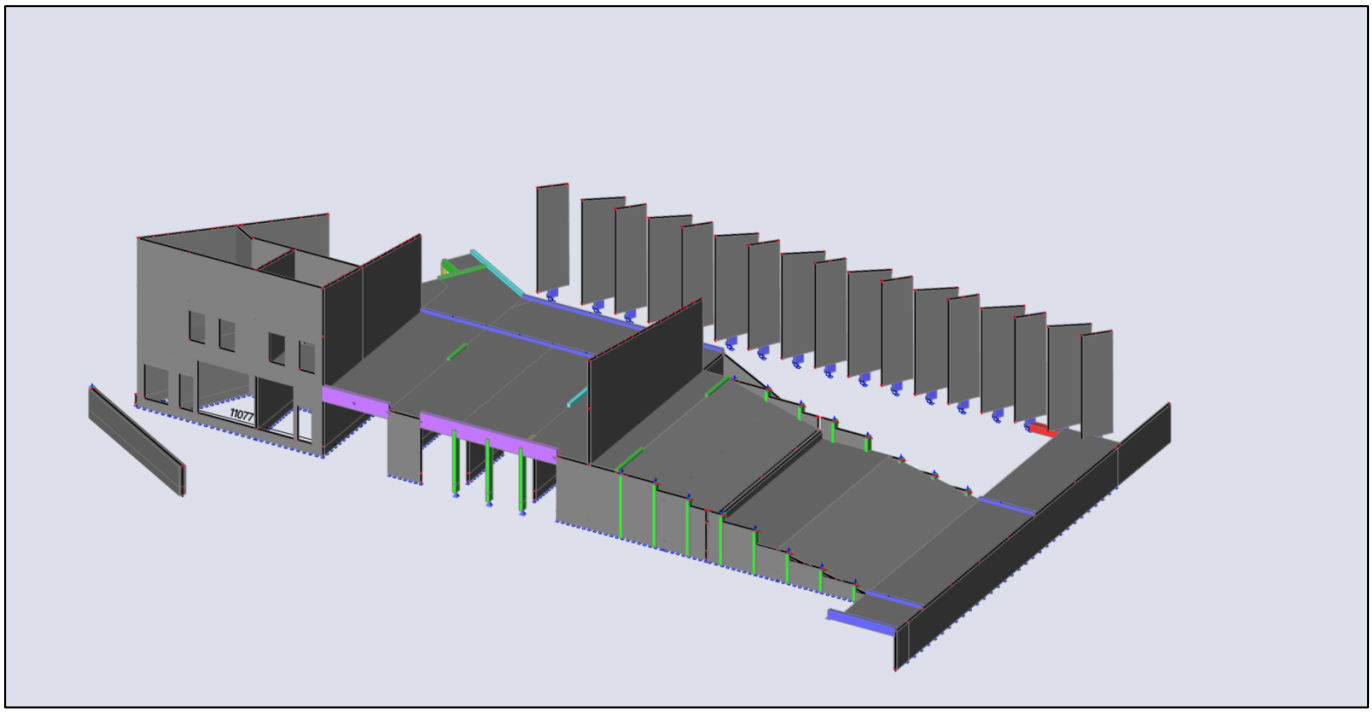
Img 3: Aperçu du bloc



Img 4: Coupe Transversale

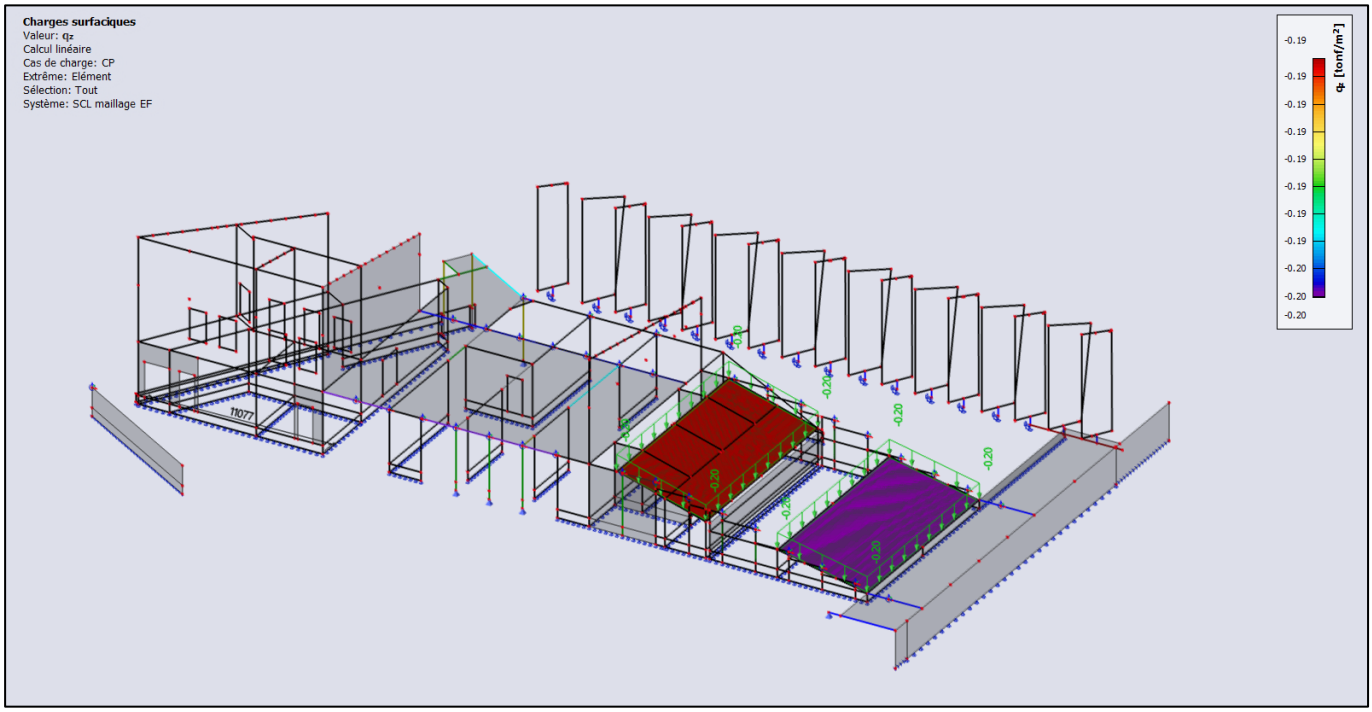


Img 5: Coupe Transversale

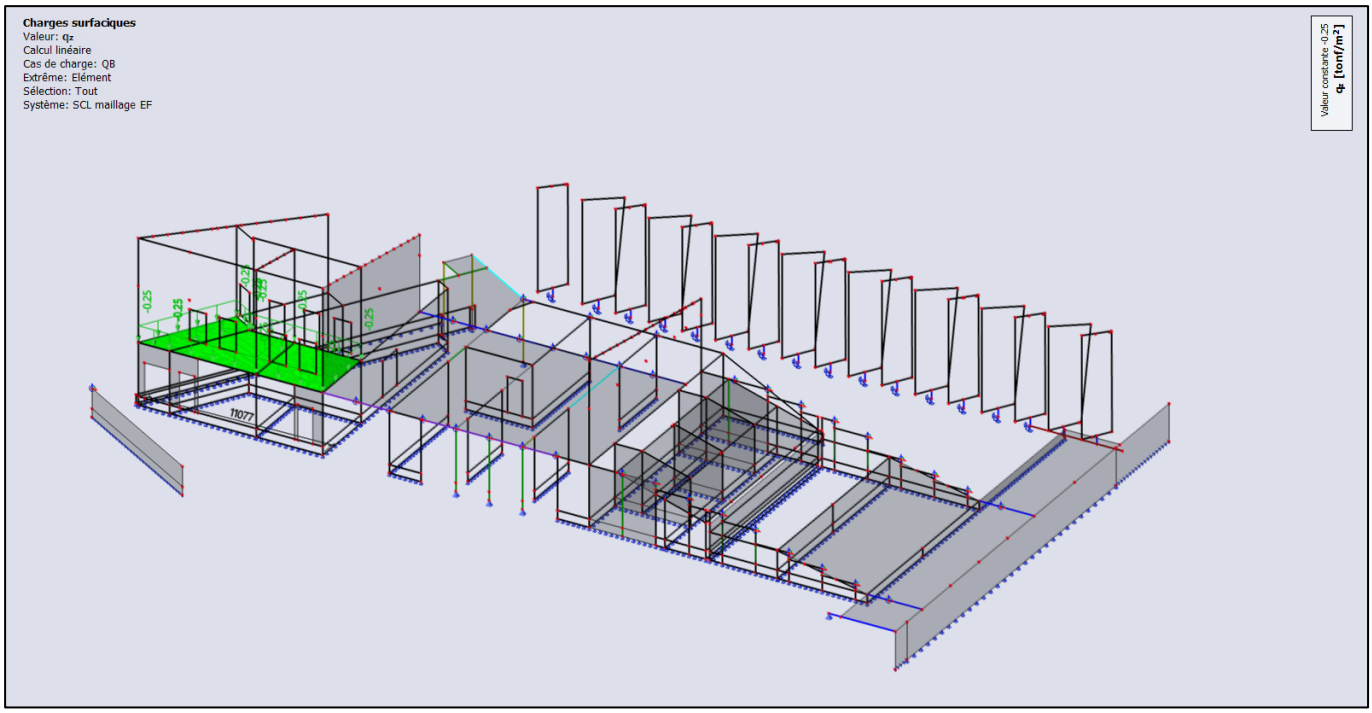


Img 6: Structure béton seule

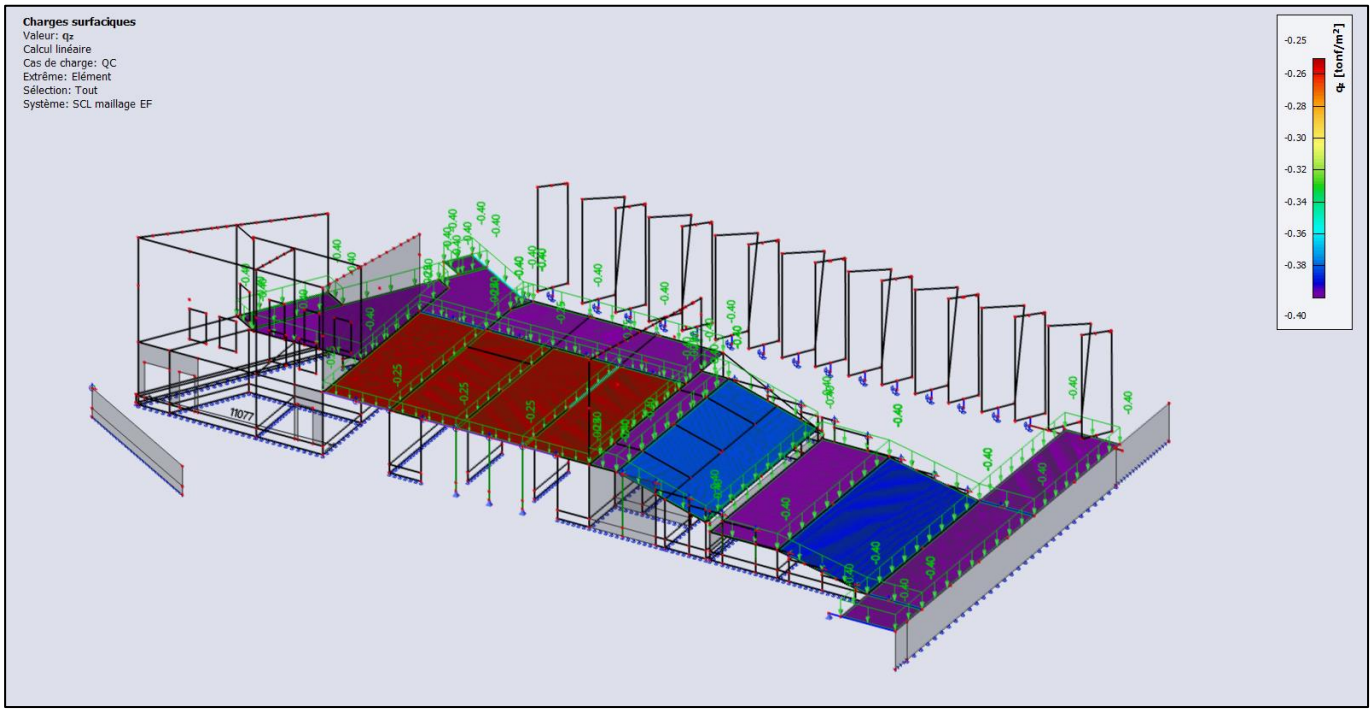
5.2. Chargement



Img 7: Charges CP [t/m²]



Img 8: Charges QB [t/m²]



Img 9: Charges QC [t/m²]

5.3. Matériaux

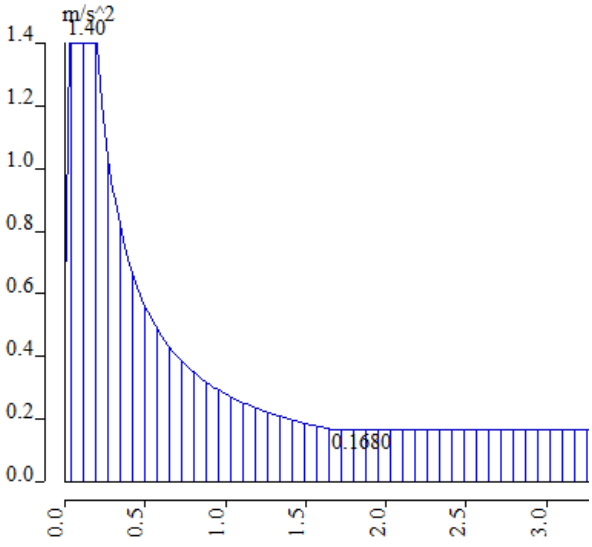
Nom	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ [-]	Limit inférieure [cm]	Limite supérieure [cm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Couleur
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850.00	210000.00	0.30	0.00	4.00	235.00	360.00	
		80769.23	0.00	4.00	8.00	215.00	360.00	
S 450	7850.00	210000.00	0.30	0.00	4.00	440.00	550.00	
		80769.23	0.00	4.00	8.00	410.00	550.00	

Nom	Type	ρ [kg/m³]	Masse volumique béton frais [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ [-]	α [m/mK]	$f_{c.k.28}$ [MPa]	Couleur
C25/30-EC8	Béton	2500.00	2600.00	15750.00	0.20	0.00	25.00	

Nom	Type de bois	μ [-]	E_{mod} [MPa]	$f_{m.k}$ [MPa]	$f_{t.0.k}$ [MPa]	$f_{t.90.k}$ [MPa]	$f_{c.0.k}$ [MPa]	$f_{c.90.k}$ [MPa]	$f_{v.k}$ [MPa]	Couleur
	ρ [kg/m³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Massif	0.00	11000.00	24.00	14.50	0.40	21.00	2.50	4.00	
	420.00	0.00	690.00							
GL 24h (EN 14080)	Laminé, collé	0.00	11500.00	24.00	19.20	0.50	24.00	2.50	3.50	
	420.00	0.00	650.00							

5.4. Analyse modale

5.4.a. . Spectre sismique

Nom	Type d'affichage	Info	Dessin
Unique ID			
FS1	Période	Type de norme - EN 1998-1:2004 – Eurocode Type de sol - A Direction - Horizontal Type de spectre - type 2 coef. accél. ag - 0.0856269 ag - accélération de calcul - 0.84 beta - 0.2 q - coefficient de comportement - 1.5	

5.4.b. Conversion des masses

- ***Groupes de masses :***

Nom	Cas de charge
MG	G - G
MCP	CP - CP
MQB	QB - QB
MQC	QC - QC

- ***Combinaison de groupes de masses :***

Nom	Groupe de masses	Coeff. [-]
CM1	MG	1.00
	MCP	1.00
	MQB	0.24
	MQC	0.48

- ***Somme des charges et des réactions :***

Cas de charge	Valeur	X [tonf]	Y [tonf]	Z [tonf]
G	charges	0.00	0.00	-1001.04
CP	charges	0.00	0.00	-26.20
QB	charges	0.00	0.00	-10.18
QC	charges	0.00	0.00	-197.45

- ***Somme des masses :***

	Type de masse	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
CM1	Masse en mouvement	1108662.32	1108662.32	1108662.32
CM1	Masse totale	1124069.87	1124069.87	1124069.87

Les masses sont correctement converties : 98.5% de la masse convertie

5.4.c. Analyse modale de la structure

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
1	15.9349	0.39	2.54	0.0805	0.0035	0.0000	0.0001	0.0015	0.0763
2	16.8739	0.37	2.69	0.0006	0.0211	0.0000	0.0013	0.0000	0.0050
3	16.9544	0.37	2.70	0.0005	0.0057	0.0000	0.0003	0.0000	0.0012
4	17.2101	0.37	2.74	0.0010	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008
5	17.2482	0.36	2.75	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
6	17.2982	0.36	2.75	0.0001	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	17.3447	0.36	2.76	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0014
8	27.2101	0.23	4.33	0.0000	0.0029	0.0000	0.0007	0.0000	0.0117
9	28.409	0.22	4.52	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
10	28.5909	0.22	4.55	0.0000	0.0006	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
11	28.7096	0.22	4.57	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002
12	28.8449	0.22	4.59	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	28.8835	0.22	4.60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	28.9316	0.22	4.60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	31.9601	0.20	5.09	0.0030	0.0239	0.0001	0.0047	0.0005	0.0046
16	33.9412	0.19	5.40	0.0000	0.0096	0.0011	0.0120	0.0022	0.0153
17	37.4618	0.17	5.96	0.0000	0.0056	0.0006	0.0000	0.0015	0.0019
18	38.5969	0.16	6.14	0.0012	0.0011	0.0000	0.0003	0.0003	0.0010
19	41.8599	0.15	6.66	0.0000	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0017
20	42.6558	0.15	6.79	0.0000	0.0001	0.0014	0.0007	0.0014	0.0001
21	43.101	0.15	6.86	0.0000	0.0010	0.0000	0.0001	0.0001	0.0003

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
22	43.2621	0.15	6.89	0.0001	0.0007	0.0000	0.0002	0.0000	0.0005
23	43.3456	0.14	6.90	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003
24	43.3905	0.14	6.91	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
25	43.3986	0.14	6.91	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	48.3747	0.13	7.70	0.0017	0.0006	0.0000	0.0001	0.0001	0.0015
27	48.4671	0.13	7.71	0.0044	0.0000	0.0069	0.0190	0.0245	0.0008
28	50.6172	0.12	8.06	0.0355	0.0002	0.0048	0.0243	0.0013	0.0121
29	52.587	0.12	8.37	0.0153	0.0077	0.0008	0.0002	0.0039	0.0058
30	53.6317	0.12	8.54	0.0108	0.0111	0.0005	0.0006	0.0018	0.0061
31	55.0889	0.11	8.77	0.0003	0.0019	0.0002	0.0003	0.0002	0.0026
32	55.5315	0.11	8.84	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
33	55.6169	0.11	8.85	0.0003	0.0005	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
34	55.6415	0.11	8.86	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
35	55.659	0.11	8.86	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0002
36	55.7099	0.11	8.87	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
37	55.73	0.11	8.87	0.0003	0.0005	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
38	56.8329	0.11	9.05	0.0044	0.0001	0.0027	0.0000	0.0047	0.0006
39	57.3854	0.11	9.13	0.0042	0.0001	0.0000	0.0017	0.0011	0.0013
40	57.8088	0.11	9.20	0.0017	0.0008	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002
41	59.1356	0.11	9.41	0.0012	0.0025	0.0017	0.0042	0.0027	0.0007
42	61.315	0.10	9.76	0.0104	0.0002	0.0005	0.0002	0.0000	0.0000
43	64.189	0.10	10.22	0.0140	0.0011	0.0006	0.0031	0.0000	0.0001
44	64.3075	0.10	10.23	0.0042	0.0000	0.0268	0.0013	0.0446	0.0000
45	64.3628	0.10	10.24	0.0050	0.0002	0.0020	0.0000	0.0020	0.0000
46	66.9973	0.09	10.66	0.0016	0.0000	0.0002	0.0022	0.0016	0.0000
47	67.4213	0.09	10.73	0.0002	0.0000	0.0153	0.0062	0.0070	0.0001
48	68.4264	0.09	10.89	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49	69.3593	0.09	11.04	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002
50	69.6115	0.09	11.08	0.0001	0.0000	0.0010	0.0009	0.0001	0.0000
51	70.7143	0.09	11.25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000
52	75.5291	0.08	12.02	0.0134	0.0005	0.0000	0.0003	0.0010	0.0016
53	75.9264	0.08	12.08	0.0024	0.0023	0.0000	0.0007	0.0000	0.0027
54	77.4689	0.08	12.33	0.0086	0.0178	0.0001	0.0073	0.0001	0.0605
55	77.8354	0.08	12.39	0.0000	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	78.3229	0.08	12.47	0.0014	0.0049	0.0000	0.0016	0.0000	0.0125
57	79.5279	0.08	12.66	0.0050	0.0127	0.0000	0.0039	0.0000	0.0189
58	79.7034	0.08	12.69	0.0000	0.0001	0.0000	0.0044	0.0000	0.0004
59	82.7341	0.08	13.17	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001
60	83.8383	0.07	13.34	0.0000	0.0000	0.0196	0.0010	0.0157	0.0000
61	85.4855	0.07	13.61	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0021
62	86.1283	0.07	13.71	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028
63	88.4847	0.07	14.08	0.0004	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0023
64	88.6691	0.07	14.11	0.0002	0.0000	0.0004	0.0002	0.0001	0.0028
65	90.3706	0.07	14.38	0.0023	0.0008	0.0001	0.0000	0.0001	0.0033
66	91.1597	0.07	14.51	0.0007	0.0023	0.0000	0.0006	0.0000	0.0002
67	92.271	0.07	14.69	0.0088	0.0007	0.0006	0.0000	0.0007	0.0002
68	93.4791	0.07	14.88	0.0062	0.0001	0.0156	0.0005	0.0002	0.0001
69	93.912	0.07	14.95	0.0036	0.0021	0.0002	0.0021	0.0000	0.0012
70	94.2955	0.07	15.01	0.0145	0.0004	0.0089	0.0005	0.0046	0.0000
71	94.6357	0.07	15.06	0.0002	0.0000	0.0029	0.0075	0.0044	0.0001
72	95.5574	0.07	15.21	0.0008	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0004
73	96.3435	0.07	15.33	0.0178	0.0000	0.0016	0.0001	0.0005	0.0005
74	99.6293	0.06	15.86	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0007	0.0002
75	99.9551	0.06	15.91	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
76	100.13	0.06	15.94	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77	100.82	0.06	16.05	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
78	101.023	0.06	16.08	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
79	101.196	0.06	16.11	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
80	102.848	0.06	16.37	0.0004	0.0010	0.0004	0.0001	0.0004	0.0005
81	104.487	0.06	16.63	0.0002	0.0001	0.0007	0.0002	0.0035	0.0000
82	106.681	0.06	16.98	0.0007	0.0046	0.0032	0.0007	0.0011	0.0006
83	108.399	0.06	17.25	0.0004	0.0000	0.0030	0.0002	0.0050	0.0000
84	108.839	0.06	17.32	0.0004	0.0006	0.0004	0.0001	0.0006	0.0015
85	109.501	0.06	17.43	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0000	0.0000
86	110.14	0.06	17.53	0.0039	0.0004	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
87	110.874	0.06	17.65	0.0614	0.0160	0.0000	0.0030	0.0001	0.0335
88	111.07	0.06	17.68	0.0007	0.0000	0.0015	0.0025	0.0033	0.0004
89	111.8	0.06	17.79	0.0003	0.0000	0.0038	0.0051	0.0036	0.0006

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
90	112.187	0.06	17.86	0.0051	0.0029	0.0077	0.0000	0.0128	0.0058
91	112.39	0.06	17.89	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0004	0.0000
92	113.29	0.06	18.03	0.0001	0.0002	0.0027	0.0002	0.0004	0.0005
93	114.424	0.05	18.21	0.0014	0.0003	0.0000	0.0003	0.0004	0.0006
94	114.93	0.05	18.29	0.0004	0.0001	0.0007	0.0006	0.0001	0.0004
95	115.541	0.05	18.39	0.0033	0.0021	0.0000	0.0023	0.0018	0.0004
96	116.385	0.05	**18.52**	**0.0786**	0.0003	0.0017	0.0001	0.0002	0.0026
97	116.856	0.05	18.60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000
98	117.474	0.05	18.70	0.0006	0.0002	0.0003	0.0001	0.0018	0.0000
99	117.981	0.05	18.78	0.0024	0.0000	0.0013	0.0011	0.0133	0.0001
100	118.462	0.05	18.85	0.0001	0.0001	0.0006	0.0000	0.0031	0.0000
101	118.67	0.05	18.89	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0029
102	119.401	0.05	19.00	0.0000	0.0004	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000
103	119.575	0.05	19.03	0.0000	0.0001	0.0014	0.0010	0.0031	0.0002
104	120.174	0.05	19.13	0.0000	0.0000	0.0213	0.0038	0.0438	0.0000
105	120.252	0.05	19.14	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0000
106	120.78	0.05	19.22	0.0000	0.0002	0.0003	0.0002	0.0005	0.0001
107	120.977	0.05	19.25	0.0000	0.0002	0.0000	0.0004	0.0001	0.0001
108	121.323	0.05	19.31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0001	0.0006
109	121.624	0.05	19.36	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003
110	121.825	0.05	19.39	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
111	122.029	0.05	19.42	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
112	123.162	0.05	19.60	0.0001	0.0020	0.0005	0.0007	0.0007	0.0000
113	123.555	0.05	19.66	0.0002	0.0006	0.0000	0.0037	0.0001	0.0013
114	123.677	0.05	19.68	0.0005	0.0012	0.0002	0.0007	0.0001	0.0004
115	124.246	0.05	**19.77**	0.0064	**0.0291**	0.0010	0.0113	0.0014	0.0242
116	124.957	0.05	19.89	0.0032	0.0143	0.0005	0.0048	0.0010	0.0129
117	126.048	0.05	20.06	0.0006	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0011
118	127.04	0.05	20.22	0.0000	0.0000	0.0003	0.0005	0.0004	0.0001
119	128.207	0.05	20.40	0.0003	0.0000	0.0009	0.0002	0.0011	0.0007
120	129.516	0.05	20.61	0.0025	0.0000	0.0004	0.0007	0.0039	0.0000
121	131.17	0.05	20.88	0.0050	0.0000	0.0000	0.0024	0.0057	0.0002
122	131.377	0.05	20.91	0.0003	0.0001	0.0008	0.0004	0.0001	0.0001
123	131.633	0.05	20.95	0.0077	0.0014	0.0048	0.0040	0.0033	0.0010
124	132.803	0.05	21.14	0.0002	0.0010	0.0005	0.0005	0.0038	0.0017
125	133.543	0.05	21.25	0.0003	0.0000	0.0005	0.0003	0.0000	0.0001
126	135.104	0.05	21.50	0.0000	0.0020	0.0001	0.0009	0.0000	0.0002
127	136.113	0.05	21.66	0.0004	0.0007	0.0001	0.0006	0.0008	0.0001
128	136.45	0.05	21.72	0.0023	0.0007	0.0014	0.0003	0.0005	0.0000
129	136.699	0.05	21.76	0.0003	0.0001	0.0006	0.0002	0.0006	0.0001
130	137.328	0.05	21.86	0.0004	0.0001	0.0033	0.0002	0.0028	0.0001
131	138.127	0.05	21.98	0.0226	0.0002	0.0001	0.0002	0.0000	0.0015
132	138.618	0.05	22.06	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0010	0.0000
133	138.668	0.05	22.07	0.0000	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019
134	140.46	0.04	22.35	0.0000	0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017
135	140.739	0.04	22.40	0.0036	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
136	142.103	0.04	22.62	0.0029	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
137	142.489	0.04	22.68	0.0003	0.0000	0.0012	0.0000	0.0012	0.0000
138	143.499	0.04	22.84	0.0001	0.0000	0.0002	0.0008	0.0003	0.0002
139	143.966	0.04	22.91	0.0013	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003
140	144.593	0.04	23.01	0.0068	0.0004	0.0002	0.0015	0.0001	0.0002
141	145.236	0.04	23.11	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
142	147.103	0.04	23.41	0.0007	0.0012	0.0022	0.0010	0.0010	0.0003
143	147.854	0.04	23.53	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016
144	149.071	0.04	23.73	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004
145	149.676	0.04	23.82	0.0277	0.0021	0.0007	0.0010	0.0011	0.0080
146	150.37	0.04	23.93	0.0032	0.0003	0.0001	0.0003	0.0001	0.0002
147	150.929	0.04	24.02	0.0082	0.0013	0.0010	0.0000	0.0004	0.0002
148	151.328	0.04	24.08	0.0006	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
149	151.647	0.04	24.14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	152.038	0.04	24.20	0.0001	0.0000	0.0000	0.0013	0.0000	0.0001
151	152.535	0.04	24.28	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
152	152.693	0.04	24.30	0.0000	0.0000	0.0022	0.0001	0.0017	0.0000
153	153.284	0.04	24.40	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001
154	153.804	0.04	24.48	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
155	154.22	0.04	24.54	0.0007	0.0094	0.0000	0.0020	0.0000	0.0000
156	155.453	0.04	24.74	0.0023	0.0028	0.0019	0.0003	0.0002	0.0009
157	156.635	0.04	24.93	0.0011	0.0037	0.0001	0.0006	0.0001	0.0007

Mode	Omega [rad/s]	Période [s]	Fréq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	W_{xi_R}/W_{xtot_R}	W_{yi_R}/W_{ytot_R}	W_{zi_R}/W_{ztot_R}
158	156.87	0.04	24.97	0.0031	0.0000	0.0027	0.0017	0.0009	0.0000
159	157.03	0.04	24.99	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0000
160	157.799	0.04	25.11	0.0020	0.0000	0.0004	0.0011	0.0001	0.0014
161	158.981	0.04	25.30	0.0004	0.0018	0.0010	0.0001	0.0000	0.0014
162	159.513	0.04	25.39	0.0005	0.0003	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
163	160.259	0.04	25.51	0.0000	0.0022	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
164	161.123	0.04	25.64	0.0003	0.0037	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002
165	161.349	0.04	25.68	0.0397	0.0001	0.0001	0.0001	0.0010	0.0069
166	161.952	0.04	25.78	0.0002	0.0017	0.0005	0.0003	0.0000	0.0001
167	163.961	0.04	26.10	0.0019	0.0035	0.0039	0.0033	0.0000	0.0032
168	165.652	0.04	26.36	0.0003	0.0039	0.0004	0.0002	0.0002	0.0011
169	165.84	0.04	26.39	0.0000	0.0010	0.0001	0.0002	0.0001	0.0023
170	166.373	0.04	26.48	0.0014	0.0011	0.0010	0.0001	0.0002	0.0007
171	166.647	0.04	26.52	0.0006	0.0007	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000
172	166.791	0.04	26.55	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
173	166.888	0.04	26.56	0.0019	0.0008	0.0010	0.0001	0.0002	0.0001
174	167.368	0.04	26.64	0.0000	0.0002	0.0004	0.0000	0.0001	0.0005
175	168.379	0.04	26.80	0.0014	0.0012	0.0013	0.0020	0.0003	0.0008
176	168.727	0.04	26.85	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001	0.0026	0.0001
177	169.073	0.04	26.91	0.0009	0.0009	0.0000	0.0005	0.0003	0.0010
178	169.686	0.04	27.01	0.0039	0.0003	0.0006	0.0012	0.0001	0.0005
179	169.731	0.04	27.01	0.0043	0.0005	0.0007	0.0009	0.0002	0.0013
180	170.827	0.04	27.19	0.0119	0.0025	0.0022	0.0000	0.0003	0.0025
181	171.215	0.04	27.25	0.0035	0.0001	0.0001	0.0001	0.0015	0.0003
182	172.491	0.04	27.45	0.0002	0.0027	0.0013	0.0003	0.0013	0.0000
183	172.633	0.04	27.48	0.0003	0.0004	0.0000	0.0000	0.0007	0.0019
184	173.475	0.04	27.61	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0006
185	173.574	0.04	27.63	0.0001	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004
186	173.786	0.04	27.66	0.0129	0.0008	0.0005	0.0004	0.0001	0.0065
187	175.137	0.04	27.87	0.0019	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0008
188	176.296	0.04	28.06	0.0000	0.0000	0.0002	0.0006	0.0001	0.0000
189	176.861	0.04	28.15	0.0004	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0011
190	177.666	0.04	28.28	0.0003	0.0032	0.0000	0.0000	0.0003	0.0012
191	178.334	0.04	28.38	0.0000	0.0026	0.0006	0.0006	0.0001	0.0016
192	179.057	0.04	28.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
193	180.766	0.03	28.77	0.0051	0.0020	0.0000	0.0018	0.0002	0.0002
194	182.276	0.03	29.01	0.0077	0.0070	0.0004	0.0003	0.0000	0.0002
195	183.255	0.03	29.17	0.0055	0.0005	0.0000	0.0003	0.0010	0.0036
196	184.791	0.03	29.41	0.0077	0.0064	0.0102	0.0000	0.0002	0.0003
197	185.634	0.03	29.54	0.0000	0.0006	0.0012	0.0001	0.0000	0.0010
198	185.849	0.03	29.58	0.0019	0.0004	0.0024	0.0005	0.0005	0.0031
199	185.875	0.03	29.58	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	185.955	0.03	29.60	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
				0.6971	0.3245	0.2311	0.2060	0.2799	0.4306

Les modes principaux sont :

- N°1 sur Ux avec 8.05% de la masse participante.
- N°115 sur Uy avec 2.91% de la mases participante.

Ces modes sont des modes de flexion.

D'autres modes mobilisent de la masse :

- N°96 sur Ux avec 7.86% de la masse participante.
- N°15 sur Uy avec 2.39% de la masse participante.

Les autres modes sont des modes locaux qui mobilisent très peu de masse.

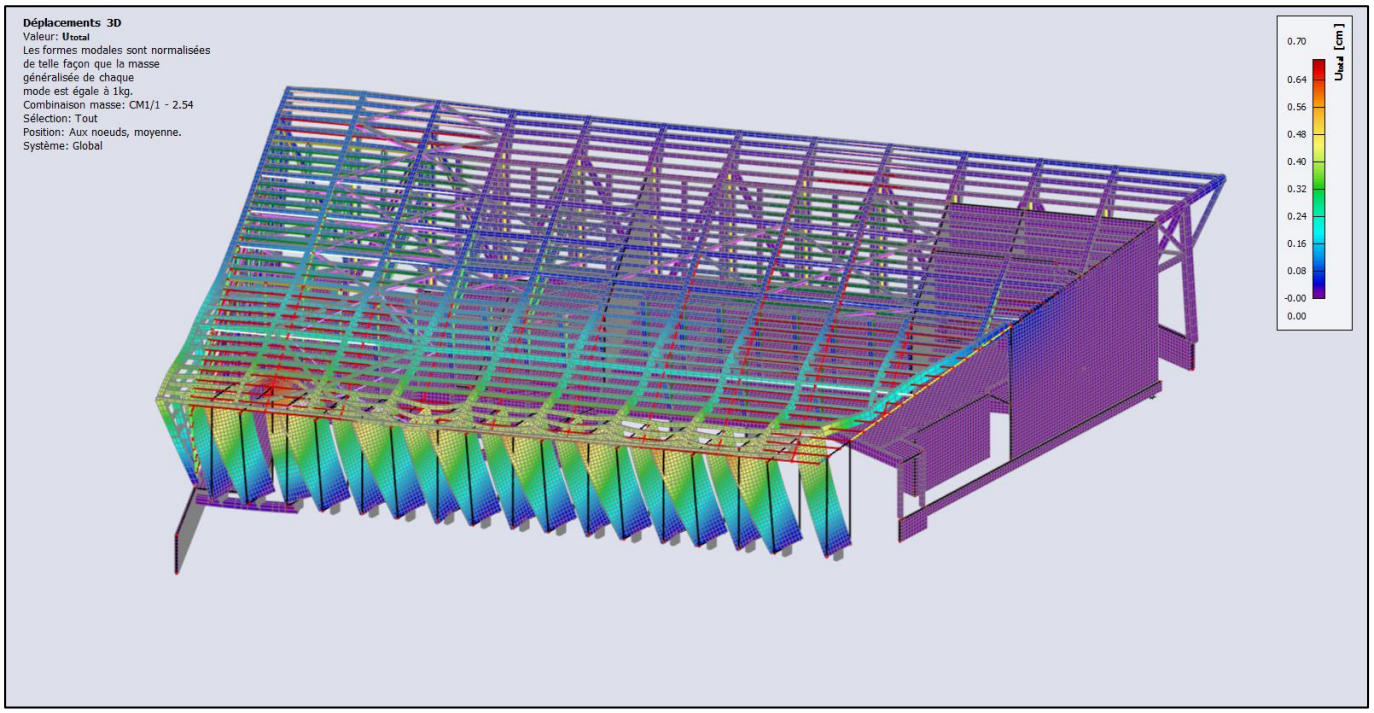
Au dernier mode (n°200 – fréquence de coupure à 33 Hz) :

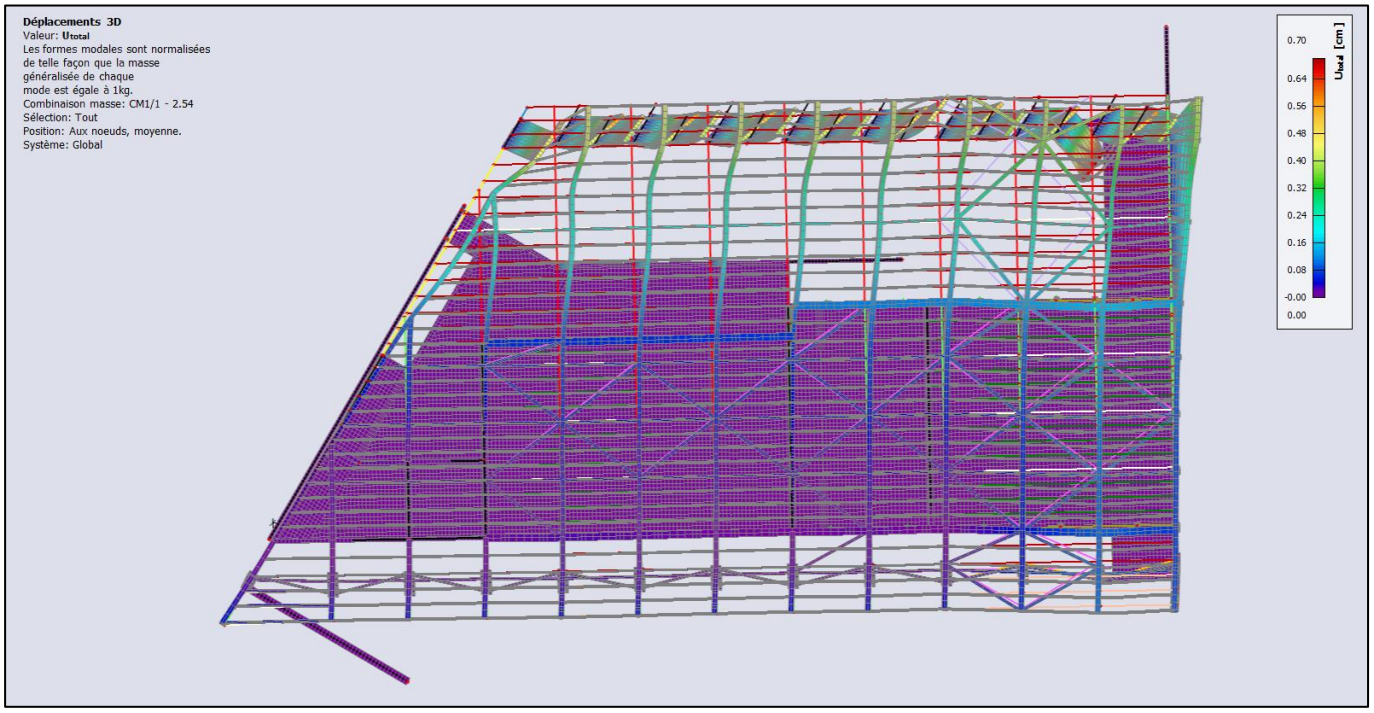
- 69.71% de la masse participante sur Ux
- 32.45% de la masse participante de Uy

Le pourcentage de masse participante est inférieur à 90%. Il est nécessaire d'appliquer le mode résiduel.

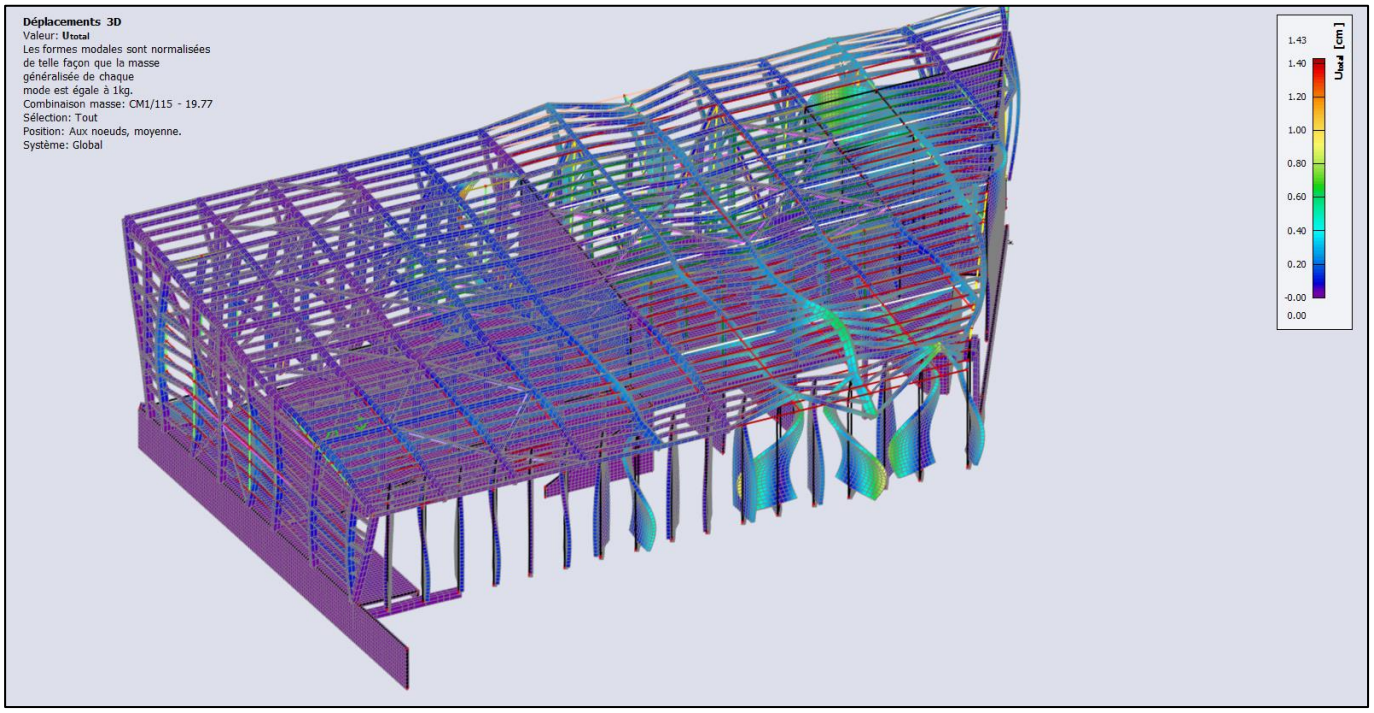
5.4.d. Aperçu des modes de vibrations

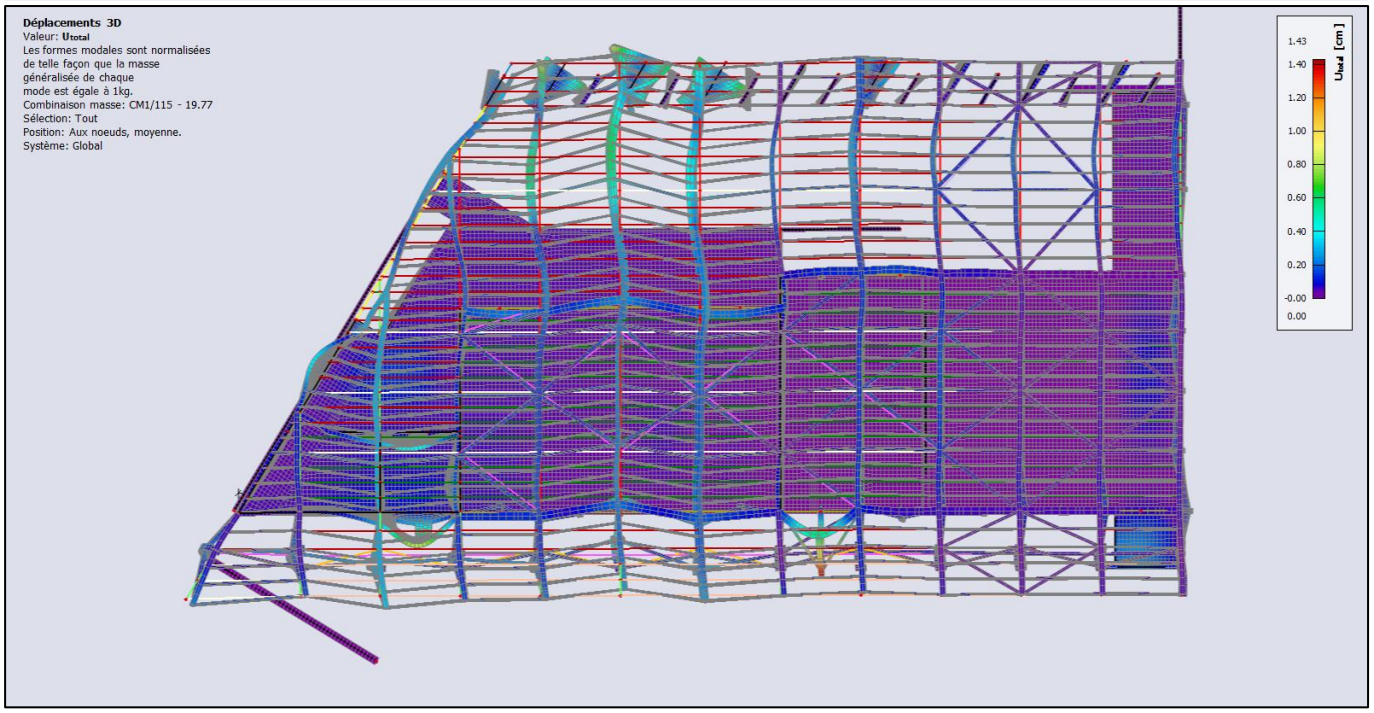
- Mode 1 (f = 2.54 Hz – Ux)



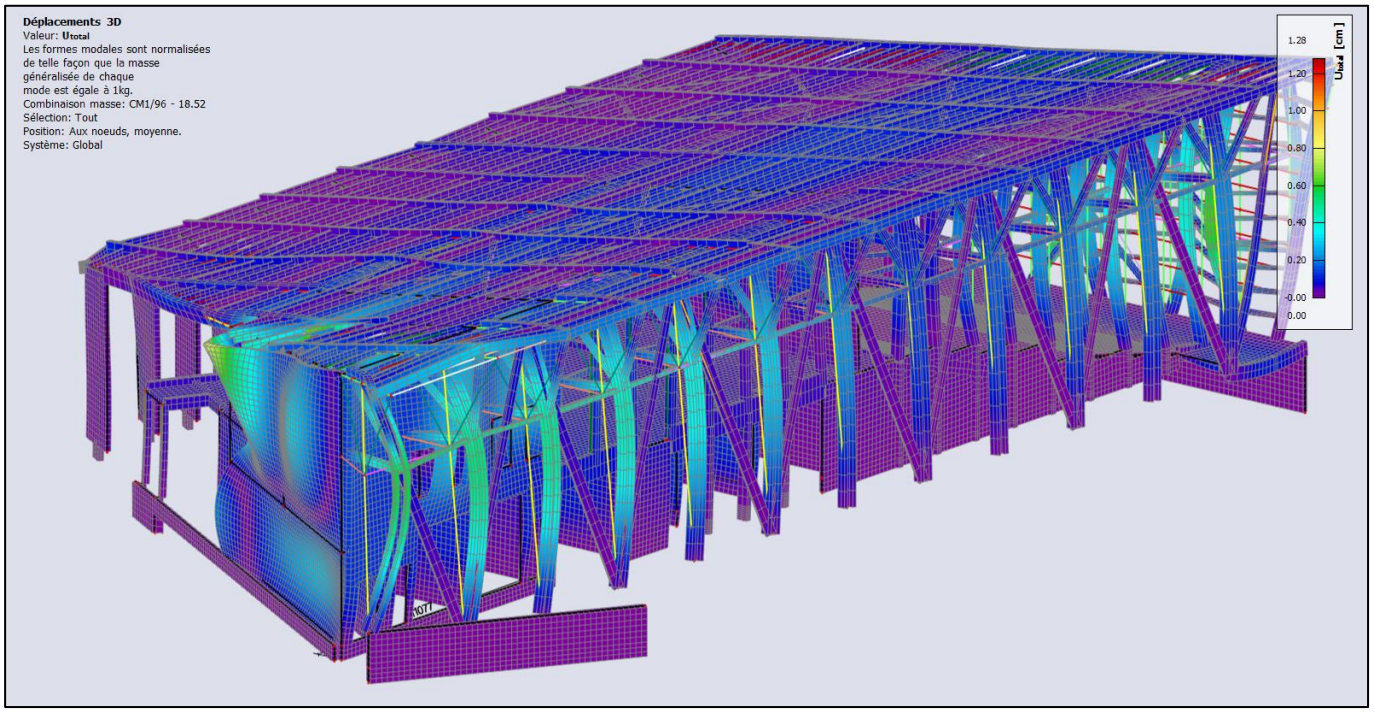


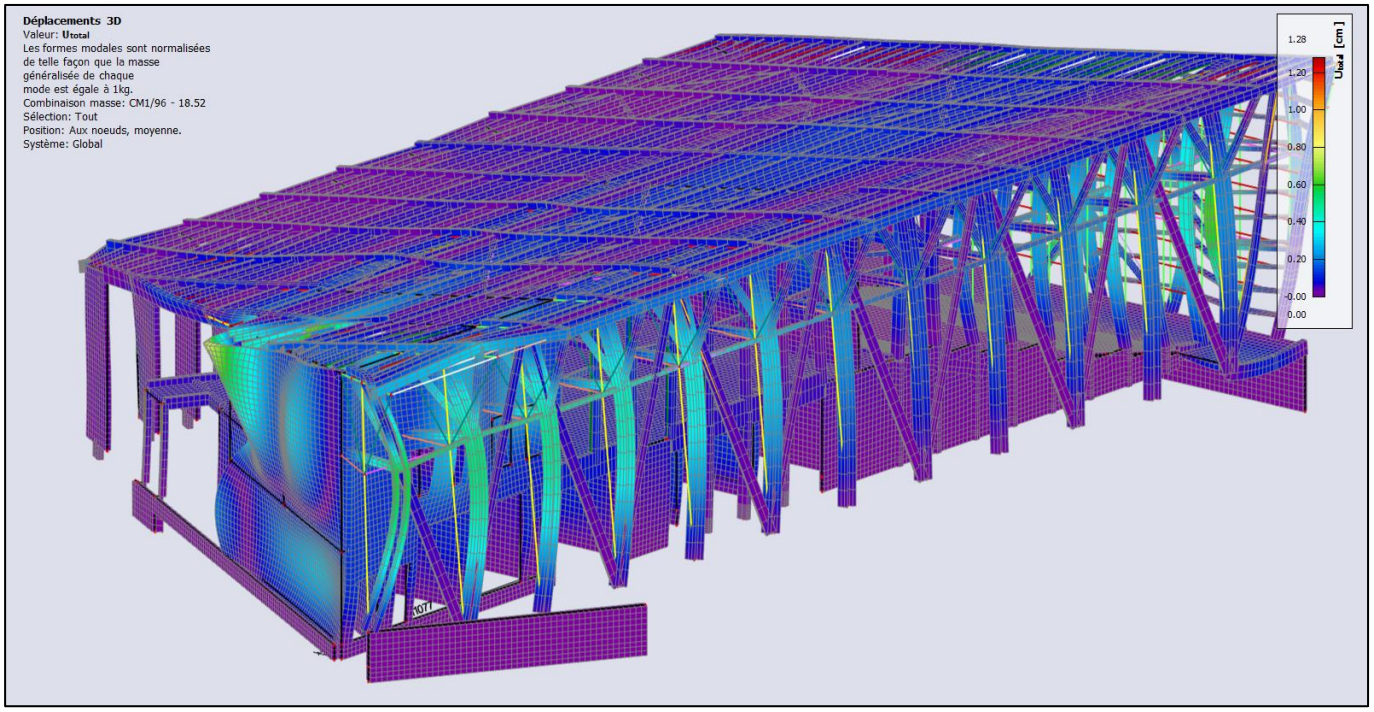
- Mode 115 (f = 19.77 Hz – Uy)



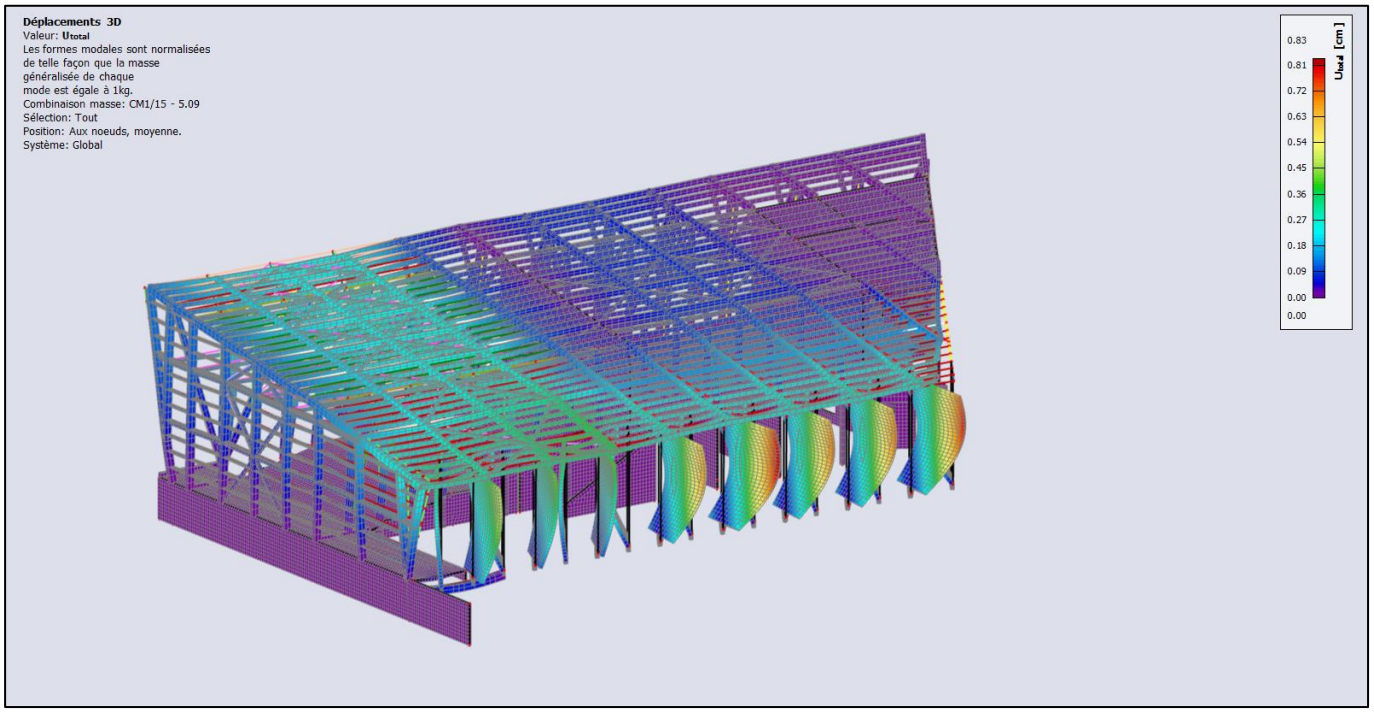


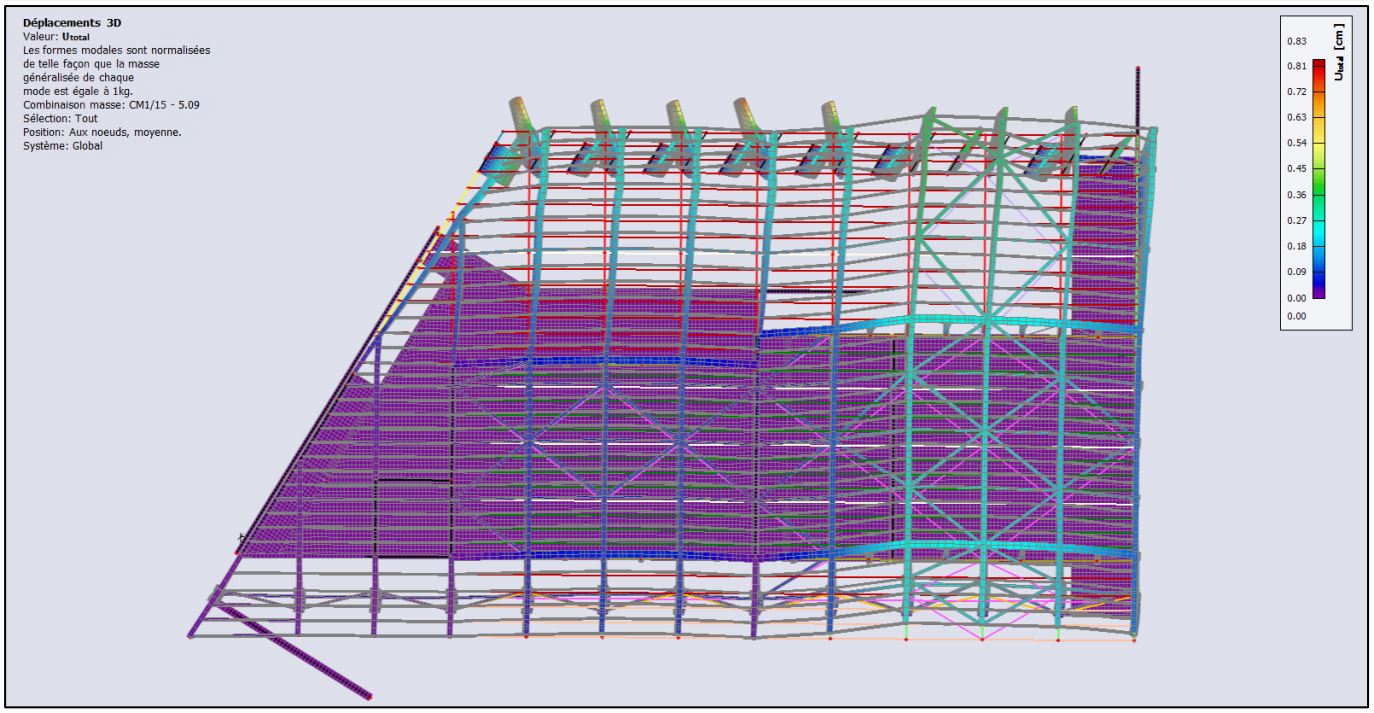
- Mode 96 (f = 18.52 Hz – Ux)





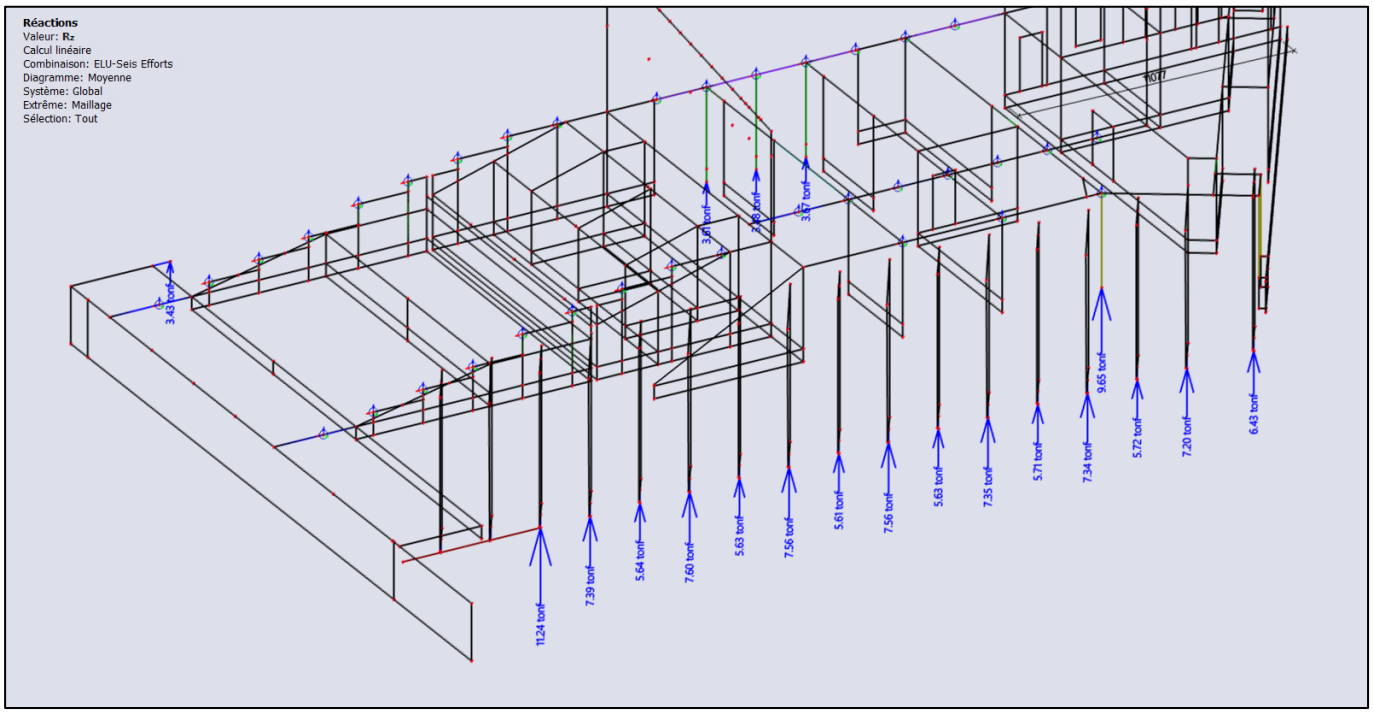
- Mode 15 (f = 5.09 Hz – Uy)



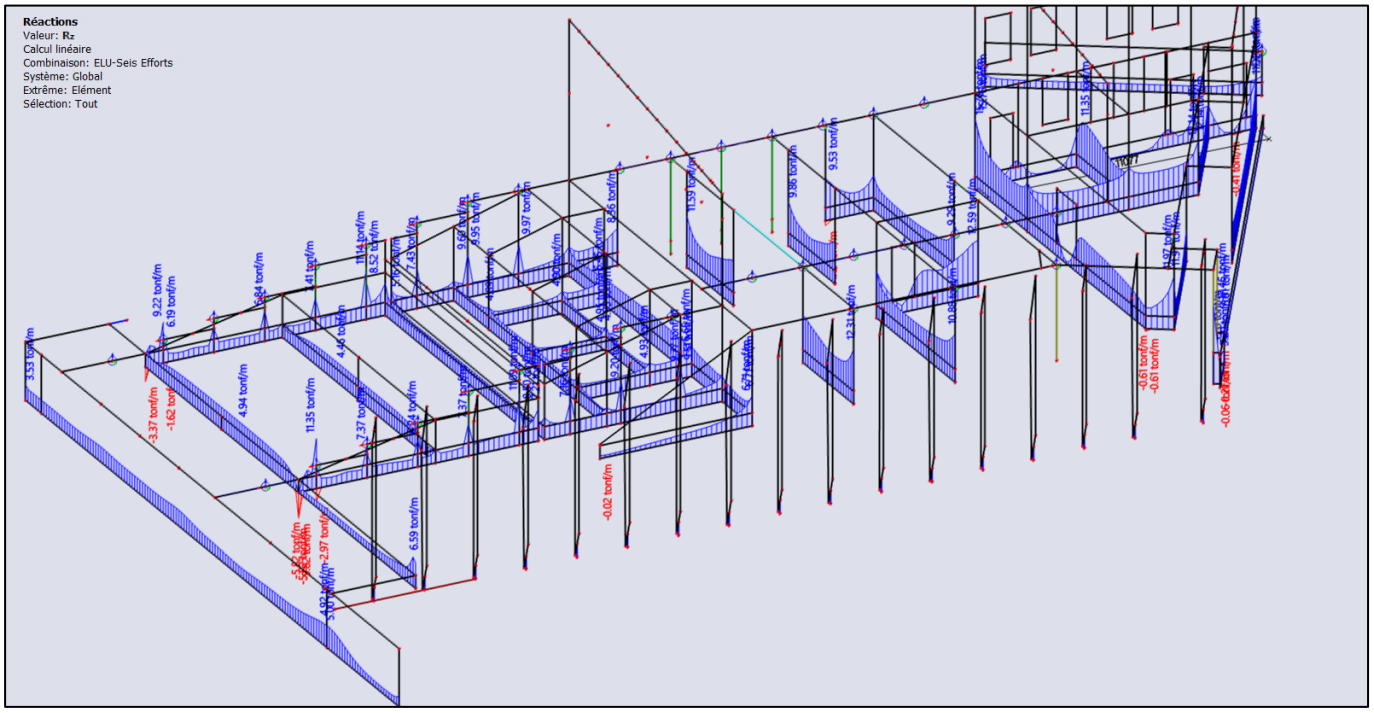


5.5. Résultats sismiques

5.5.a. Réactions d'appuis



Img 10: Réactions d'appuis ponctuelles – ACC Enveloppe (en t)



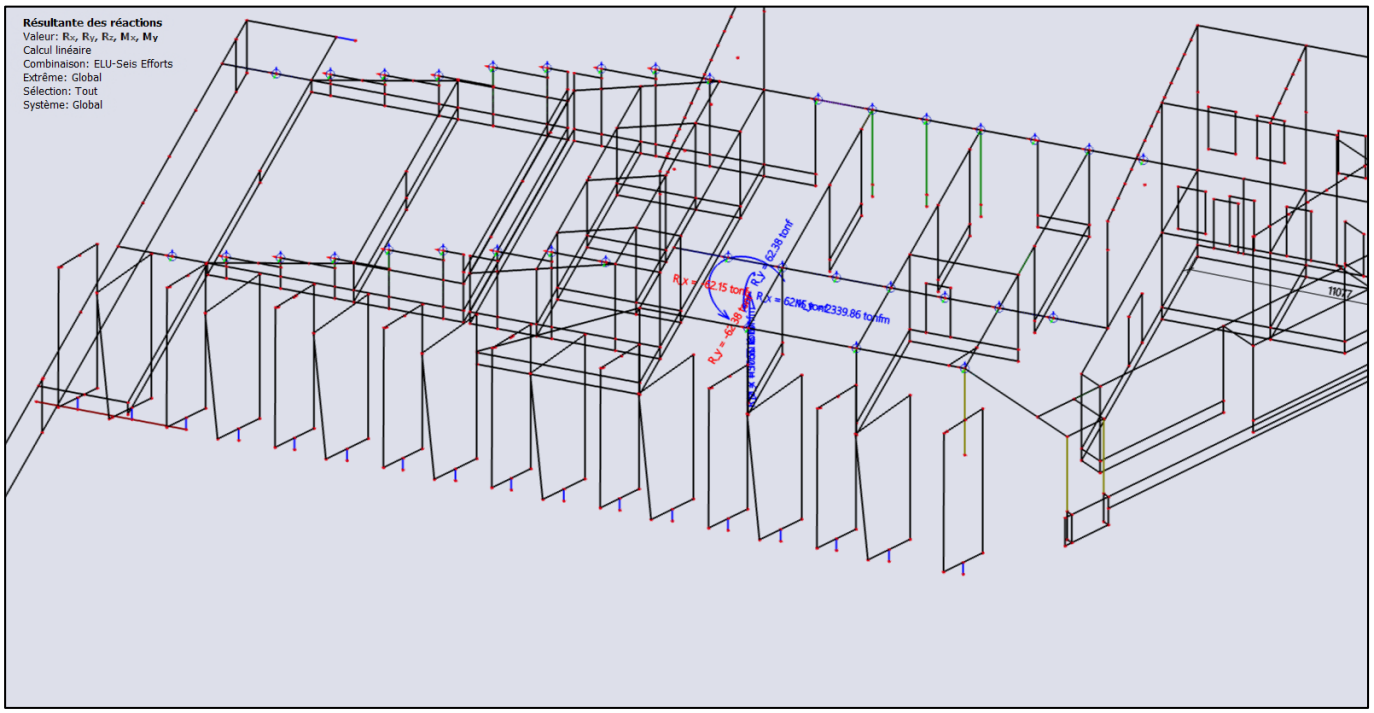
Img 11: Réactions d'appuis linéaires – ACC Enveloppe (en t/ml)

On note des soulèvements sous certains voiles (aux angles principalement), ils sont équilibrés par le poids des semelles et de la terre sur les débords de ces dernières.

Les semelles concernées feront l'objet d'une étude spécifique en phase EXE

5.5.b. Vérification globale du non-glissement

En ramenant les efforts au centre de rigidité de la structure, nous obtenons les efforts enveloppes suivants :



Img 12: Valeurs Enveloppe des résultantes des réactions sismiques – en tonnes

x [m]	y [m]	z [m]	Cas	Rx [tonf]	Ry [tonf]	Rz [tonf]
68.13	16.39	80.38	ELU-Seis Effor…	-0.16	**-62.38**	1147.76
68.13	16.39	80.38	ELU-Seis Effor…	**-62.15**	-15.63	**1018.50**
68.13	16.39	80.38	ELU-Seis Effor…	**62.15**	15.63	**1157.50**
68.13	16.39	80.38	ELU-Seis Effor…	0.16	**62.38**	1028.24
68.13	16.39	80.38	ELU-Seis Effor…	-62.15	-15.63	1136.96
68.13	16.39	80.38	ELU-Seis Effor…	62.15	15.63	1039.03

Img 13: Torseur global sismique – en tonnes

- $H_{ed,max}$ = 65 tonnes
- $V_{ed,min}$ = 1018 tonnes

→

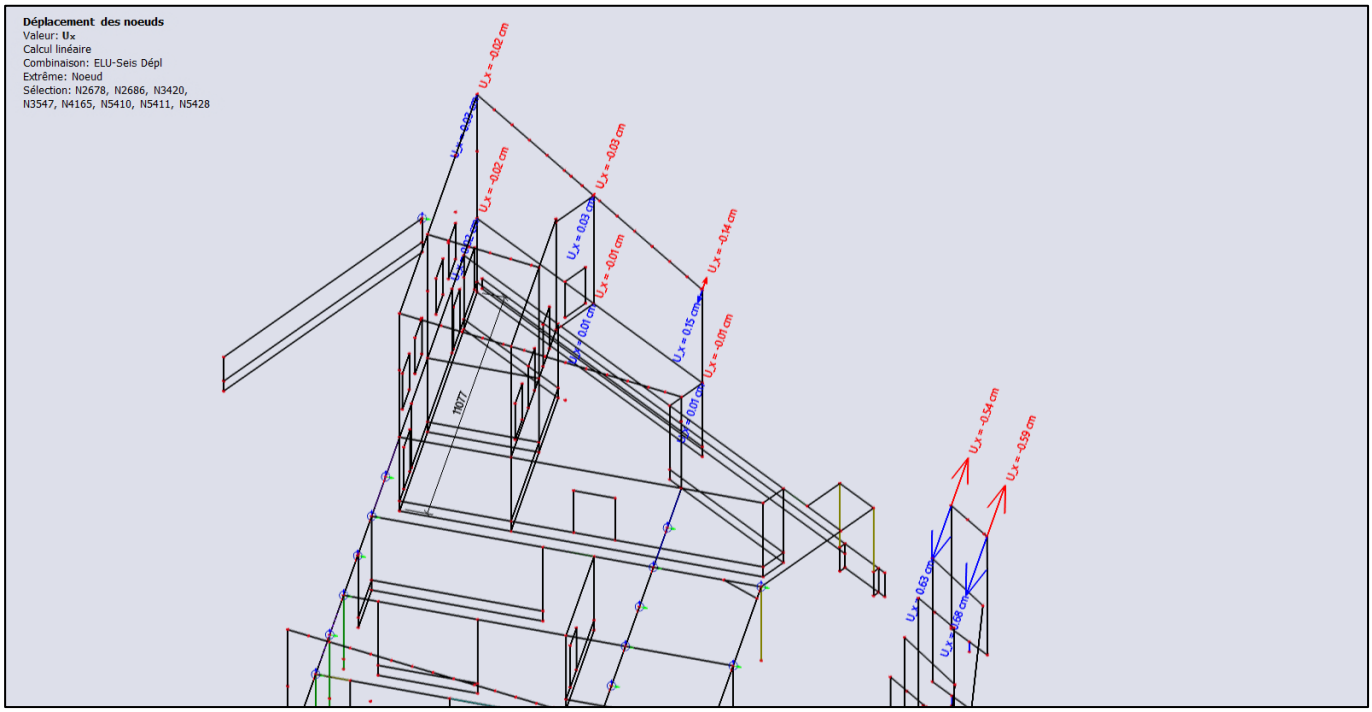
Hed,max/Ved,min = 65/1018 = 0.06 < tan (25)/1.25 = 0.37

La condition de non-glissement est vérifiée dans les deux directions

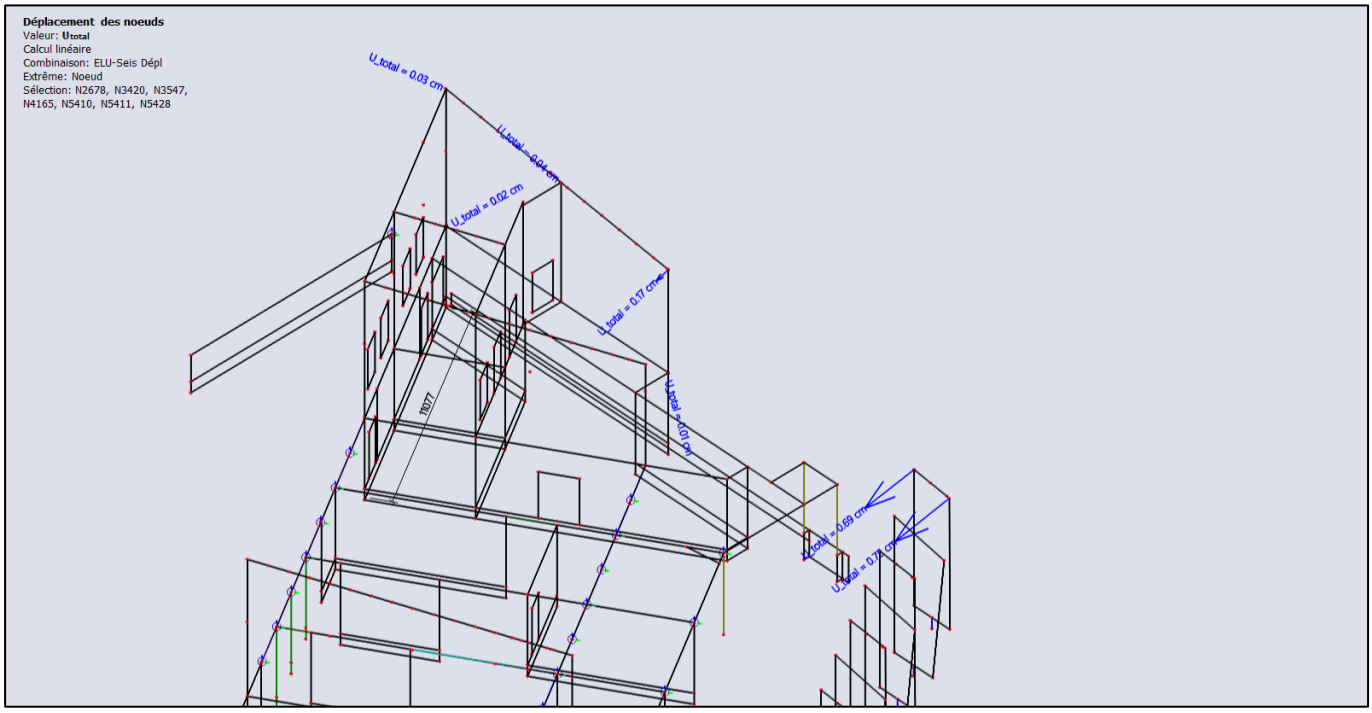
Le non-glissement général de la structure est assuré sous les combinaisons sismiques.

Le non glissement spécifique à chaque appui sera vérifié en phase EXE

5.5.c. Déplacement au droit des JD



Img 14: Déplacements UX – en cm



Img 15: Déplacements Utot – en cm

Les déplacements sont inférieurs au centimètre : les JD prévus à 2cm conviennent.