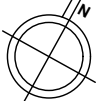




--

CENTRE HOSPITALIER DE SAINT-ESPRIT Route de Petit Bourg - 97270 SAINT-ESPRIT Tél : 05 96 77 31 11 - thierry.largen@ch-saint-esprit.fr	MAITRE D'OUVRAGE	EGIS BATIMENTS Antilles-Guyane 9 Rue des Alpinias Didier - 97200 Fort de France Tél: 05 96 64 19 93 - egis.batiments-antillesguyane@egis.fr	BUREAU D'ETUDE VRD/FLUIDES
EMBASE 15 Avenue de la Paix - 67000 STRASBOURG Tél: 07 86 86 01 98 - etienne.pistre@embase.fr	ASSISTANT MAITRE D'OUVRAGE PROGRAMMISTE	PIERRE SASSINE SASU 380 Rue Clément Ader-Local 14 - 27000 EVREUX Tél: 06 33 11 24 93 - pierre.sassine@sassine.eu	BUREAU D'ETUDE STRUCTURE
OASIIS 15 Avenue de la Paix - 67000 STRASBOURG Tél: 03 88 16 16 00 - thomas.boggia@oasis.fr	ASSISTANT MAITRE D'OUVRAGE ENVIRONNEMENT	H3C CARAIBES Espace Dillon 3000 - ZFU de Dillon 17 rue Georges Eucharis 97200 Fort de France Tél: 06 96 74 50 23 - loic.nohile@h3c-caraibes.fr	BUREAU D'ETUDE HQE
CETE INGENIERIE Résidence Morne Vannier - EOLE II - 97200 Fort de France Tél: 06 96 80 97 77 - eludon@cete-ing.fr	ASSITANT MAITRE D'OUVRAGE TECHNIQUE	AC2R 3 bis rue du Petit Robinson - 78350 JOUY EN JOSAS Tél: 06 63 23 23 86 - aurelien.blunon@ac2r.eu	BUREAU D'ETUDE CUISINE
HYGIFORM MANIBA - 97222 CASE-PILOTE Tél: 06 96 70 20 67 - hygiform@outlook.com	ASSISSTANT MAITRE D'OUVRAGE CUISINE	LBD PAYSAGES Petite Grenarde - 97280 LE VAUCLIN Tél: 06 96 22 46 84 - lbordetdureau@wanadoo.fr	INGENIERIE PAYSAGERE
COMABAT Squadra F 32-Rue Kann Ribanne-Cité Dillon - 97200 Fort de France Tél: 05 96 63 61 06 - yann.dubertret@comabat.net	ENTREPRISE MANDATAIRE	GUIBAN ANTILLES Rue Ferdinard Forest - ZI JARRY - 97122 BAIE MAHAULT Tél: 05 90 41 35 81 - secretariat.antilles@guiban.fr	ENTREPRISE CVCD/ PLOMBRIE
BARBOSA-VIVIER ARCHITECTES D.P.L.G. 16, villa Saint Michel - 75018 PARIS Tél: 01 42 57 01 01 - bkebdani@barbosa-vivier-architectes.fr	ARCHITECTE	2EM 2 Rue de la Clairière - 97200 Fort de France Tél: 05 96 70 76 30 - sgay@2em.fr	ENTREPRISE ELECTRICITE

Indice	Date	Modifications
0	24/08/23	Origine
A	16/04/24	Modification Portance du Sol

NIVEAU 00 00 - NOTE DE MODELISATION							Echelle ---/---	Date 16 Avril 2024
PHASE	EMETTEUR	LOT	CORPS D'ETAT	BATIMENT	NIVEAU	TYPE DE DOCUMENT	NUMERO DE DOCUMENT	INDICE
PRO	PS	STR	GO	LOGI	NDC	PLN	BA02	A

1. SOMMAIRE

Table of Contents

1	SOMMAIRE.....	1
2	DOCUMENTS DE REFERENCE.....	3
2.1	Dossier DCE et documents spécifiques au projet.....	3
2.2	Études géotechniques.....	3
2.3	Règlements généraux.....	3
3	PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE.....	4
4	SOL.....	15
4.1	Fondations.....	15
4.2	Hydrologie.....	15
4.3	Plancher bas.....	15
5	MATÉRIAUX.....	15
5.1	Caractéristiques des bétons.....	15
5.2	Classe d'exposition des bétons	16
5.3	Caractéristiques des aciers pour béton armé.....	16
5.3.1	Enrobage.....	16
5.3.2	Fissuration :	16
6	CHARGES GRAVITAIRES.....	17
6.1	Poids Propre.....	17
6.2	Charges Permanentes.....	17
6.3	Surcharge.....	17
7	CHARGES CLIMATIQUES.....	18
7.1	Séisme.....	18
7.2	Vent.....	18
7.3	Incendie.....	18
7.4	Etat limite de Déformation.....	19
8	CHARGES THERMIQUES.....	19
9	PLAN DE CHARGE.....	20
10	ANALYSE DE LA CHARGE SISMIQUE.....	47
10.1	Hypothèses Principales.....	47
10.1.1	Zone de sismicité.....	47
10.1.2	Accélération de référence.....	48
10.1.3	Catégorie et Coefficient d'importance.....	48
10.1.4	Classe et Paramètre du Sol.....	48
10.1.5	Amplification Topographique.....	48

10.2	Modélisation.....	49
10.3	Évaluation de la Régularité en Plan.....	50
10.4	Évaluation de la Régularité en Élévation.....	50
10.5	Types des bâtiments en béton armé.....	50
10.6	Classe de ductilité.....	51
10.7	Coefficient de comportement.....	51
10.8	Etude multimodale.....	52
10.8.1	Spectre de calcul Horizontal (Eurocode 8 – 3.2.2.2)	52
10.8.2	Spectre de calcul Vertical (Eurocode 8 – 3.2.2.3)	54
10.8.3	ÉLÉMENTS PRIMAIRES ET SECONDAIRES.....	55
10.8.4	Masses prises en compte pour le calcul sismique.....	57
10.8.5	Torsion Accidentelle.....	58
10.8.6	Combinaison des effets des Composantes Horizontales et Verticales.....	59
10.8.7	Combinaisons d'actions en situation sismique.....	59
10.8.8	Combinaison des réponses modales dans l'analyse multimodale spectrale.....	60
10.9	Calcul des déplacements.....	63
10.10	Effets du Second Ordre (P- Δ)	63
10.11	Limitation des dommages.....	65

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1 Dossier DCE et documents spécifiques au projet

- Plans DCE Architecture
- CCTP

2.2 Études géotechniques

- Rapport GINGER GEODE, G001. M.067-01A : Etude géotechnique de conception avant-projet (G2), Juillet 2022.

2.3 Règlements généraux

- Eurocode 0 : Base de calcul des structures + annexes nationales,
- Eurocode 1 : Actions sur les structures + annexes nationales,
- Eurocode 2 : Calcul des structures en béton + annexes nationales,
- Eurocode 3 : Calcul des structures en acier + annexes nationales,
- Eurocode 7 : Calcul géotechnique + annexes nationales,
- Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes + annexes nationales, • Ensemble des DTU,
- Règles Antilles.

3. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE

La structure est un bâtiment en béton armé (BA) concernant un centre Hospitalier.

Ce centre est formé d'un étage (plancher-haut Niveau Bas) et d'un étage (plancher-haut Niveau Haut) et d'une toiture (plancher-haut Niveau 1^{er}) en BA appuyée sur des voiles et des poteaux en BA.

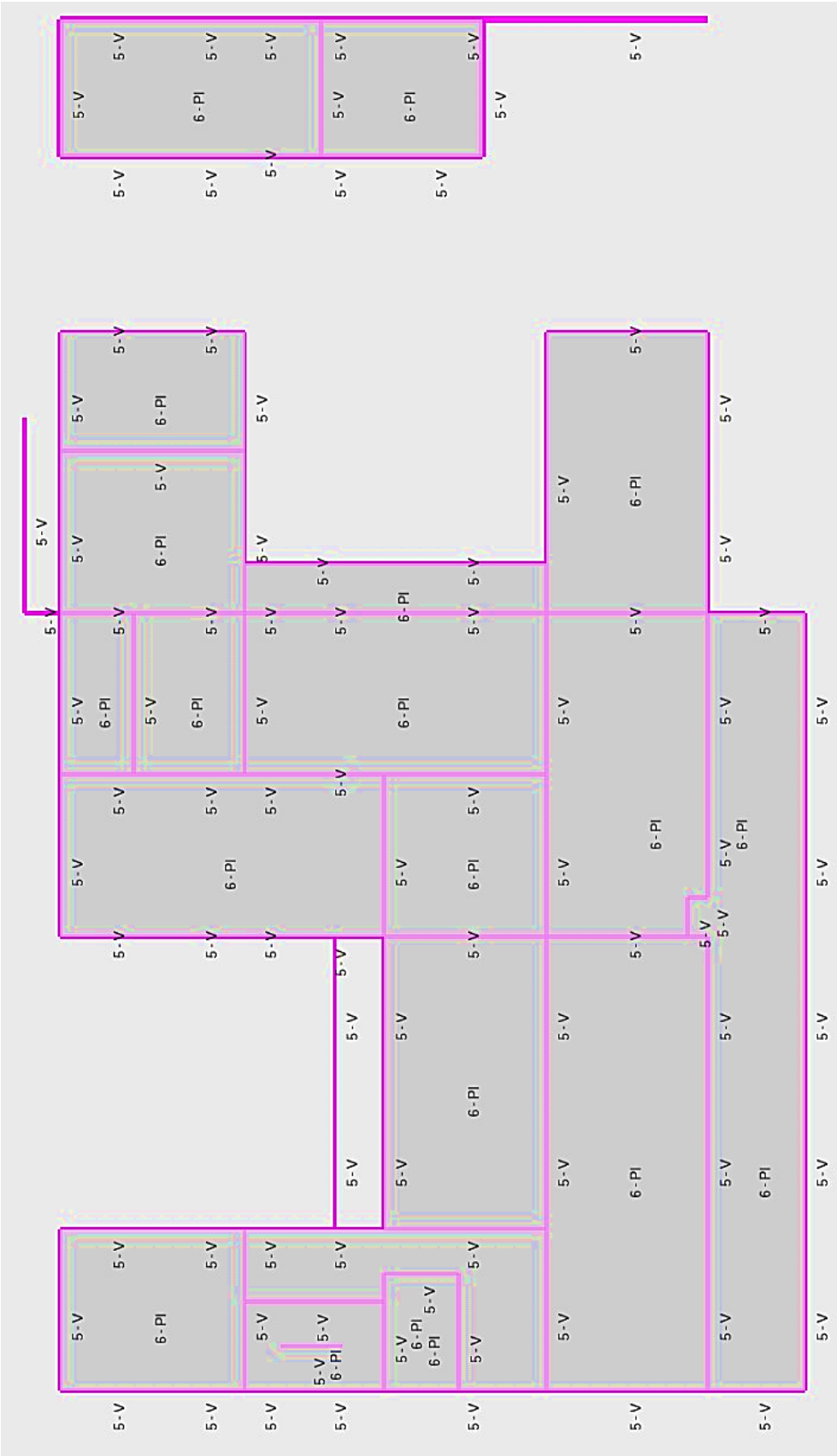
Le système de répartition des forces gravitationnels est de type dalle en post-contrainte qui doit être conçue pour résister aux efforts de cisaillement générés entre les faces des voiles et les bords des planchers en contact avec les voiles, permettant une répartition correcte des forces sismiques entre les différents systèmes de résistance horizontale.

Les efforts latéraux sont résistés par des voiles en BA. Ces voiles sont adaptées à des plans architecturaux offrant suffisamment de résistance pour supporter les forces verticales et horizontales appliquées simultanément sur chaque mur.

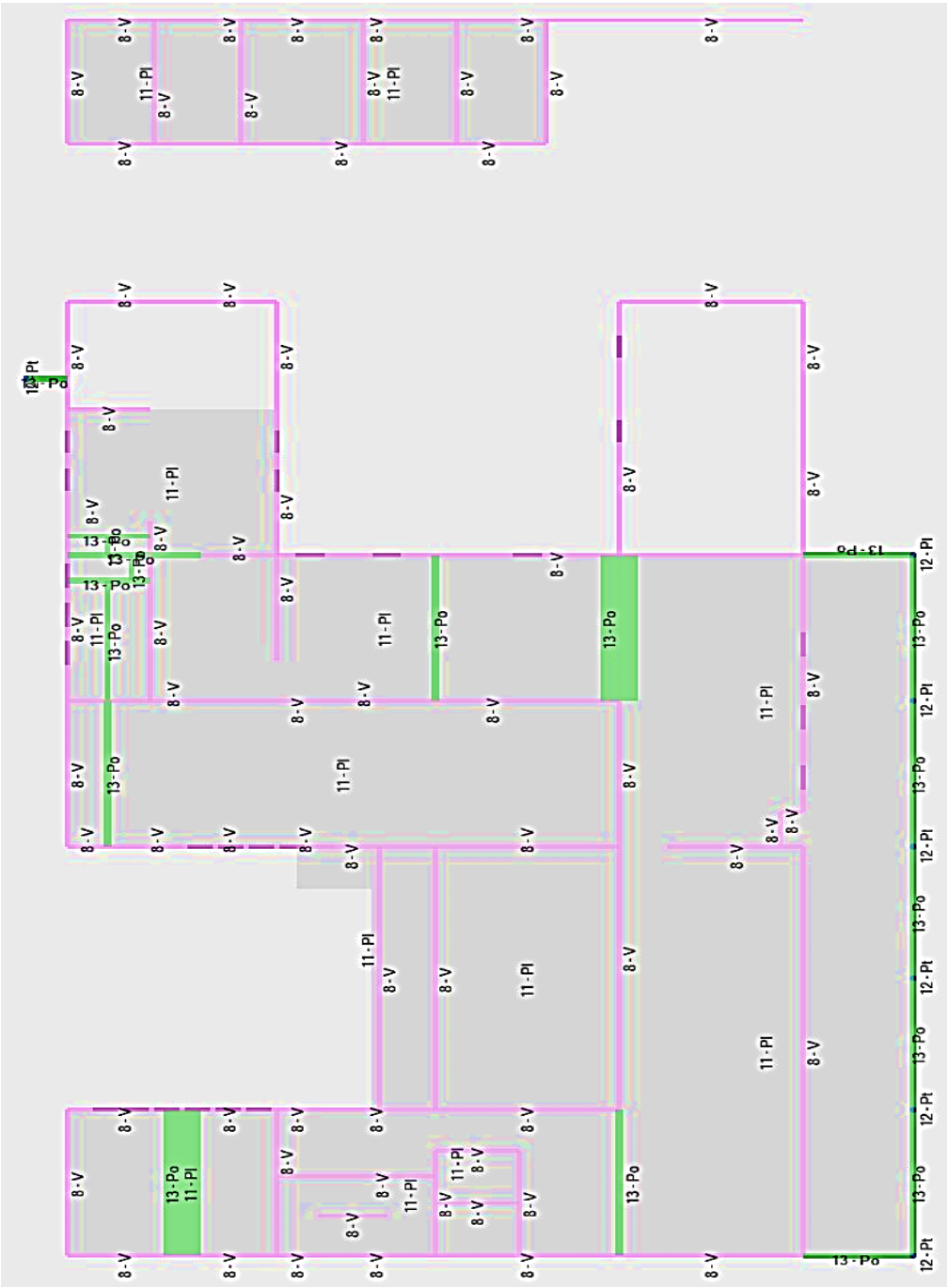
Les poteaux en BA participent à la résistance des forces sismiques, ils sont nécessaires pour supporter les dalles pour leur permettre de répartir les forces sismiques horizontales aux différents systèmes de résistance latérale.

La structure est fondée sur des semelles continue pour transmettre la charge au sol de fondation.

PLANCHER NIVEAU FONDATION



PLANCHER NIVEAU-BAS



ELV 2



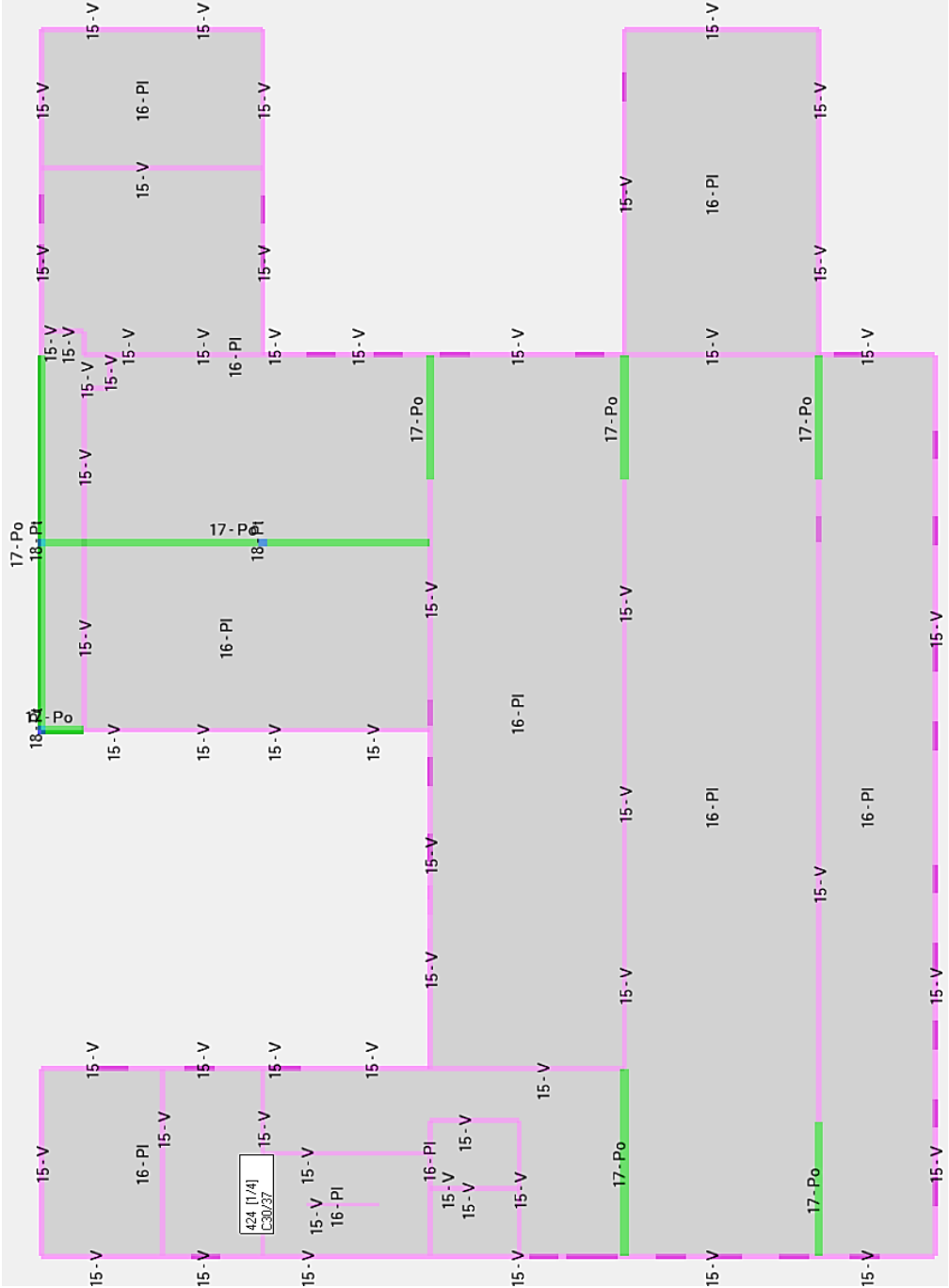
ELV 1

PLANCHER NIVEAU-HAUT

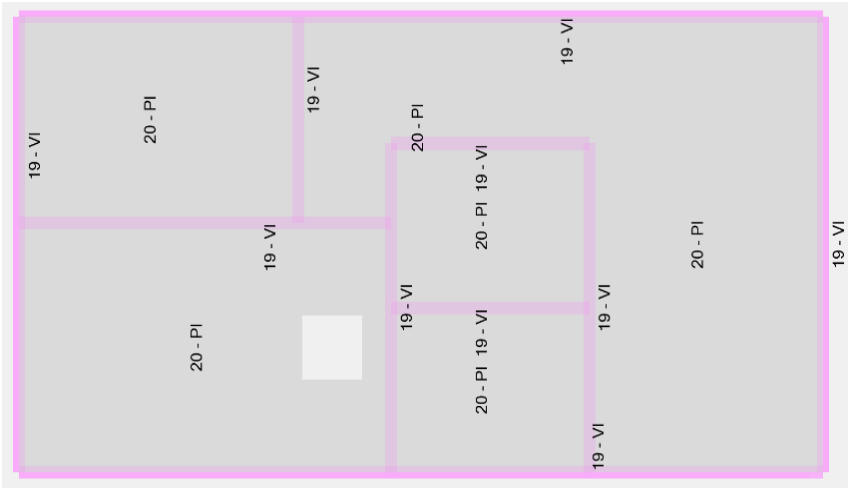
ELV 4



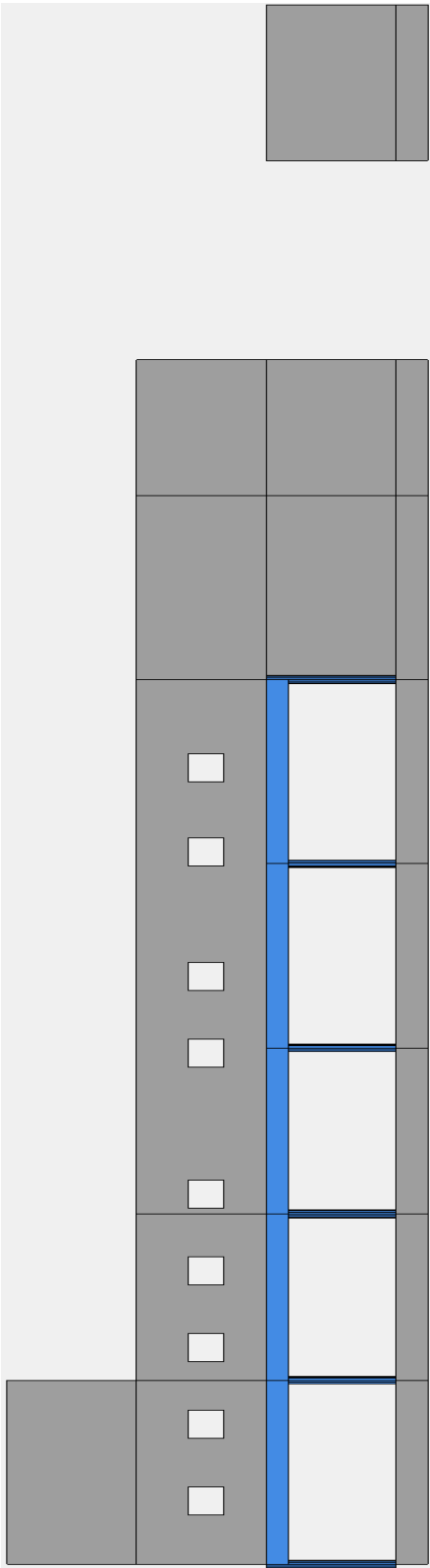
ELV 3



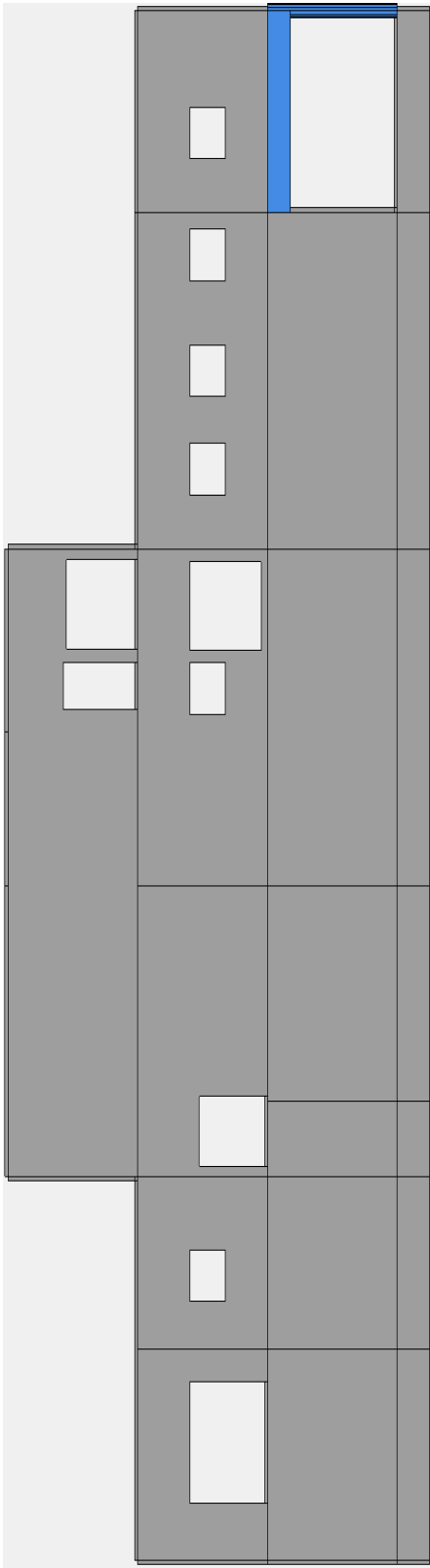
PLANCHER NIVEAU 1er (TOITURE)



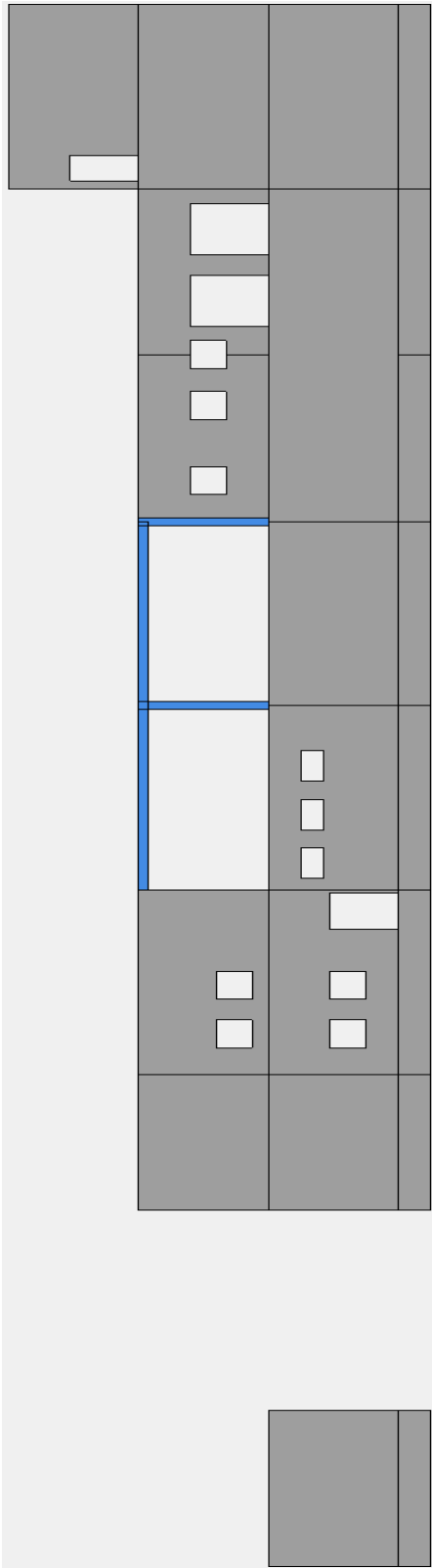
Elevation 1



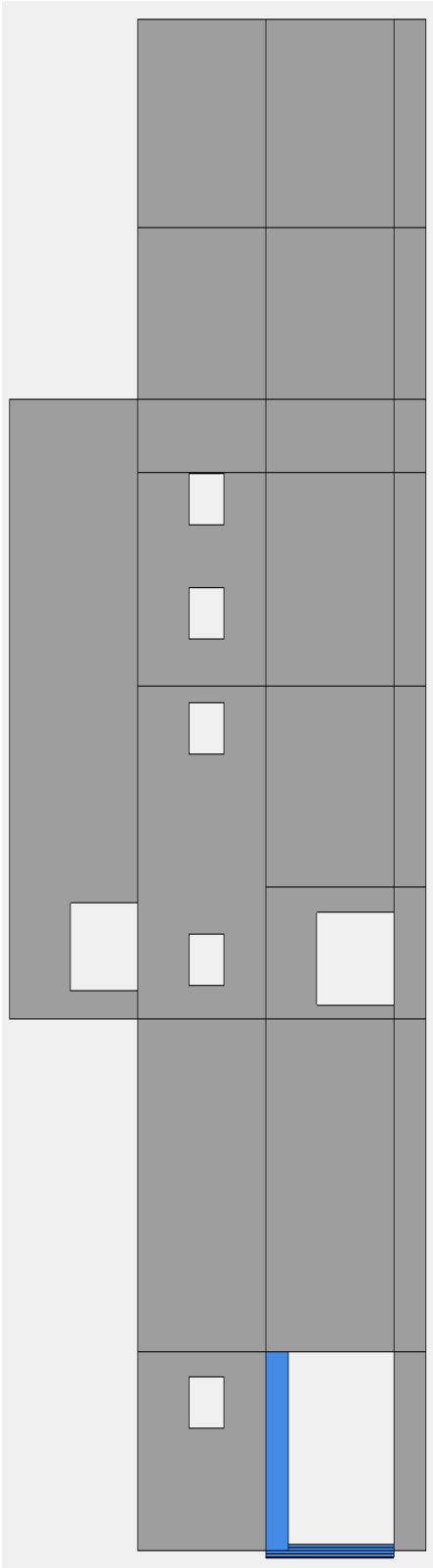
Elevation 2



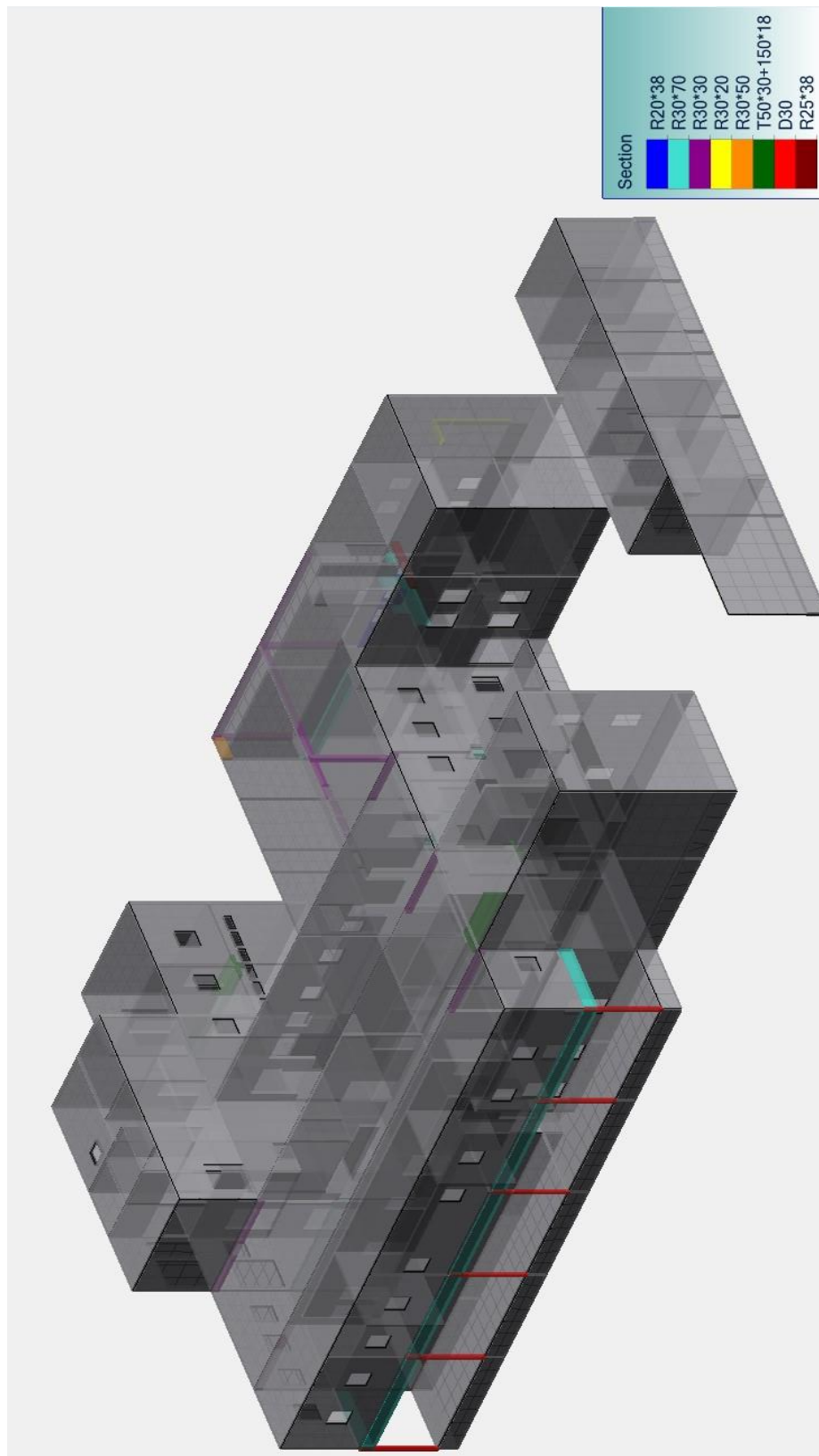
Elevation 3



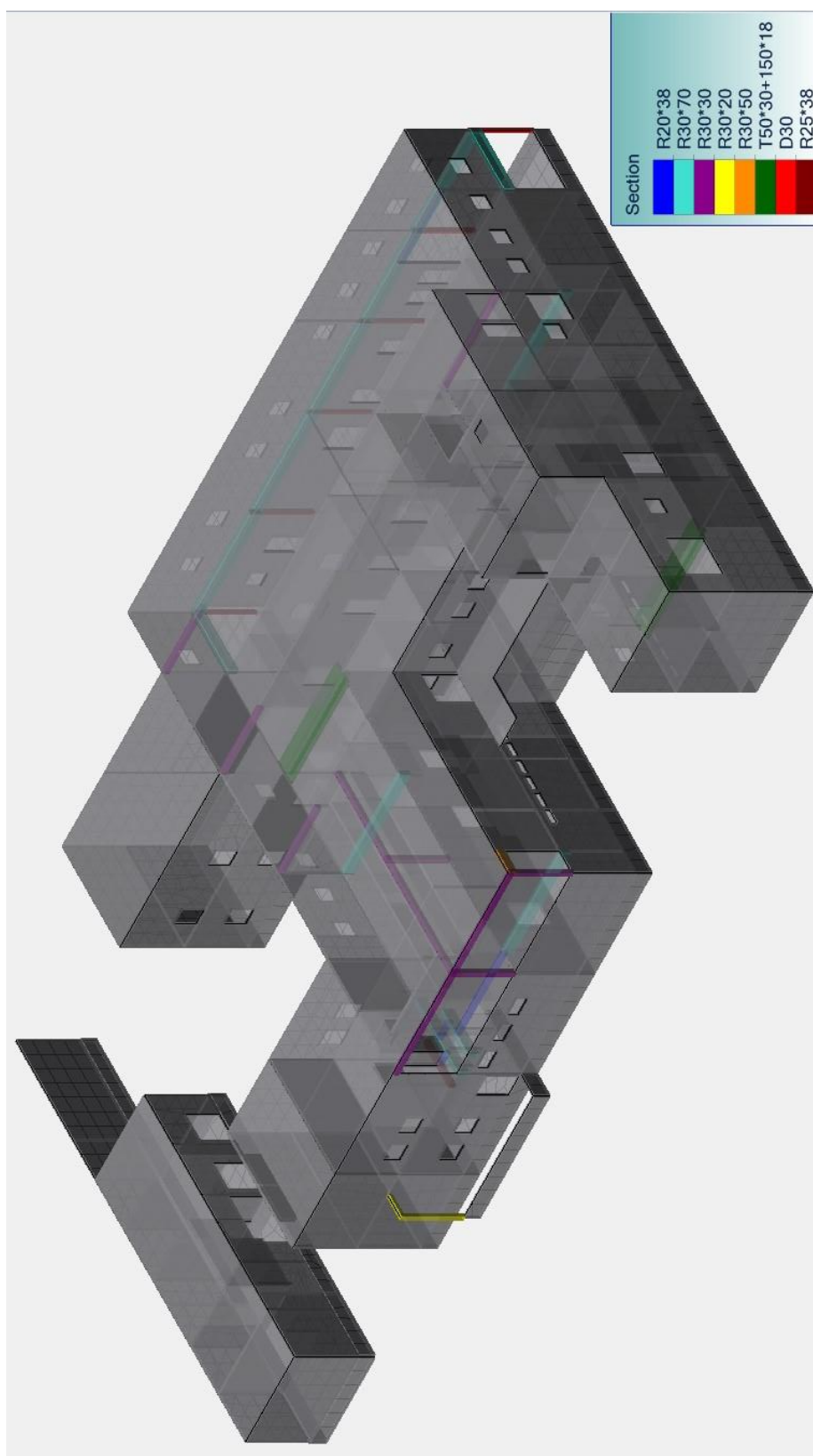
Elevation 4



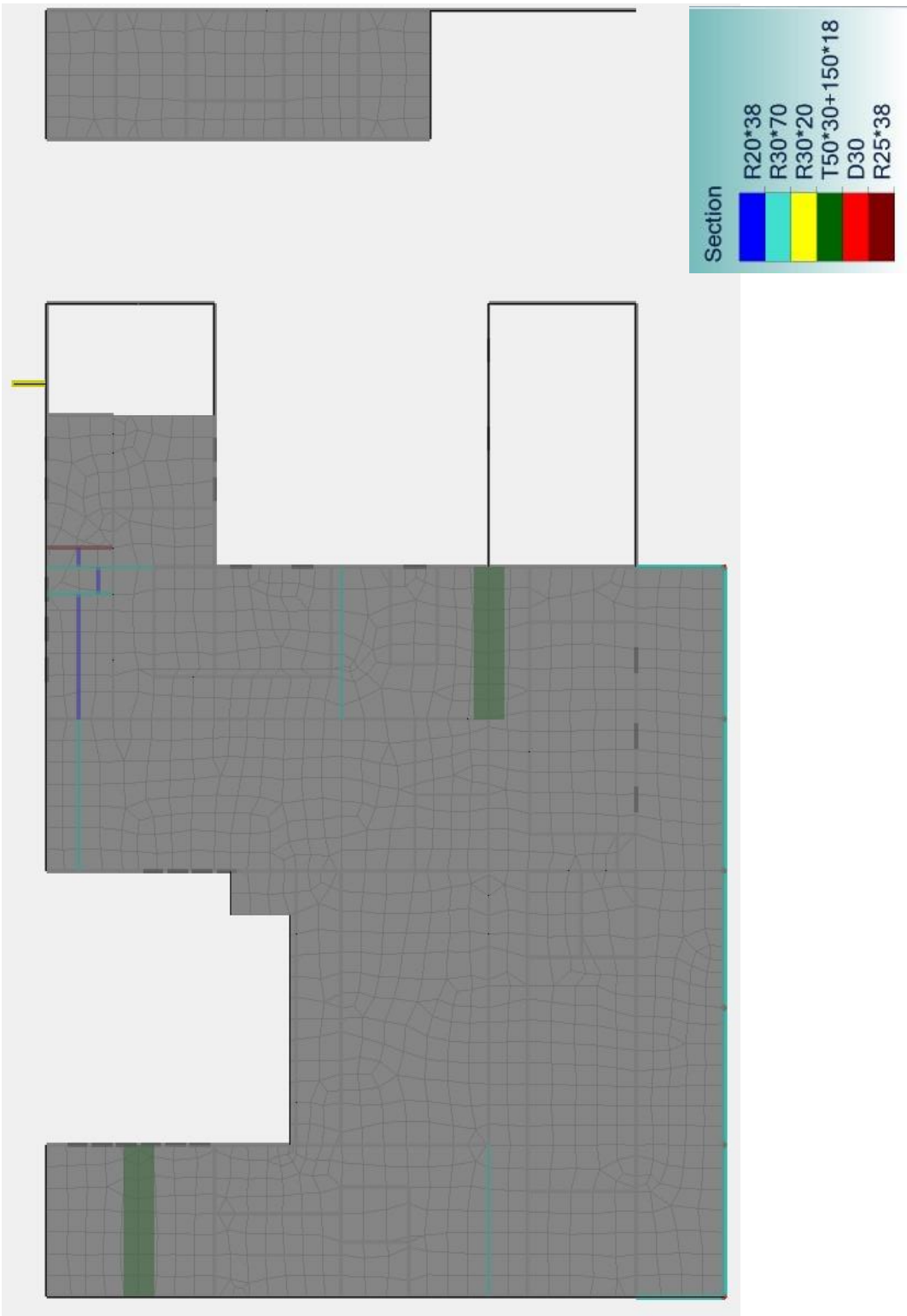
Vue (1) 3D avec éléments barres + légende



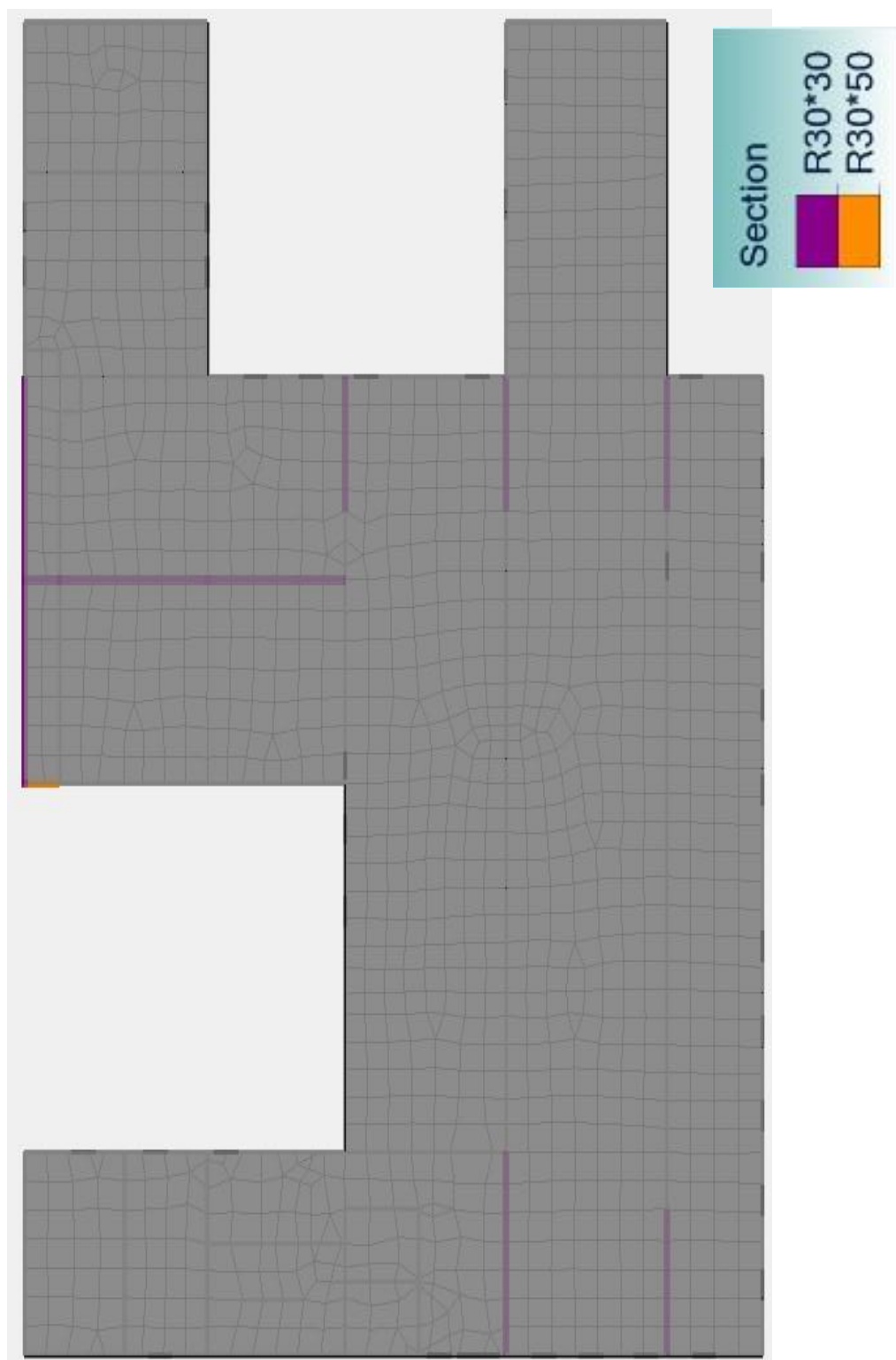
Vue (2) 3d avec éléments barres + légende



Vue 2D Niveau bas Eléments barres + légende



Vue 2D Niveau haut Eléments barres + légende



4. SOL

4.1 Fondations

La solution de fondation à adapter est la technique des fondations superficielles par semelles filantes ou isolées. Selon le rapport GINGER GEODE (Page 16, Art.6.2.1) :

Semelle filante dans les zones 1 et 2 :

- $q_{ELS} = 300 \text{ KPa}$
- $q_{ELU} = 490 \text{ KPa}$
- $q_{ELA} = 600 \text{ KPa}$

Les calculs et vérifications relatifs au sol et aux fondations sont menés par références aux EUROCODES, et en particulier l'EC7 et l'EC8.

4.2 Hydrologie

Le contexte hydrogéologique est celui de ruissèlements sporadiques et d'infiltrations variables suivant les saisons, les précipitations et les crues du cours d'eau en aval du site.

(Rapport : G001. M.047-01. A ; page 15)

4.3 Plancher bas

Au vu du fort potentiel au retrait-gonflement des formations superficielles, le niveau bas pourra être traité :

- Soit en dallage sur terre-plein moyennant la purge intégrale des formations superficielles et la mise en œuvre d'une couche de forme
- Soit en plancher porté par les fondations avec un vide sanitaire.

La solution à adopter dépendra des terrassements prévus pour la réalisation des aménagements.

Elle sera présentée en phase G2 AVP. (Rapport : G001. M.047-01. A ; page 17 ; Art. 6.2.3) Le rapport GINGER GEODE indique (Page 18, Art.4.4.4)

5. MATÉRIAUX

5.1 Caractéristiques des bétons

- Béton de classe C30/37 pour tous les éléments courants en béton armé, contrainte admissible $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ mini
- Module d'Young instantané : $E = 33000 \text{ MPa}$,
- Module d'Young différé : $E = 11000 \text{ MPa}$,
- Coefficient de Poisson : 0.20 pour le calcul des déformations
- Poids volumique du béton armé : 25 KN/m^3 ,
- Coefficient de dilatation thermique $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,
- Gros béton de classe C16/20, poids volumique 24 KN/m^3 .

5.2 Classe d'exposition des bétons :

- Béton armé en élévation protégé (locaux clos et couverts : plafonds, planchers, murs, escaliers, toitures-terrasses avec étanchéité) : XC1.
- Béton armé en élévation extérieur et exposées aux intempéries : XS1.
- Béton armé en élévation exposé aux intempéries (Murs extérieurs, acrotères et émergences) : XS1.
- Vides sanitaires : Voiles XC4, plancher XC3.
- Béton armé en contact avec la terre (Semelles, longrines) : XC2.
- Classe d'exposition pour béton de propreté, formes de pente et recharges : XC0.
- Classe d'exposition pour béton de propreté, formes de pente et recharges : XC0.

5.3 Caractéristiques des aciers pour béton armé

- Aciers à haute adhérence classe B500B (Classe B, allongement 5%) : $f_{yk} = 500$ MPa
- Aciers doux Fe240 : $f_{yk} = 240$ MPa
- Utilisation de treillis soudés suivant gamme Martinique.

(EC8, 2.2.2-1), il n'est permis d'utiliser que des aciers à haute adhérence dans les zones critiques. Alors, on n'utilise que des aciers à haute adhérence dans les éléments structuraux principaux.

- Utilisation de treillis soudés suivant la gamme Martinique.

5.3.1 Enrobage

Enrobage : 5 cm pour les éléments en contact avec le sol,
3.5 cm ailleurs.

5.3.2 Fissuration :

$W_{max} = 0.3\text{mm}$ pour les éléments en contact avec le sol et les éléments extérieurs exposés aux intempéries ou condensations,

$W_{max} = 0.4\text{mm}$ ailleurs.

6. CHARGES GRAVITAIRES

6.1 Poids Propre

Poids propre des éléments béton armé : 25 KN/m³

Poids propre du gros béton : 24 KN/m³

Poids propre des éléments charpente métallique : 78.5 KN/m³

6.2 Charges Permanentes

Les charges permanentes complémentaires (circulation, locaux, bureaux, ...) : 200 Kg/m²

Forme de pentes 2% vers DEP des terrasses béton : 200 Kg/m²

6.3 Surcharge

Les hypothèses principales à prendre en compte pour les surcharges d'exploitation sont les suivantes

- 80 daN/m² :
 - Toiture
- 500 daN/m² :
 - Quais
- 750daN/m² :
 - Surface susceptibles de recevoir une accumulation de marchandises
- 500 daN/m² :
 - Zones de stockage
- 1000 daN/m² :
 - Grand stockage ; réservoirs d'eau sur toiture
- 150 daN/m² :
 - Circulation interne ; Bureaux ; cuisine
- 250 daN/m² :
 - Escaliers
- 300 daN/m² :
 - Equipment

7. CHARGES CLIMATIQUES

7.1 Séisme

Les hypothèses principales à prendre en compte pour le séisme sont les suivantes :

Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique

Applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8),

- Zone de sismicité : 5 (Forte) $a_{gr} = 3,00 \text{ m/s}^2$ IV $\gamma_i = 1,4$
- Accélération de référence : B
- Catégorie d'importance du bâtiment : S = 1,2
- Coefficient d'importance : ST = 1,00
- Classe du sol : 1
- Paramètre du sol : DCM
- Amplification topographique : $q = 2$ (Pour le calcul voir annexe à la fin du rapport)
- Ductilité :
- Coefficient de comportement :

7.2 Vent

Les hypothèses principales à prendre en compte pour le vent sont les suivantes :

- Région : Martinique ;
- Vitesse de référence : 32 m/s ;
- Rugosité : 0

7.3 Incendie

- Locaux à risques courants
 - Structure : SF 1h
 - Plancher : SF/CF 1h
- Locaux à risques moyens
 - Structure : SF 1h
 - Plancher : SF/CF 1h
- Locaux à risques importants
 - Structure : SF 2h
 - Plancher : SF/CF 2h

7.4 Etat Limite de Déformation

- 1- Pour des conditions d'utilisation normales, la flèche, calculée par apport aux actions quasi permanentes, doit être inférieure à **$l/250$** .
EC2 - 7.4.1(3) ; EC2 - 7.4.1(4) ; EC2 - 7.4.1(5)
- 2- L'EC2 dispense de la vérification de la flèche d'un élément si le rapport **l/d** reste inférieur aux limites tel définies dans l'article 7.4.2.

8. CHARGES THERMIQUES

La charge thermique est appliquée aux éléments structuraux directement exposés au soleil.

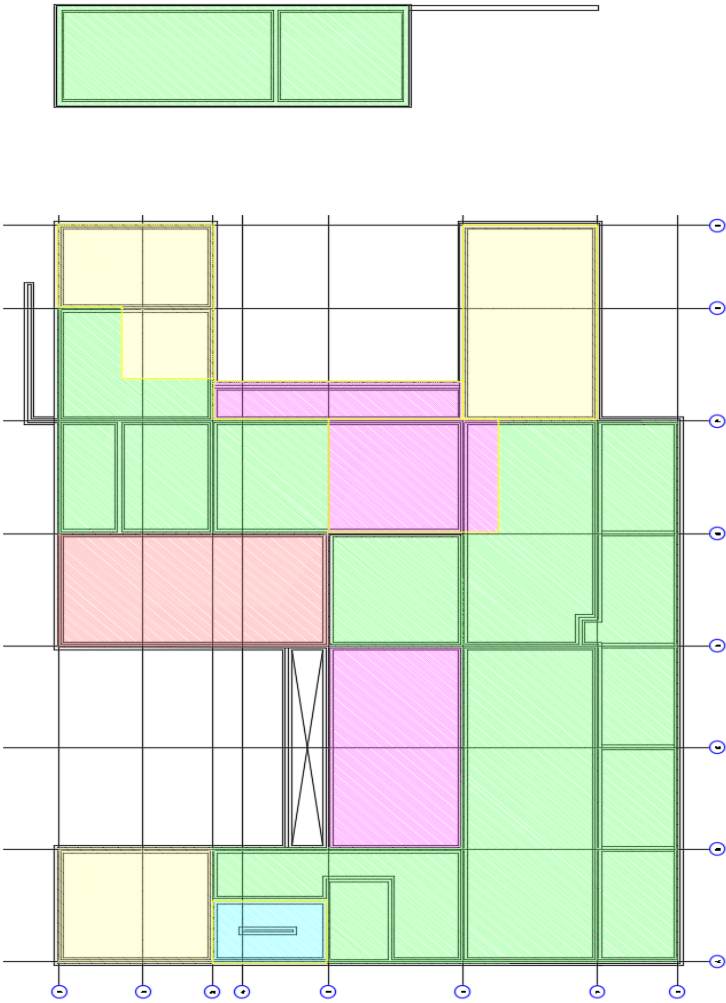
Caractéristique de la différence de température :

$$T^+ = +15^{\circ}\text{C}$$

$$T^- = -15^{\circ}\text{C}$$

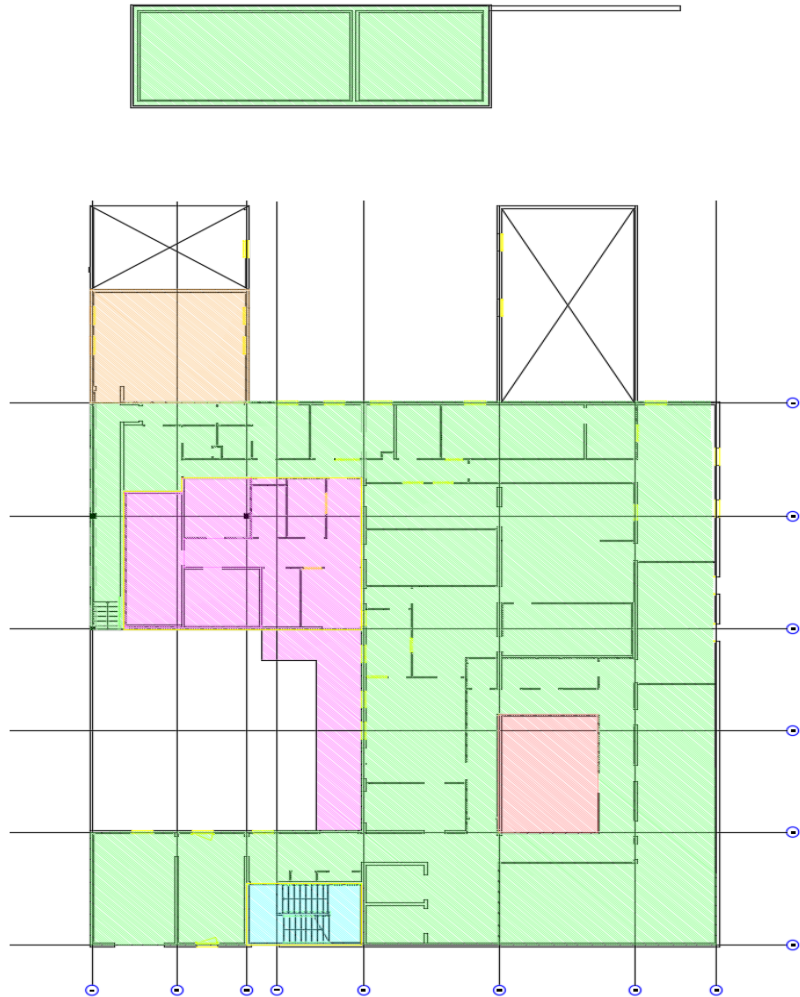
9. PLANS DE CHARGES

NIVEAU FONDATION

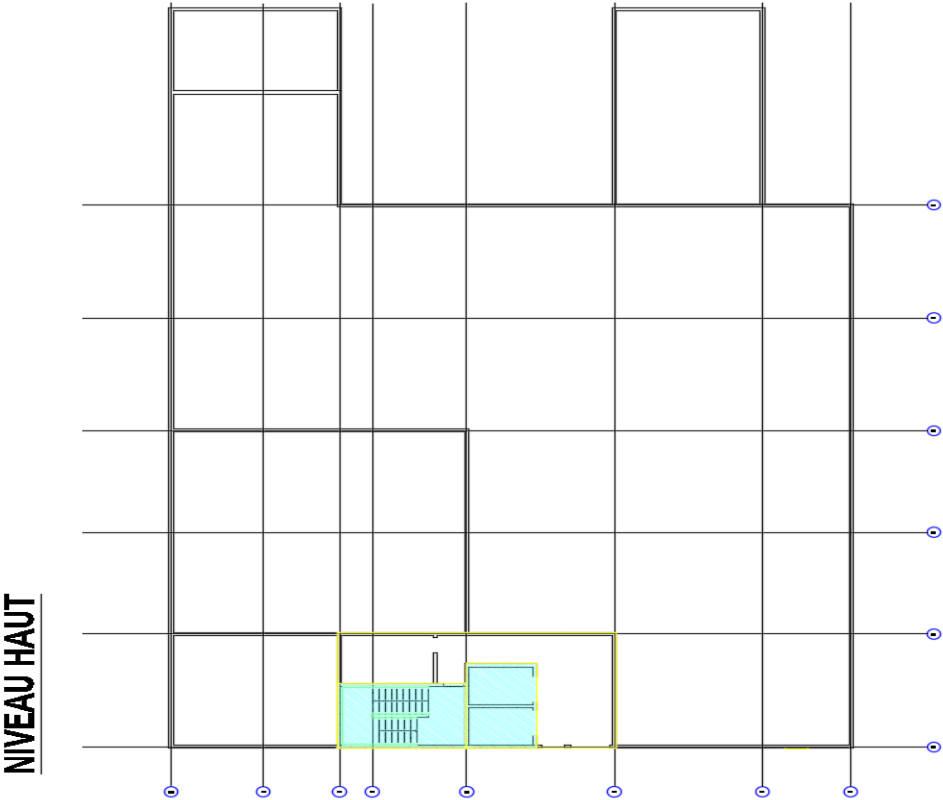


Charges en Kg/m²			
	G (permanentes)	Q (exploitation)	Catégorie
<div></div>	200 Kg/m²	750 Kg/m²	E
<div></div>	200 Kg/m²	1000 Kg/m²	E
<div></div>	200 Kg/m²	150 Kg/m²	A
<div></div>	200 Kg/m²	500 Kg/m²	E
<div></div>	200 Kg/m²	250 Kg/m²	A

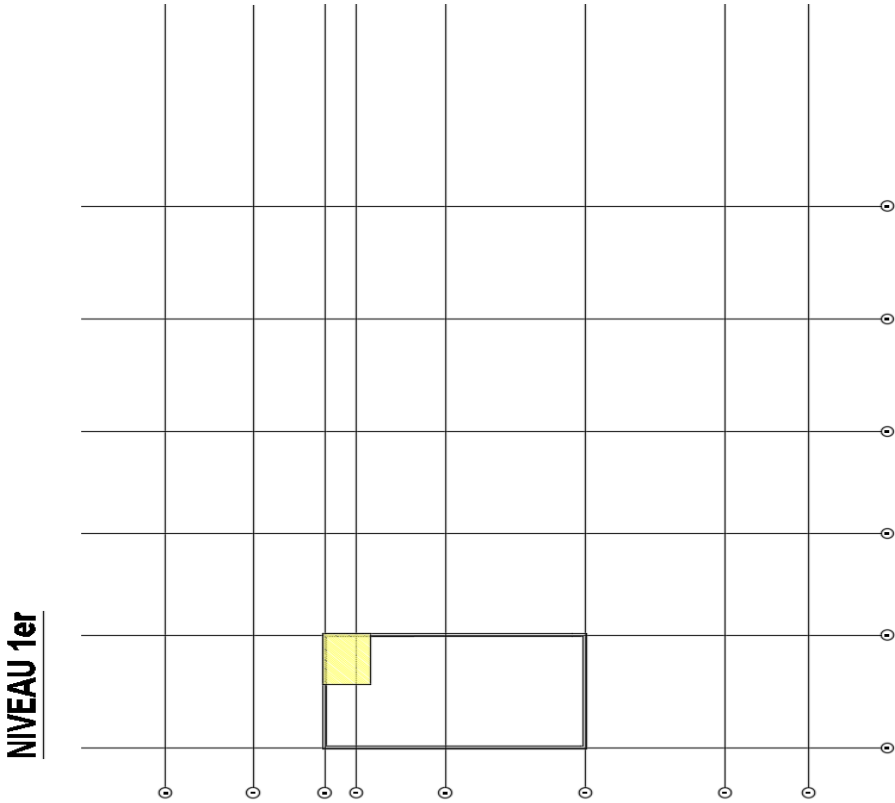
NIVEAU BAS



Charges en Kg/m²			Catégorie
G (permanentes)	Q (exploitations)		
200 Kg/m²	750 Kg/m²	E	
200 Kg/m²	150 Kg/m²	A	
200 Kg/m²	500 Kg/m²	E	
200 Kg/m²	250 Kg/m²	A	
200 Kg/m²	300 Kg/m²	E	



Charges en kg/m²			Catégorie
G (permanentes)	Q (exploitations)		
200 Kg/m²	250 Kg/m²	A	
200 Kg/m²	80 Kg/m²	H	
ALLEURS			



Charges en Kg/m²			Catégorie
G (permanentes)	Q (exploitations)		
200 Kg/m²	1000 Kg/m²		E
200 Kg/m²	80 Kg/m²		H

ALLEURS

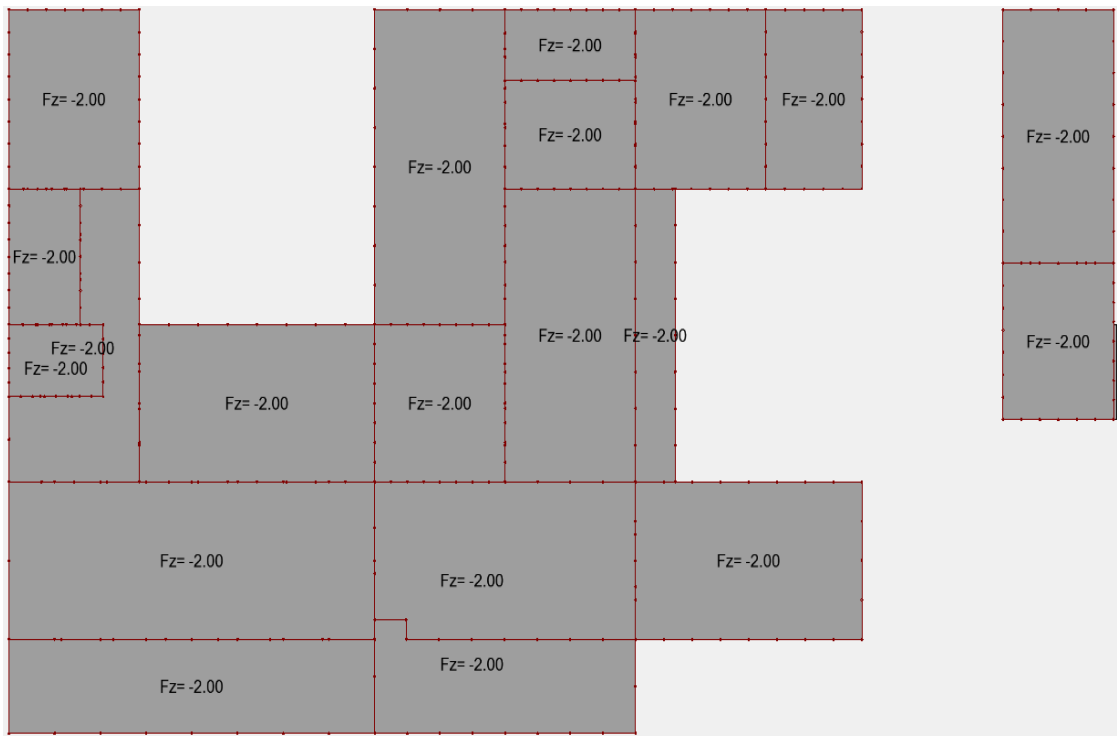
Chargement-cas

Liste des familles		
<i>n°</i>	<i>Désignation</i>	<i>Liste des cas de charges</i>
1	Charges Permanentes	3
2	Exploitations	2; 4; 5
3	Vents EN 1991-1-4	6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; <u>15</u> ; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; <u>23</u> ; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37
4	Analyse modale	0
5	Séismes EN 1998-1 NF	6',7',8'

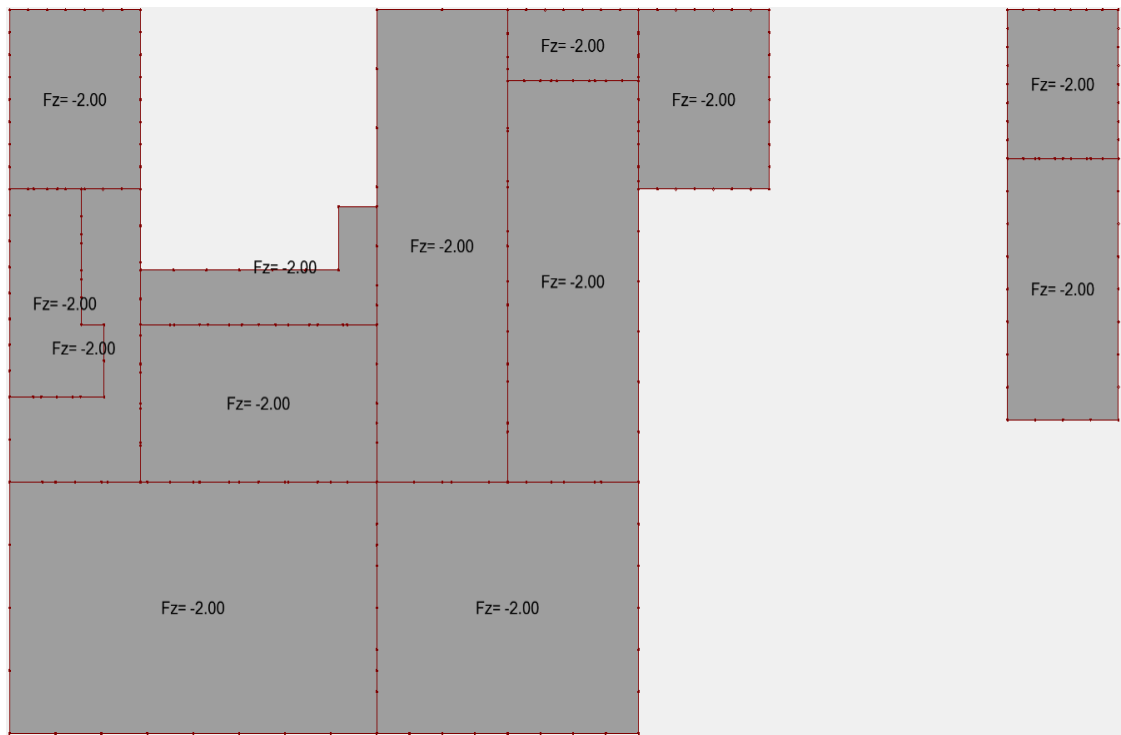
Liste des cas de charges statiques	
<i>n°</i>	<i>Cas de charge</i>
3	CP_BA
2	CE_Cat-A
4	CE_Cat-E
5	CE_Cat-H
6	VX+S
7	VX+D
8	VX+S2
9	VX+D2
10	VX+S3
11	VX+D3
12	VX+S4
13	VX+D4
14	VX-S
15	VX-D
16	VX-S2
17	VX-D2
18	VX-S3

Liste des cas de charges statiques	
<i>n°</i>	<i>Cas de charge</i>
19	VX-D3
20	VX-S4
21	VX-D4
22	VY+S
23	VY+D
24	VY+S2
25	VY+D2
26	VY+S3
27	VY+D3
28	VY+S4
29	VY+D4
30	VY-S
31	VY-D
32	VY-S2
33	VY-D2
34	VY-S3
35	VY-D3
36	VY-S4
37	VY-D4
6'	EX
7'	EY
8'	EZ

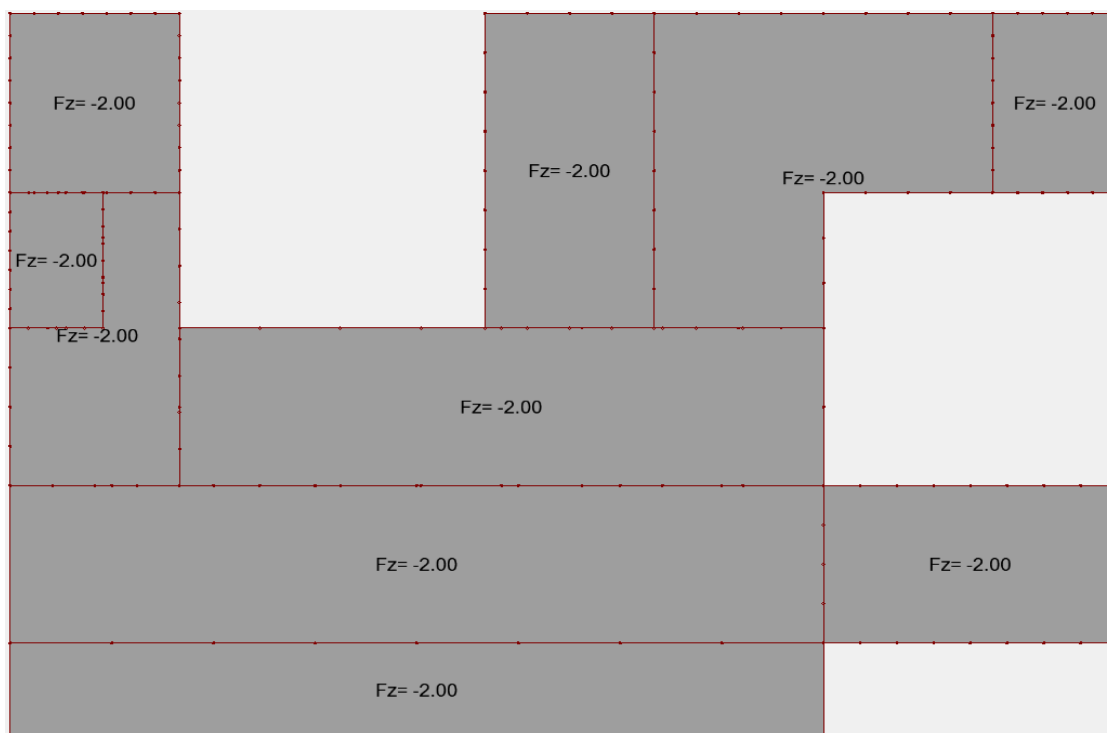
View - Cases: 3 (CP_BA) _NIVEAU FONDATION



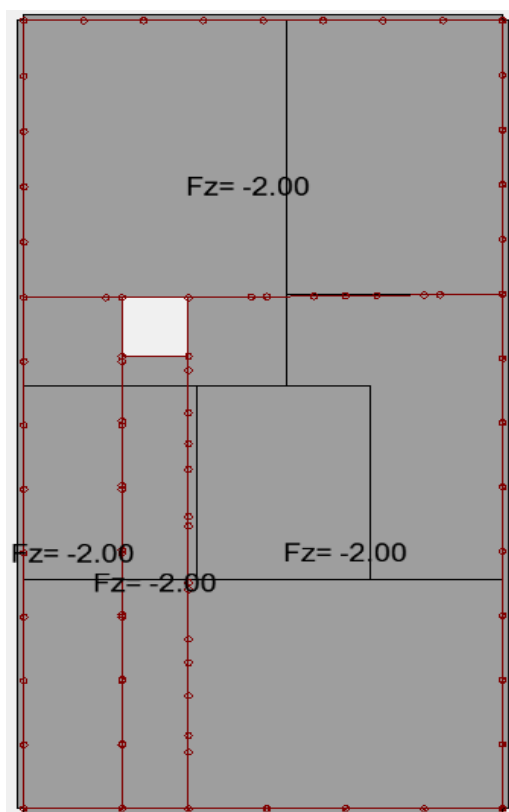
View - Cases: 3 (CP_BA) _NIVEAU BAS



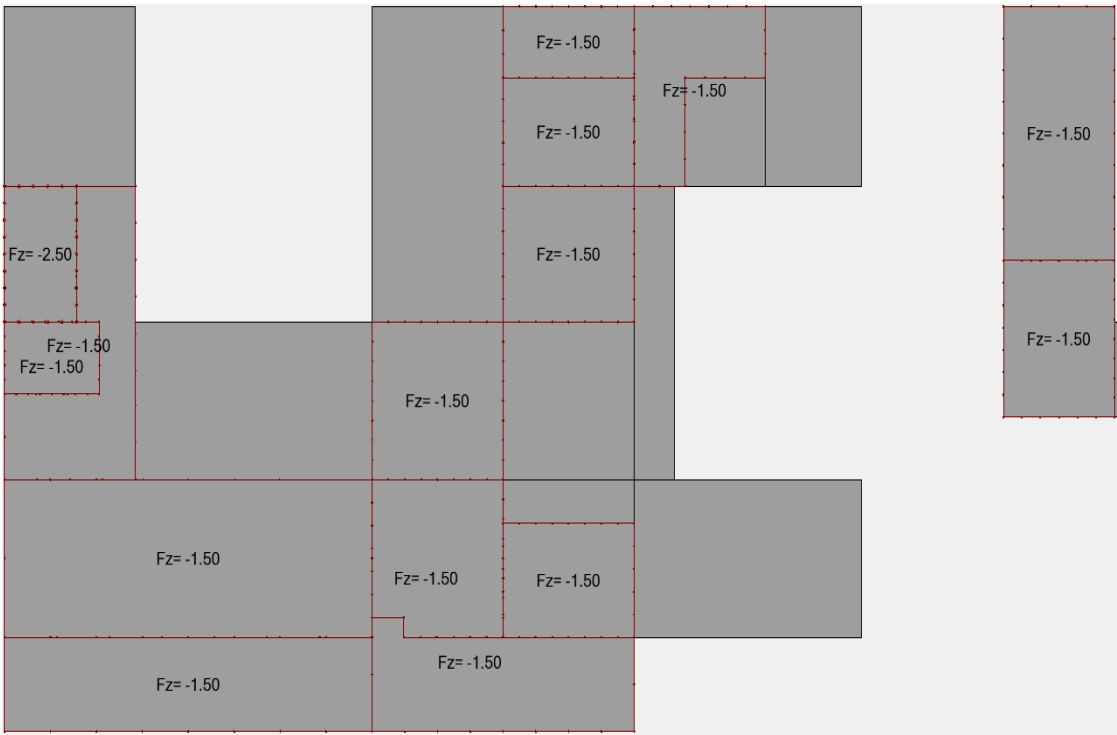
View - Cases: 3 (CP_BA) _NIVEAU HAUT



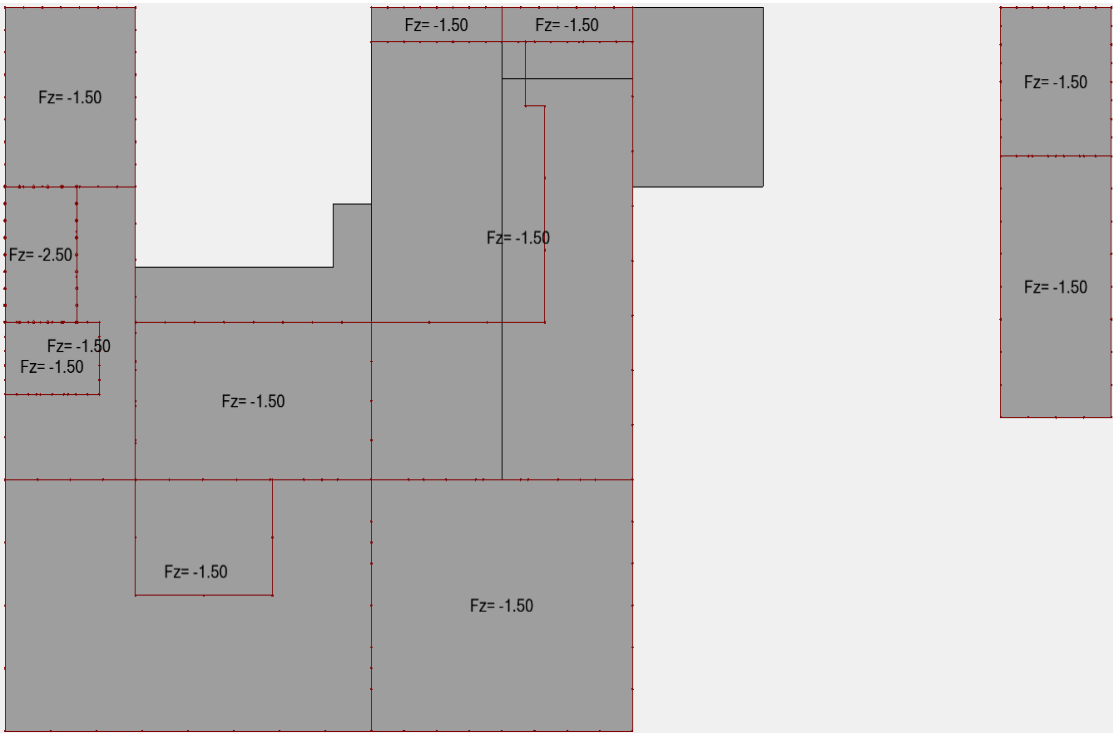
View - Cases: 3 (CP_BA) _NIVEAU 1er



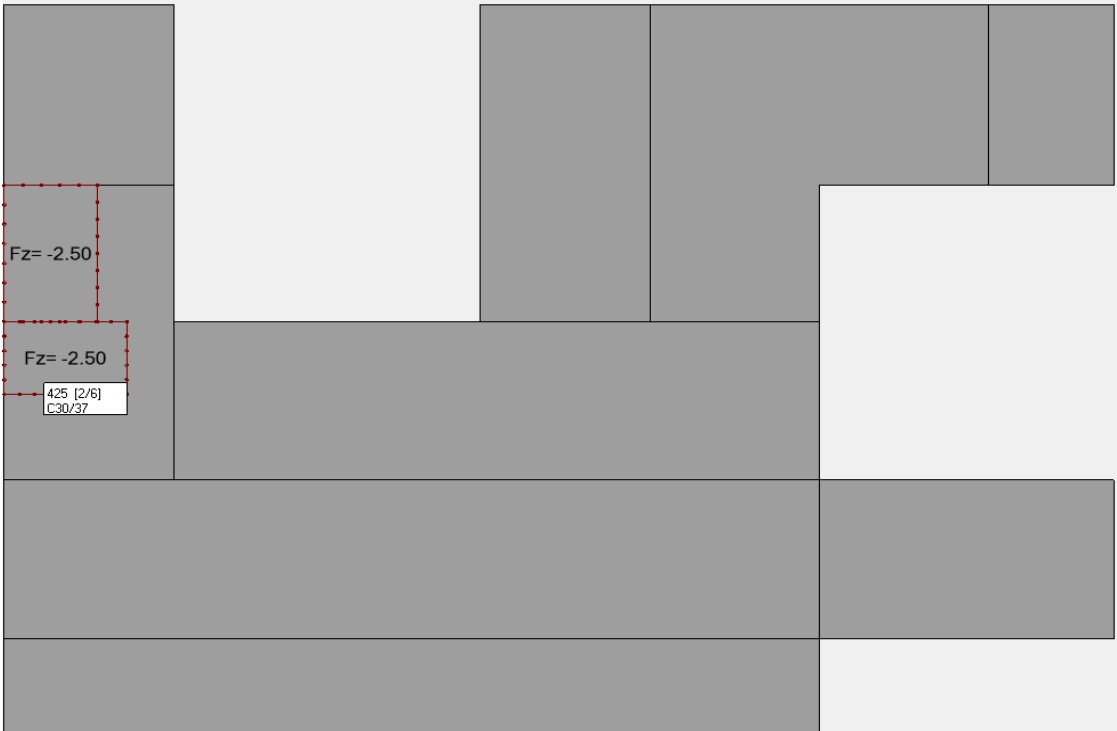
View - Cases : 2 (CE_A) _NIVEAU FONDATION



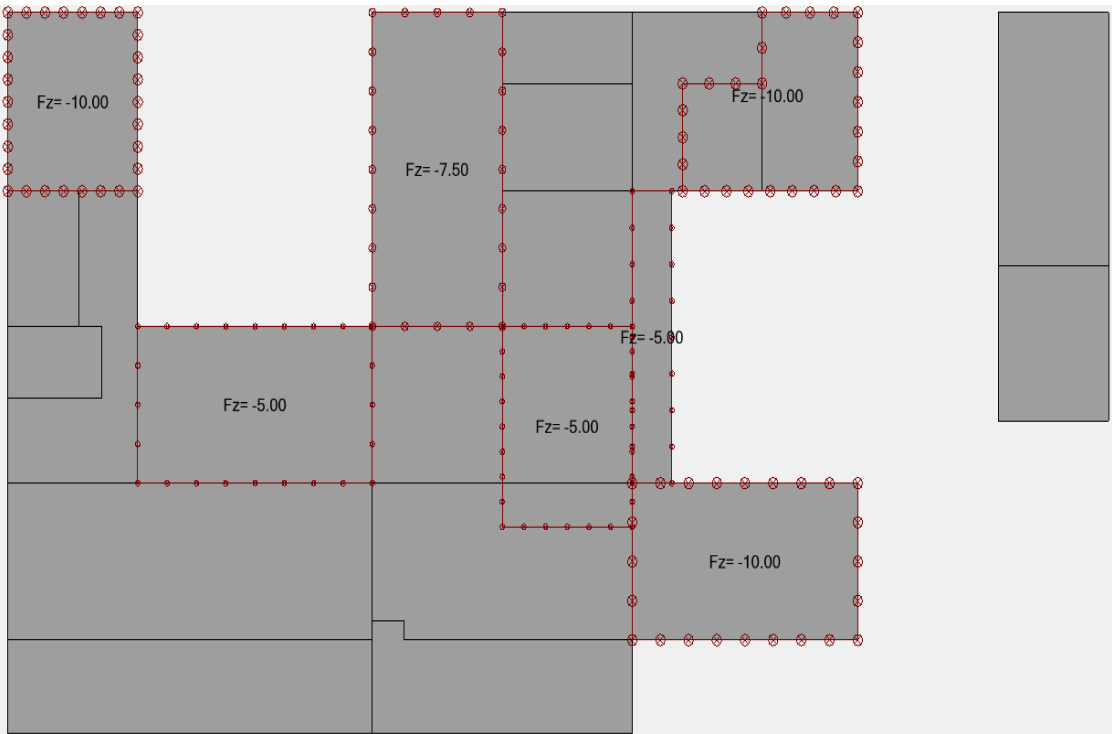
View - Cases : 2 (CE_A) _NIVEAU BAS



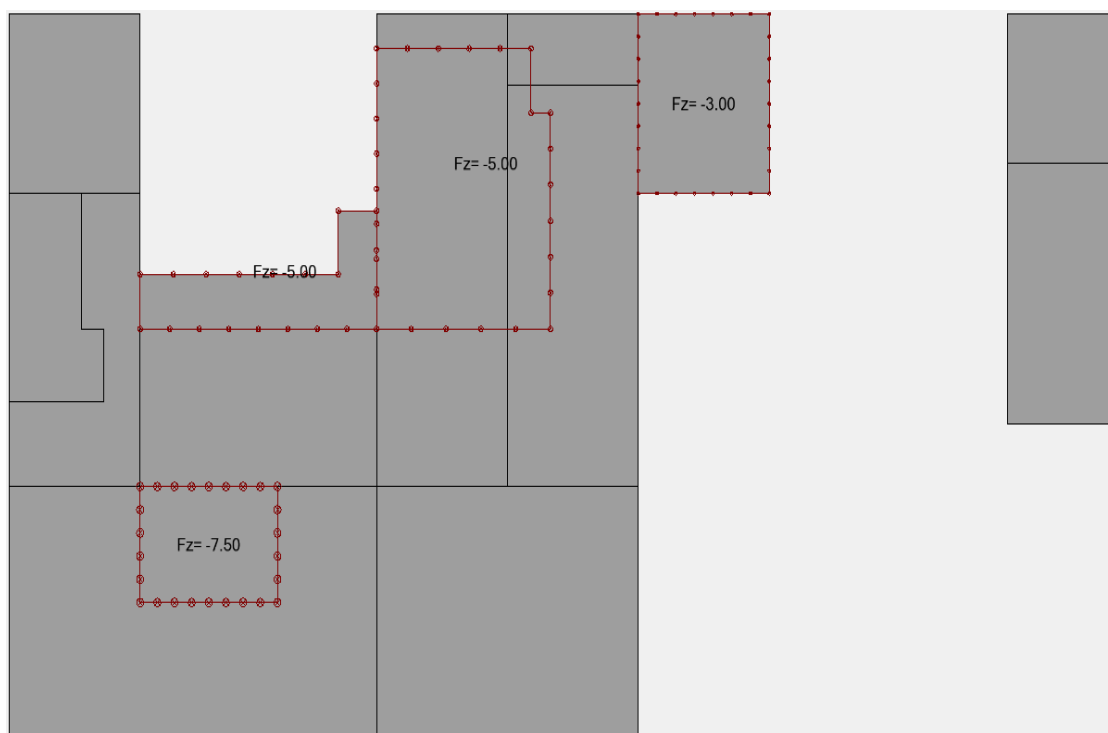
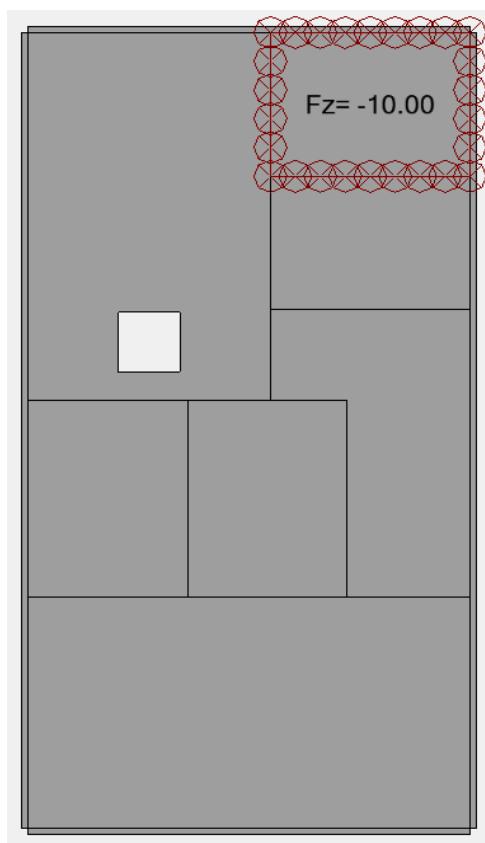
View - Cases : 2 (CE_A) _NIVEAU HAUT



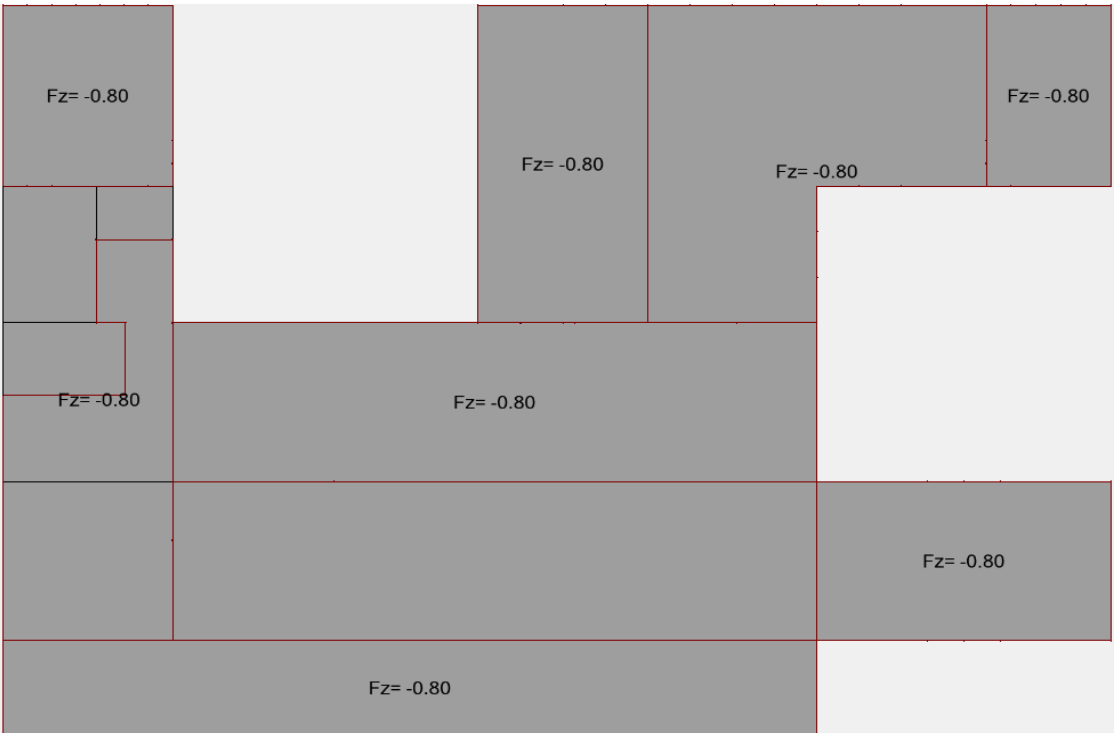
View - Cases : 4 (CE_E) _NIVEAU FONDATION



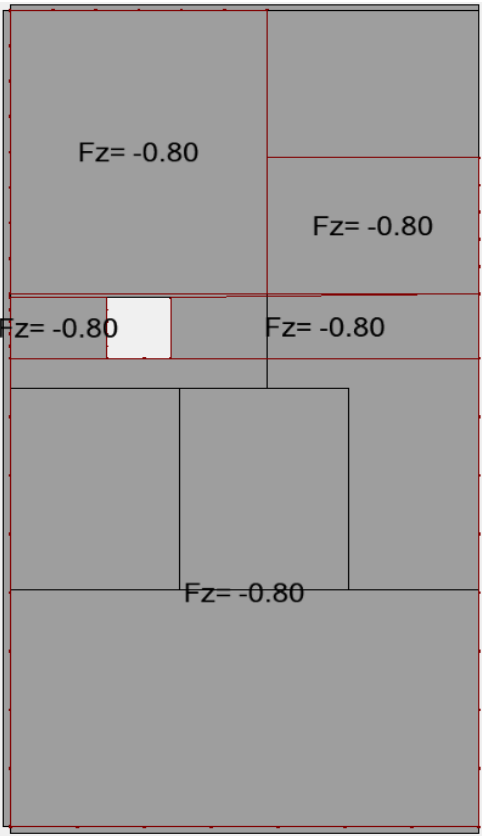
View – Cases : 4 (CE_E) _NIVEAU BAS

View - Cases : 4 (CE_E) _NIVEAU 1^{er}

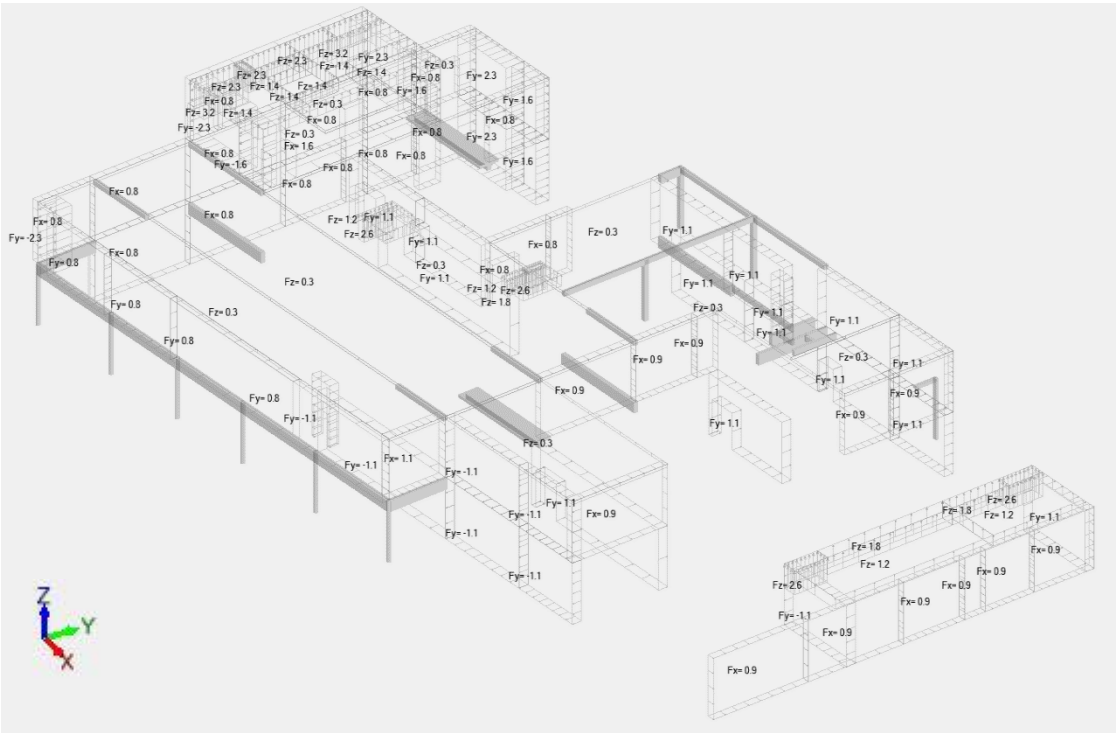
View-Cases: 5 (CE_H) _NIVEAU HAUT



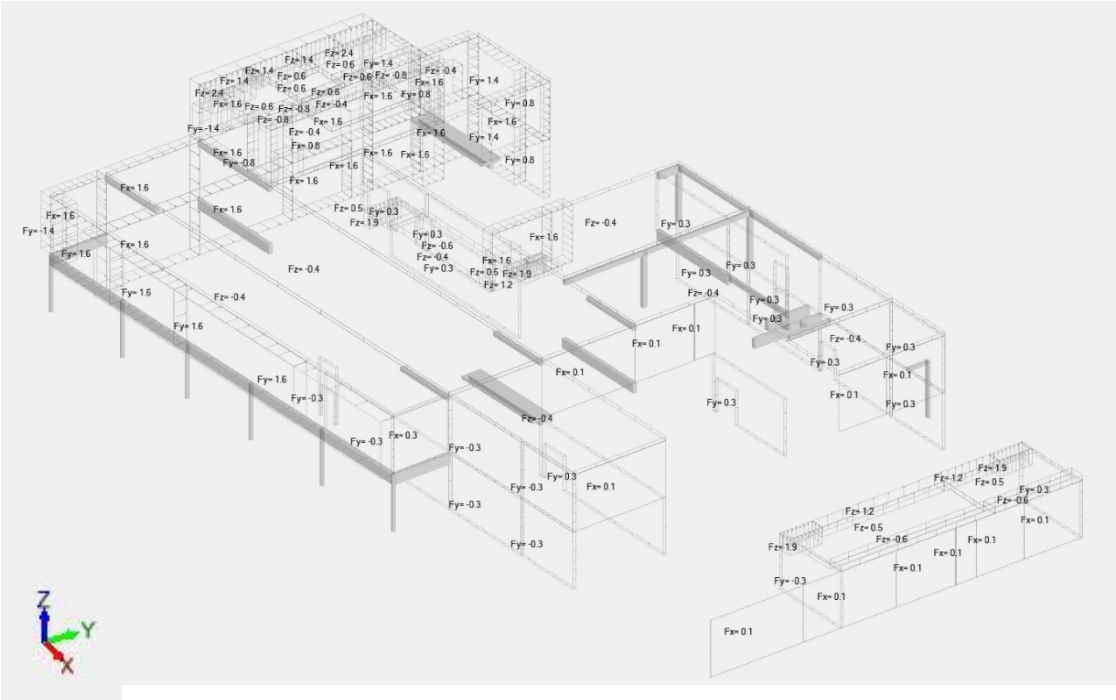
View-Cases: 5 (CE_H) _NIVEAU 1er



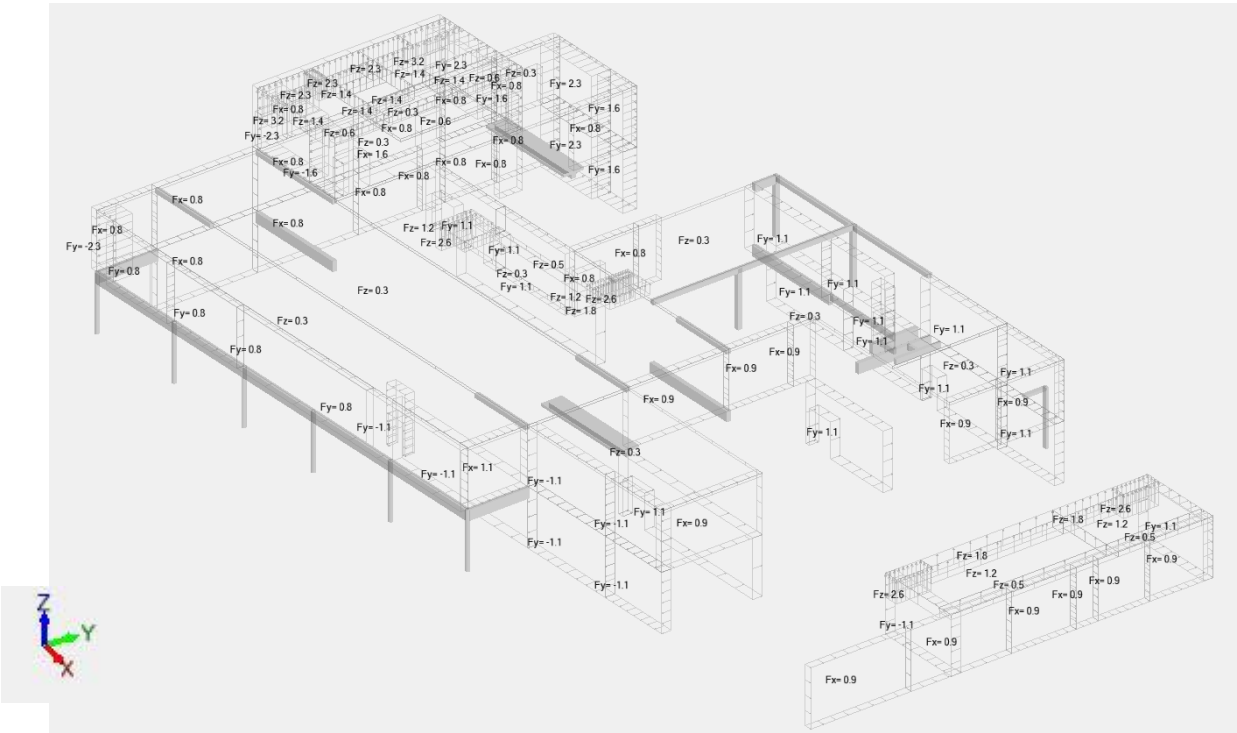
View - Cases: 6 (VX+S)



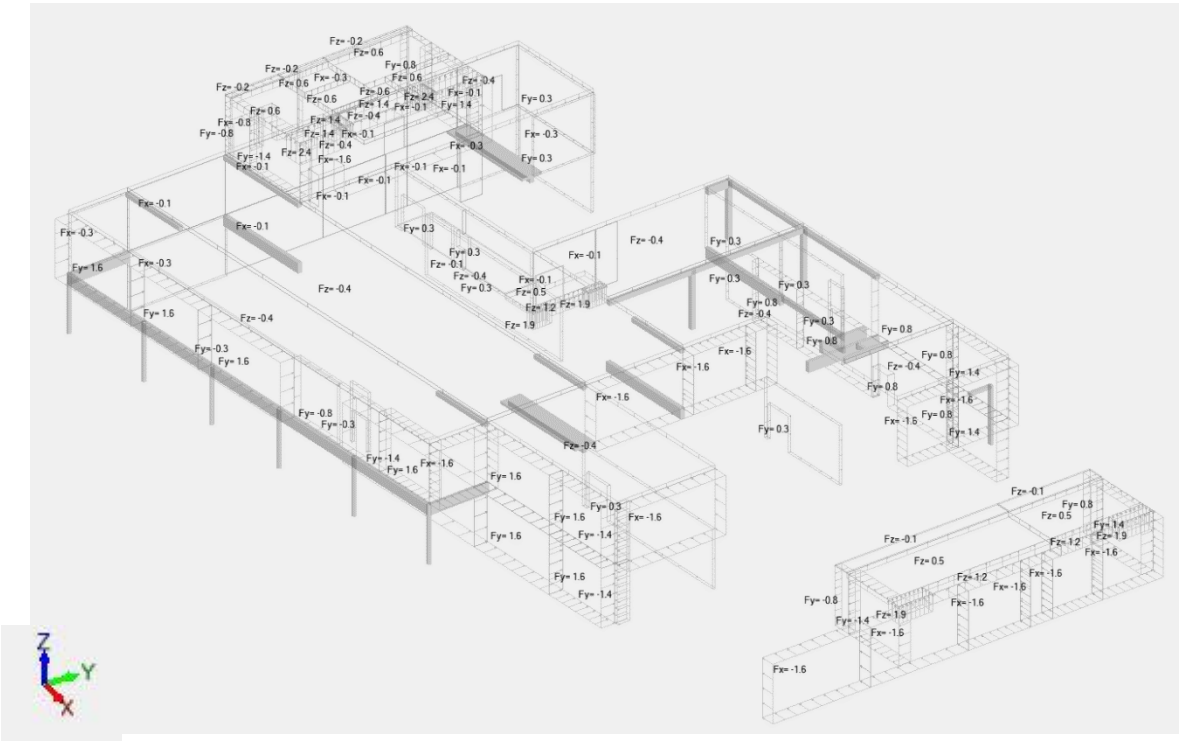
View-Cases: 7 (VX+D)



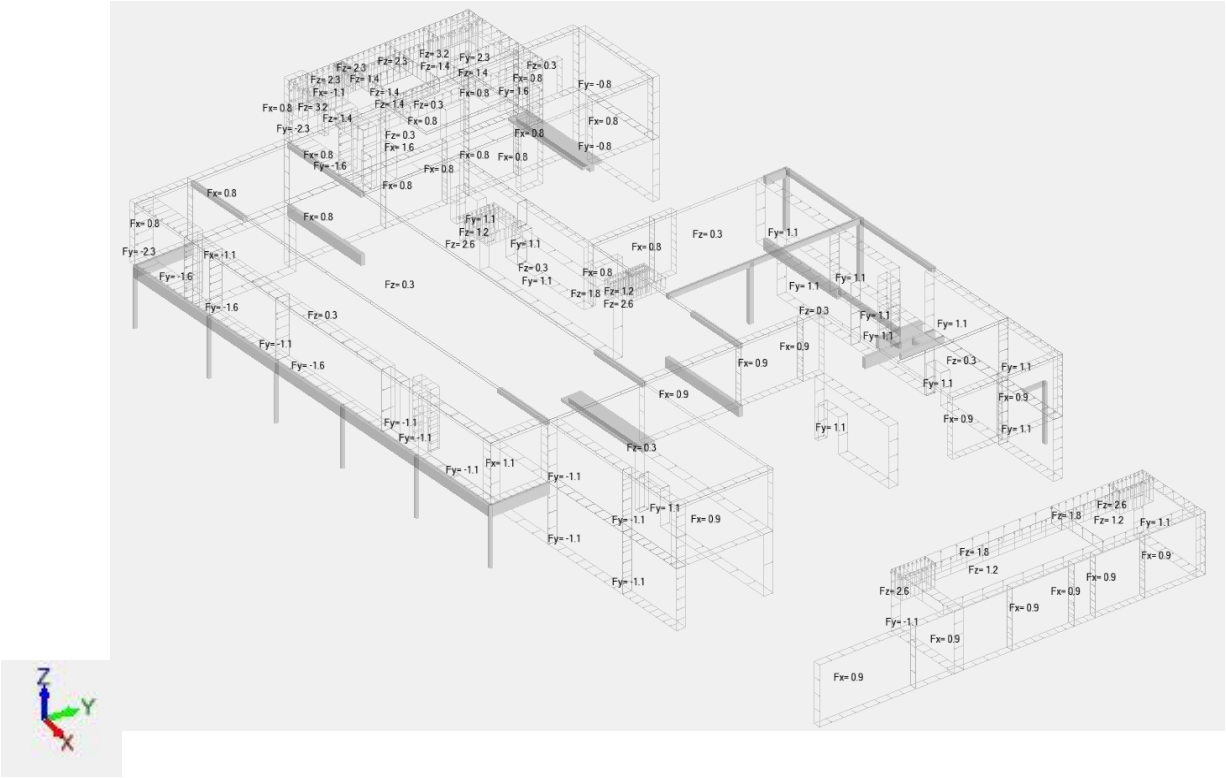
View - Cases: 8 (VX+S2)



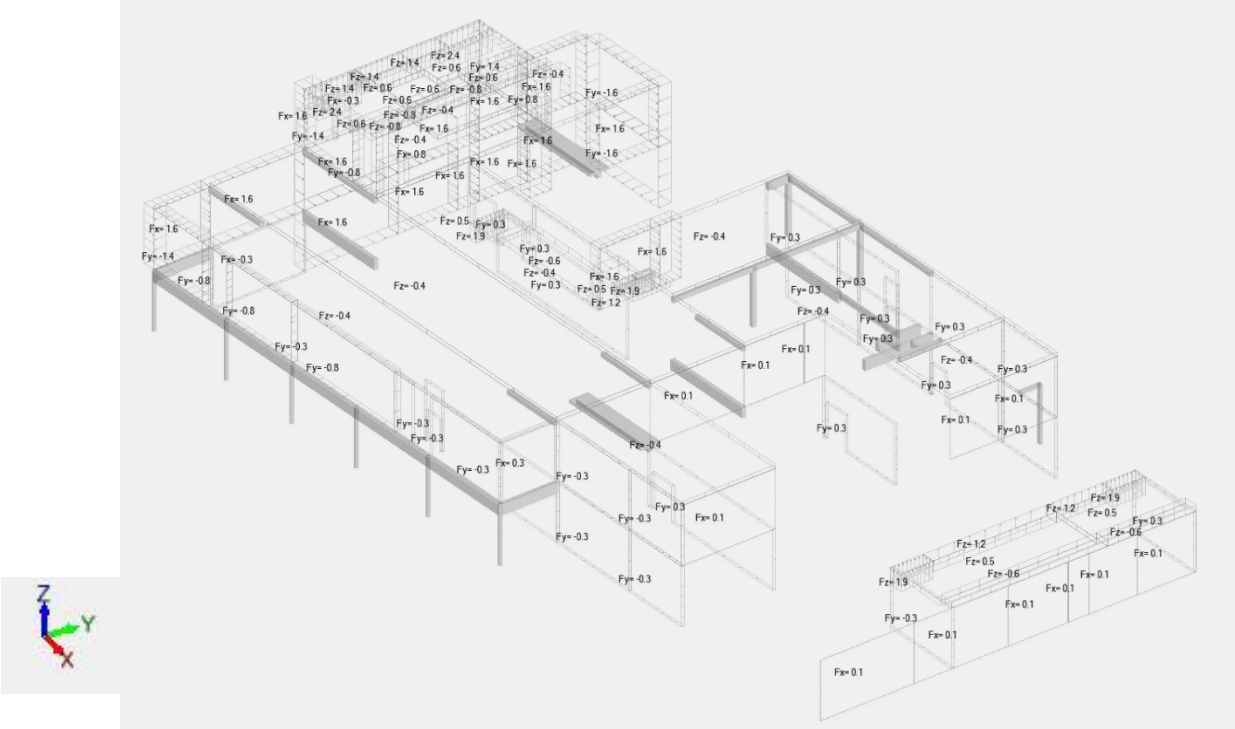
View - Cases: 9 (VX+D2)



View - Cases: 10 (VX+S3)

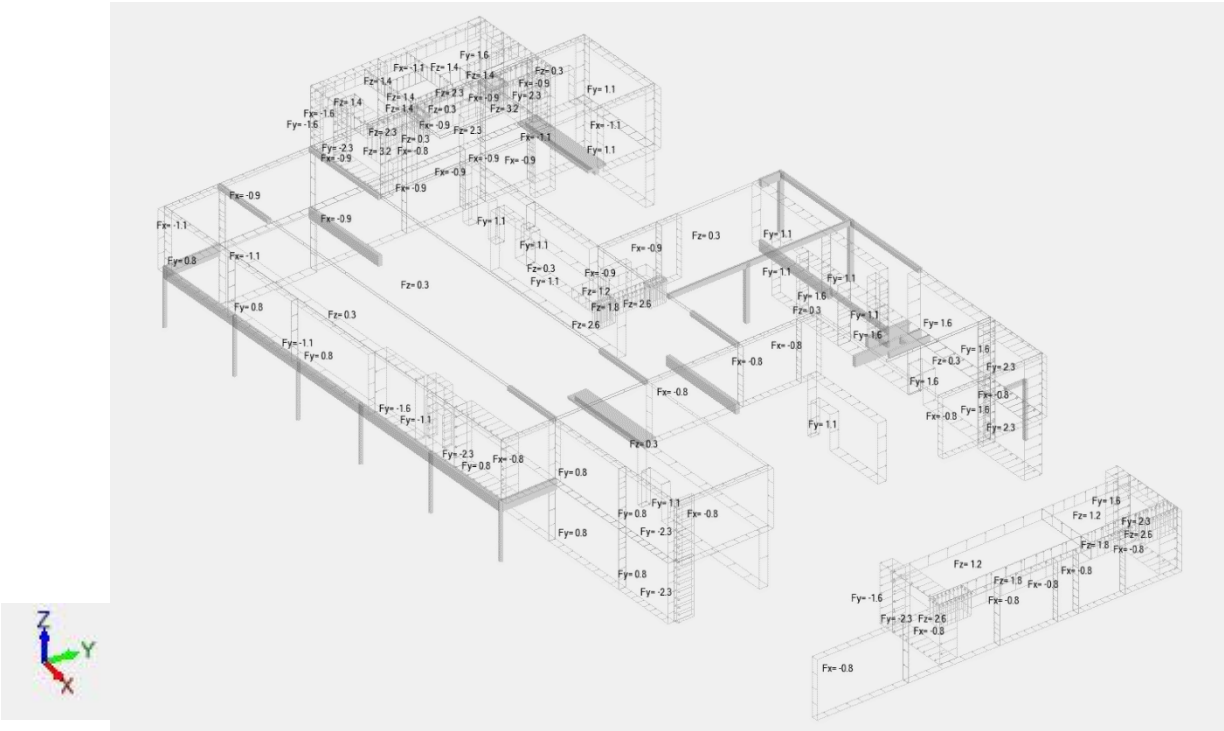


View - Cases: 11 (VX+D3)

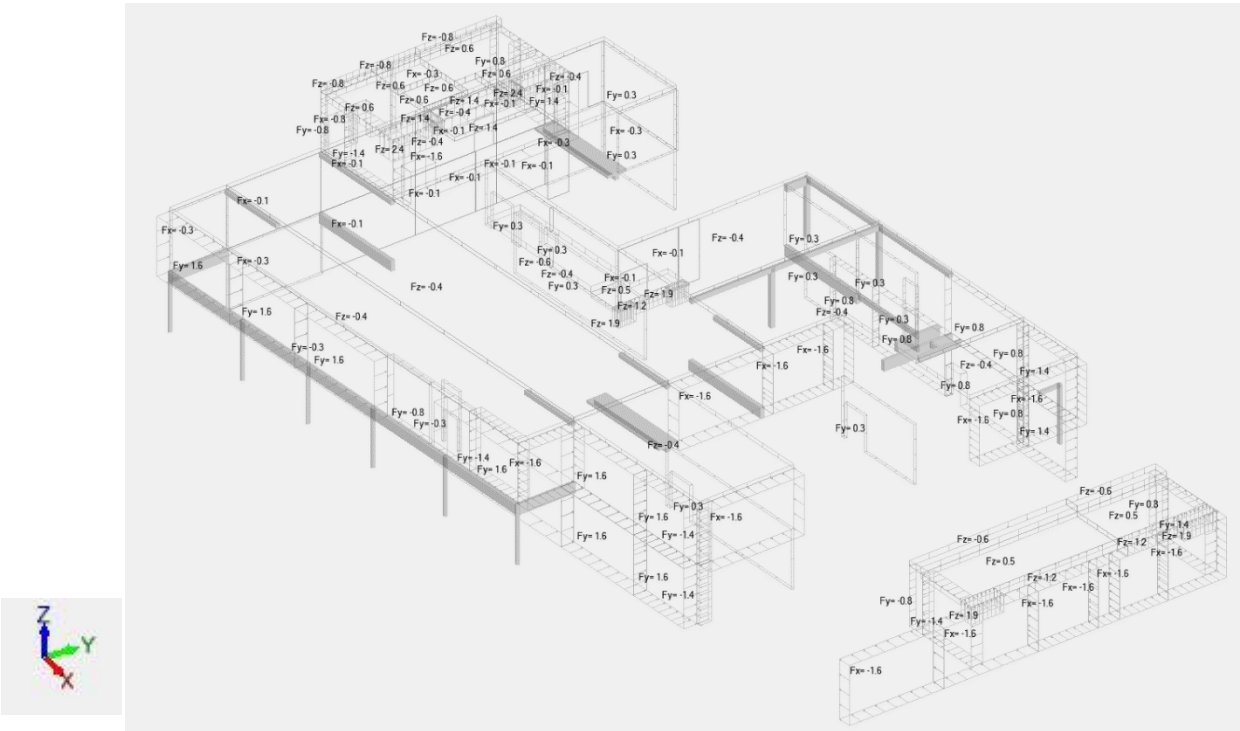


A 3D perspective view of a building's structural frame, showing the application of various force components. The structure includes a main rectangular frame with a central corridor and several smaller attached volumes. Numerous force vectors are labeled on the beams and columns, indicating the direction and magnitude of the forces. The labels include F_x , F_y , and F_z with numerical values (e.g., $F_x=1.6$, $F_y=-0.8$, $F_z=0.4$). A small 3D coordinate system is visible in the bottom left corner, with the Z-axis pointing upwards, the Y-axis pointing to the right, and the X-axis pointing out of the page.

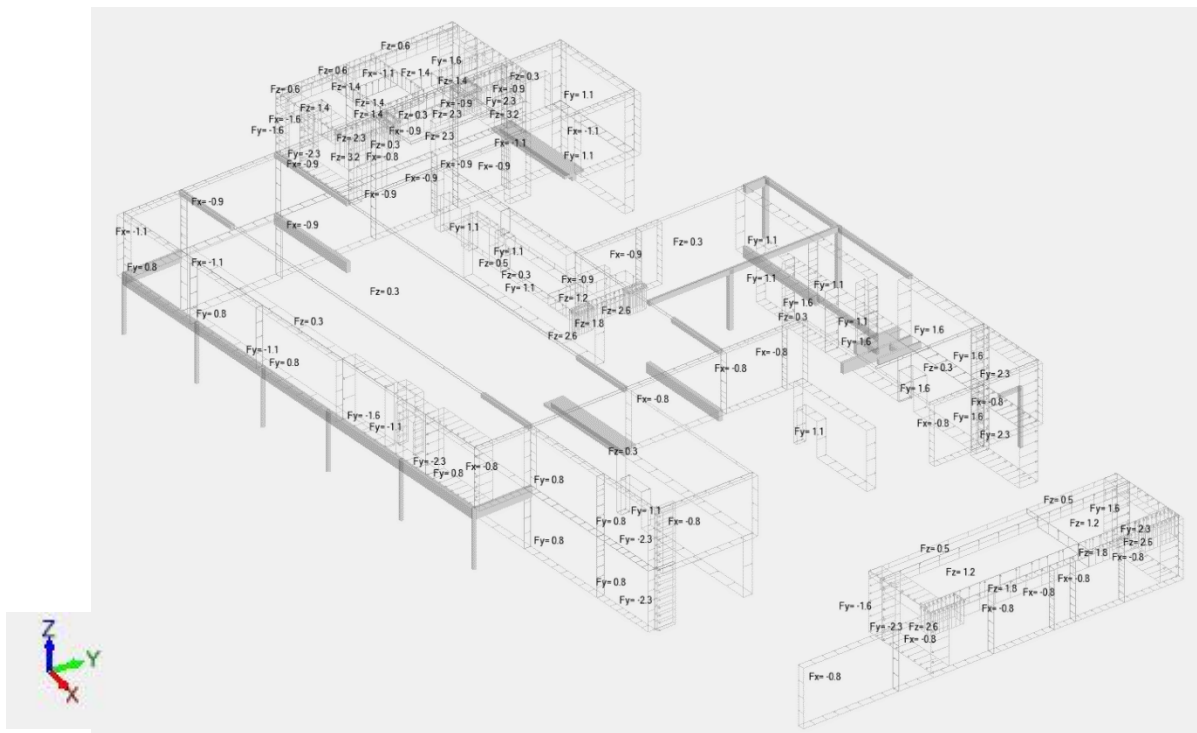
View - Cases : 14 (VX-S)



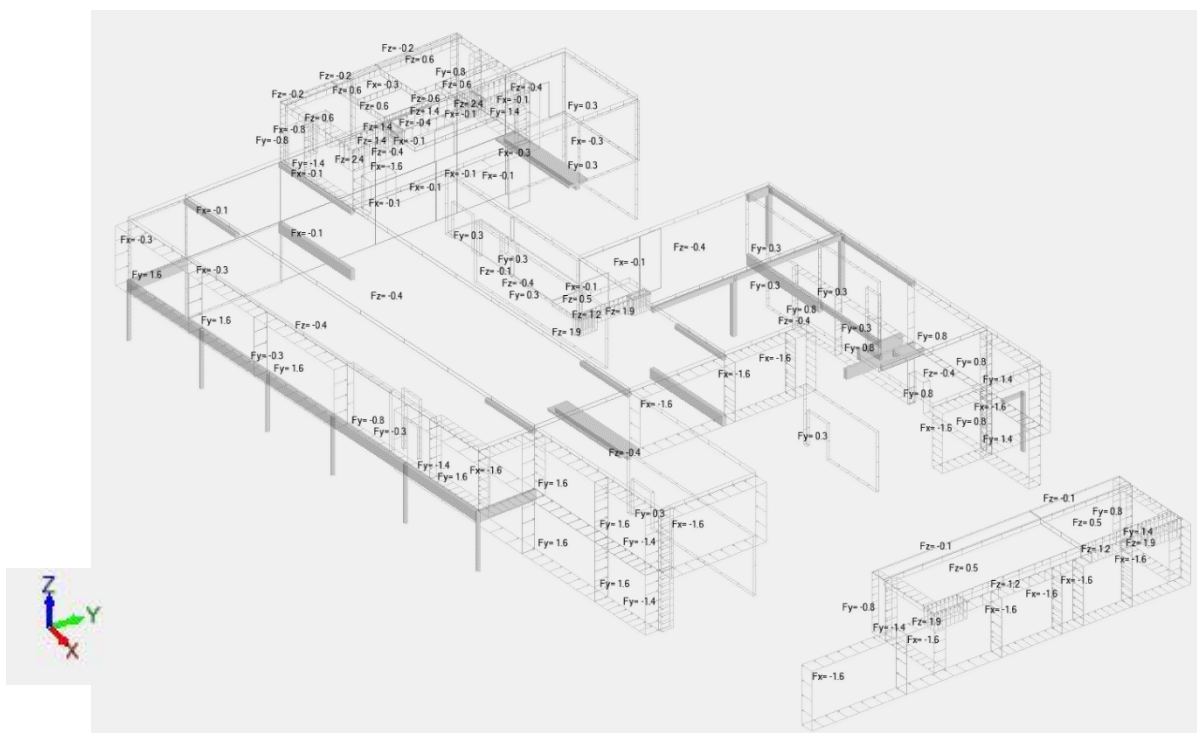
View - Cases: 15 (VX-D)



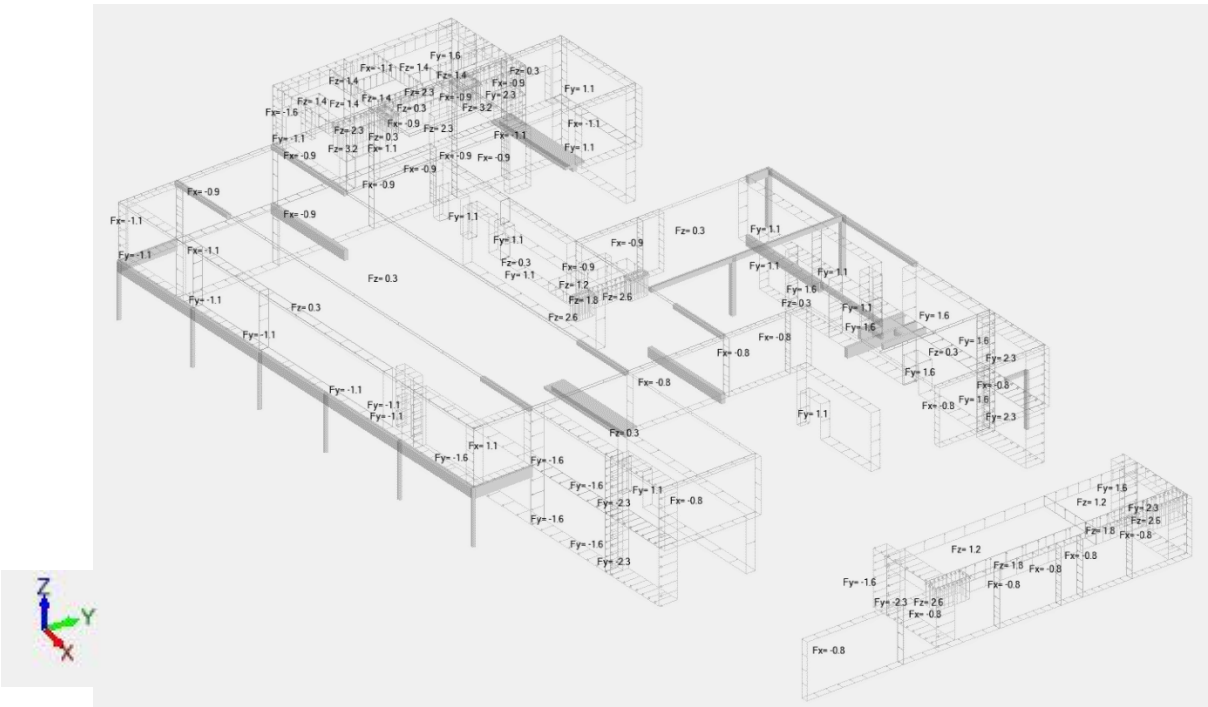
View - Cases: 16 (VX-S2)



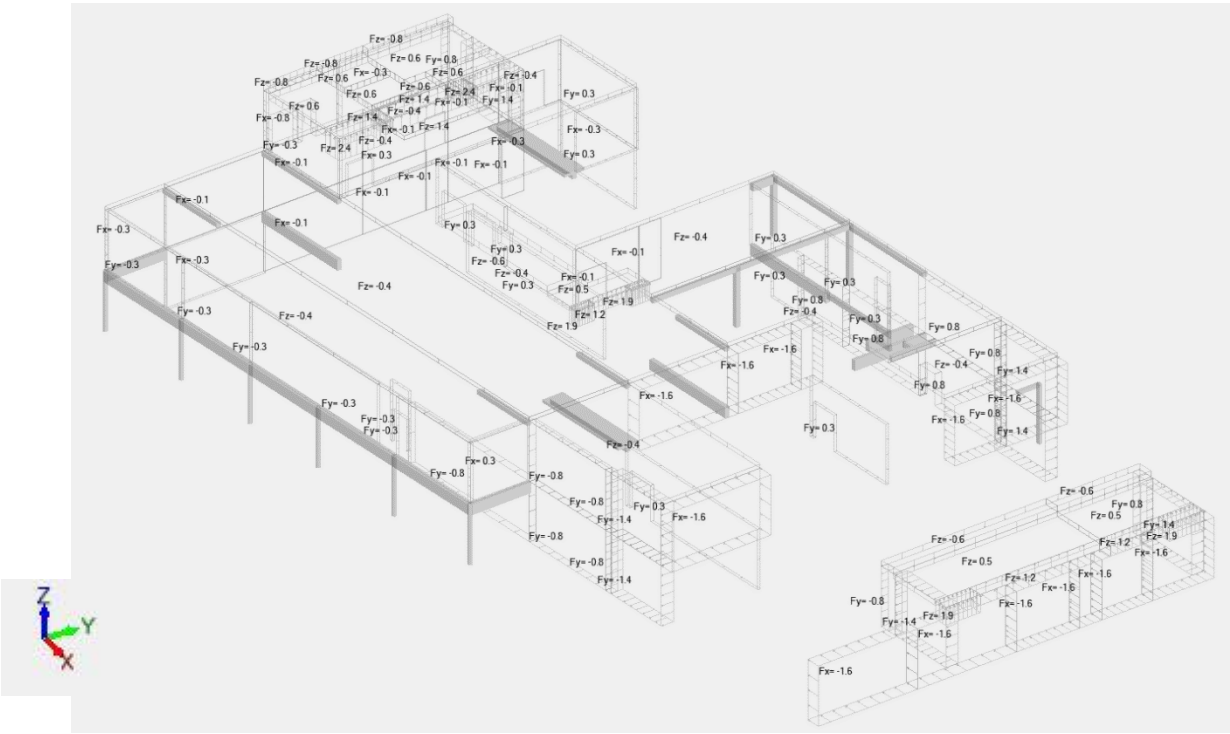
View - Cases: 17 (VX-D2)



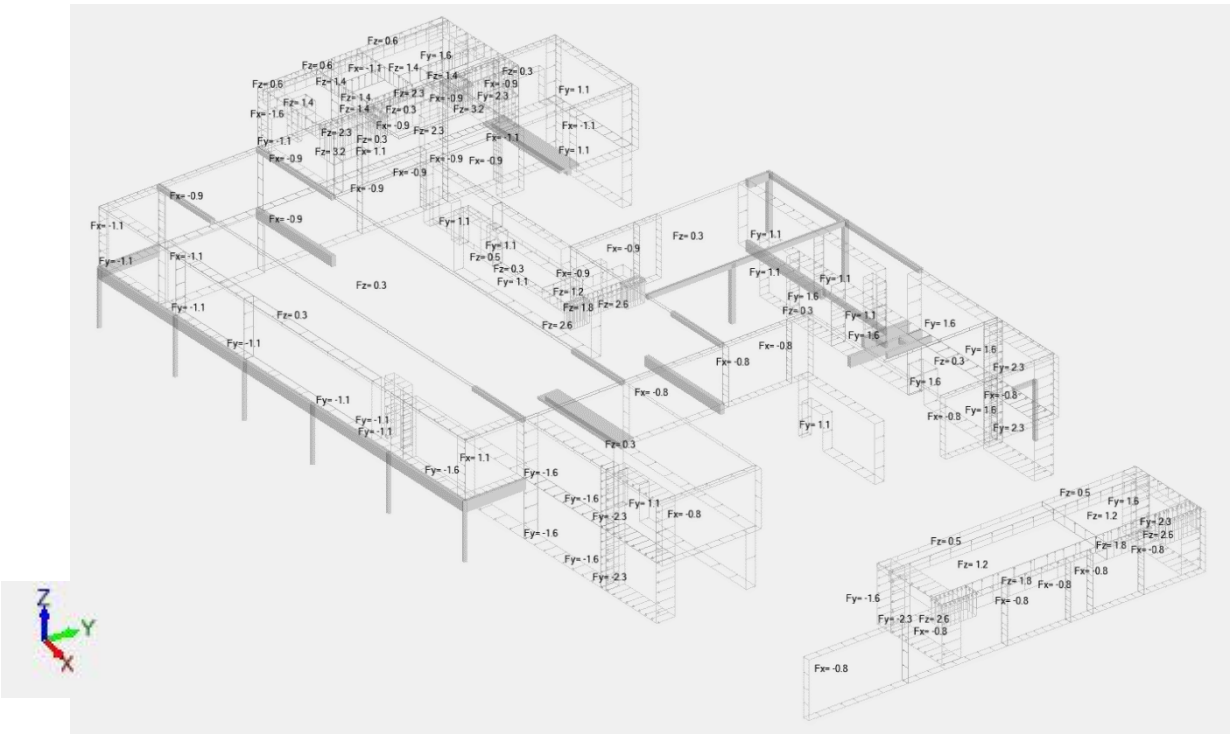
View - Cases: 18 (VX-S3)



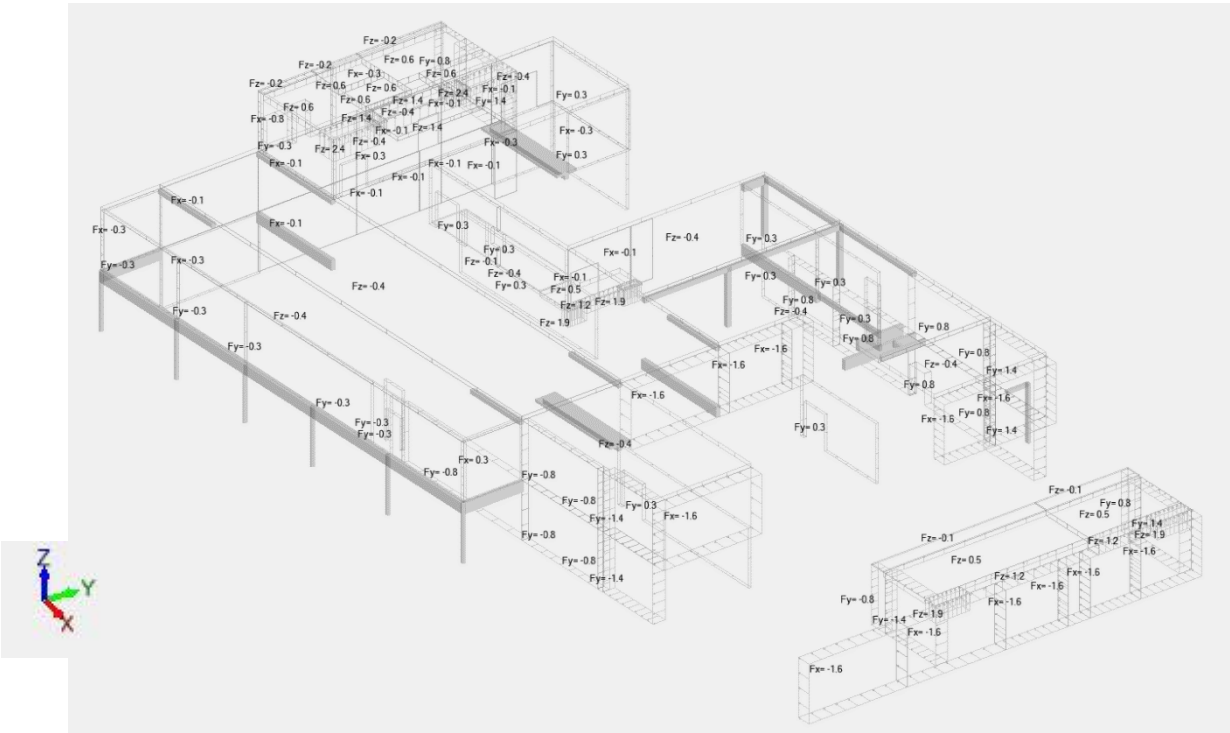
View - Cases: 19 (VX-D3)



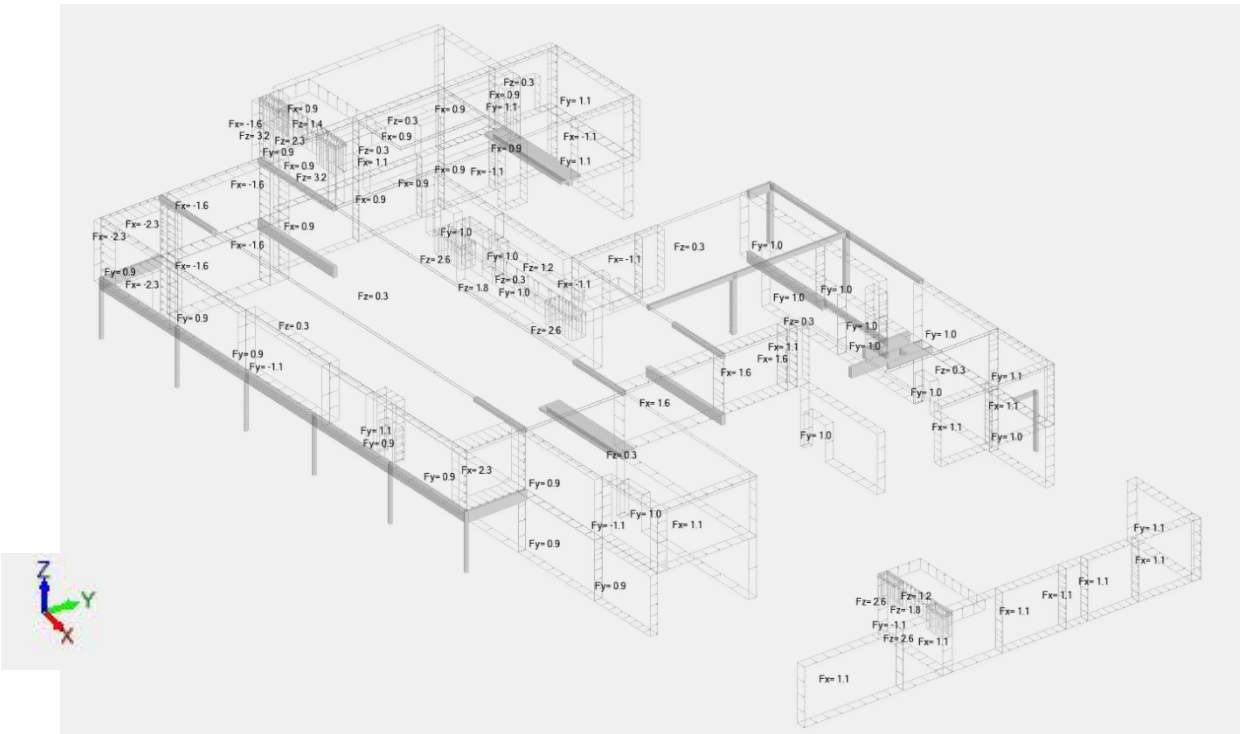
View - Cases: 20 (VX-S4)



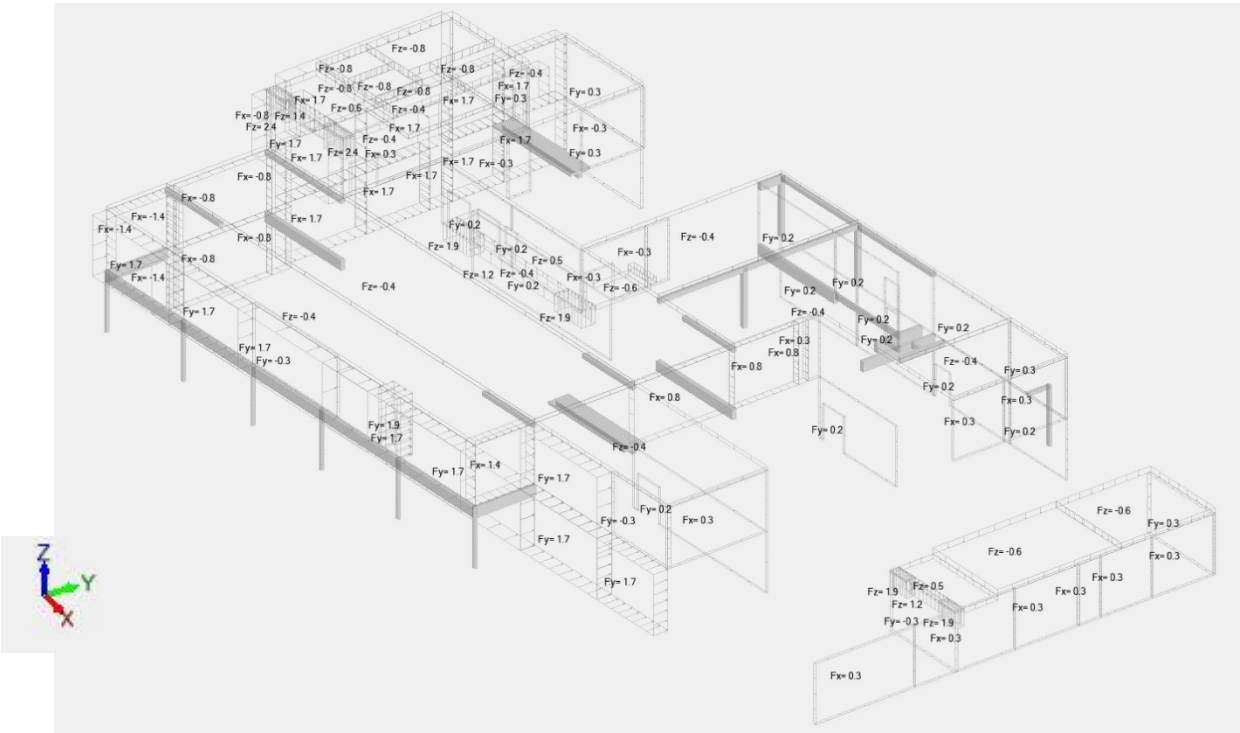
View - Cases: 21 (VX-D4)



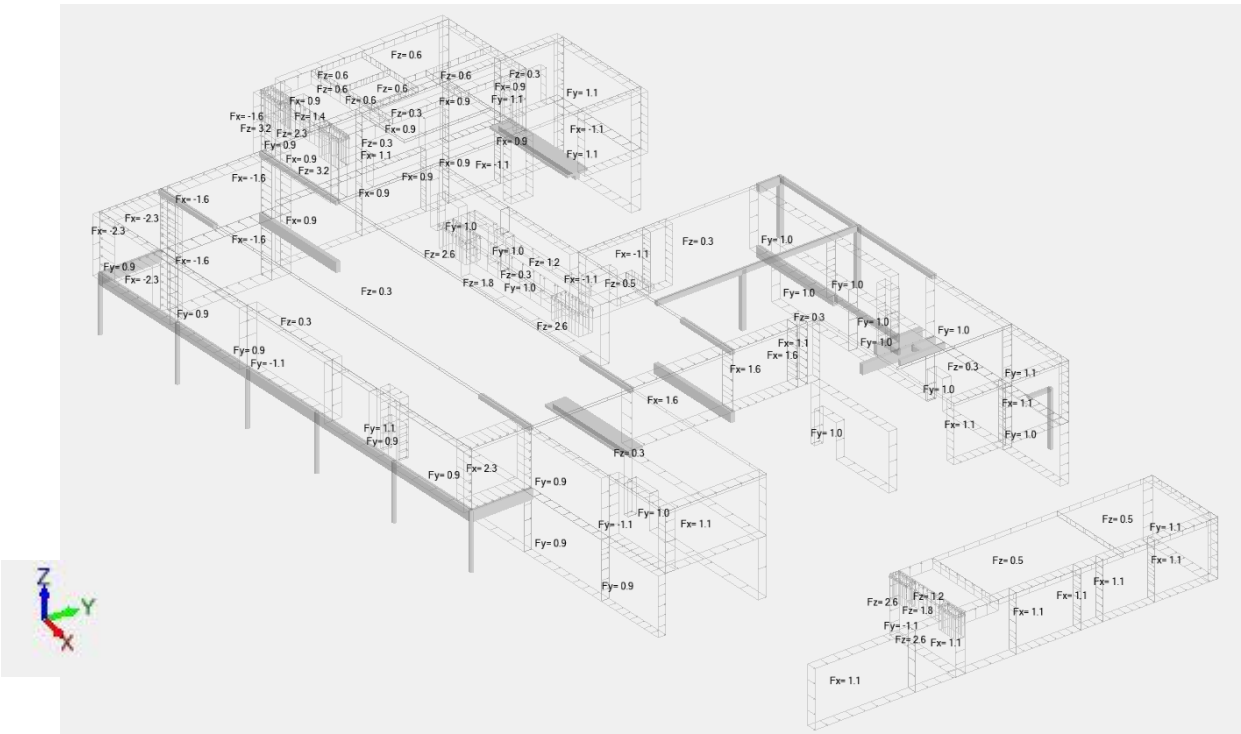
View - Cases: 22 (VY+S)



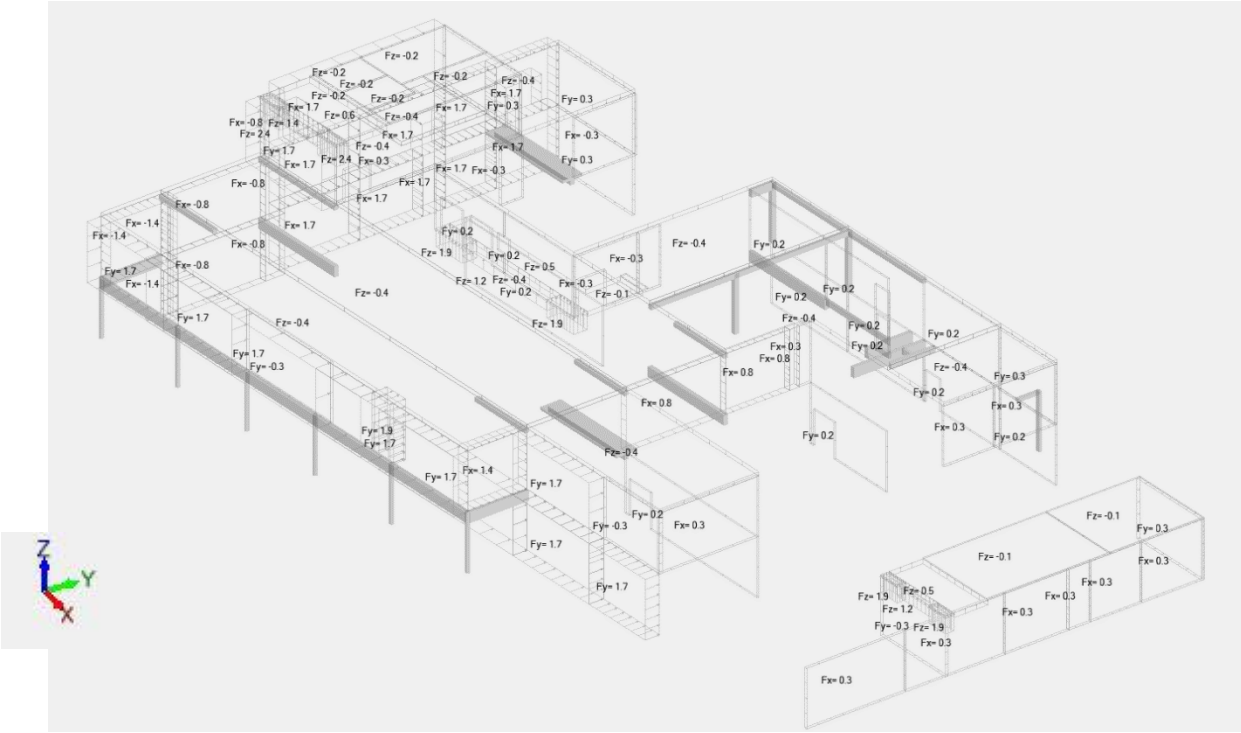
View - Cases: 23 (VY+D)



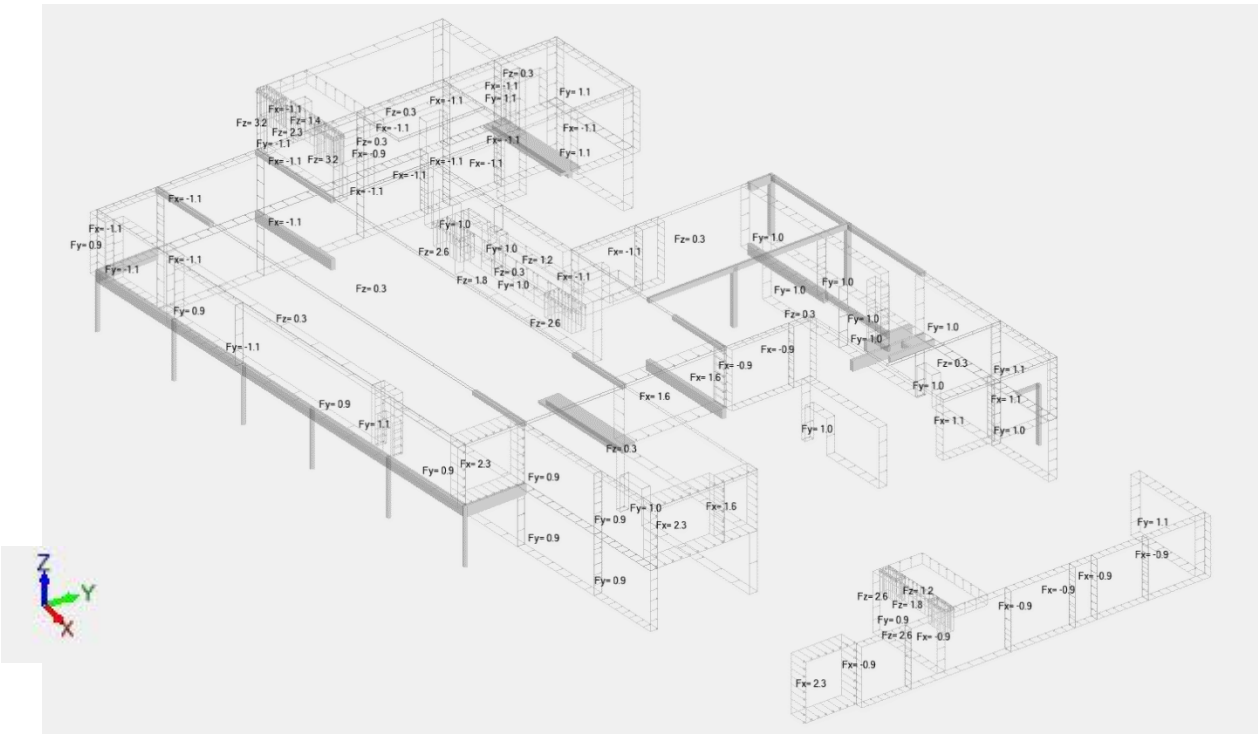
View - Cases: 24 (VY+S2)



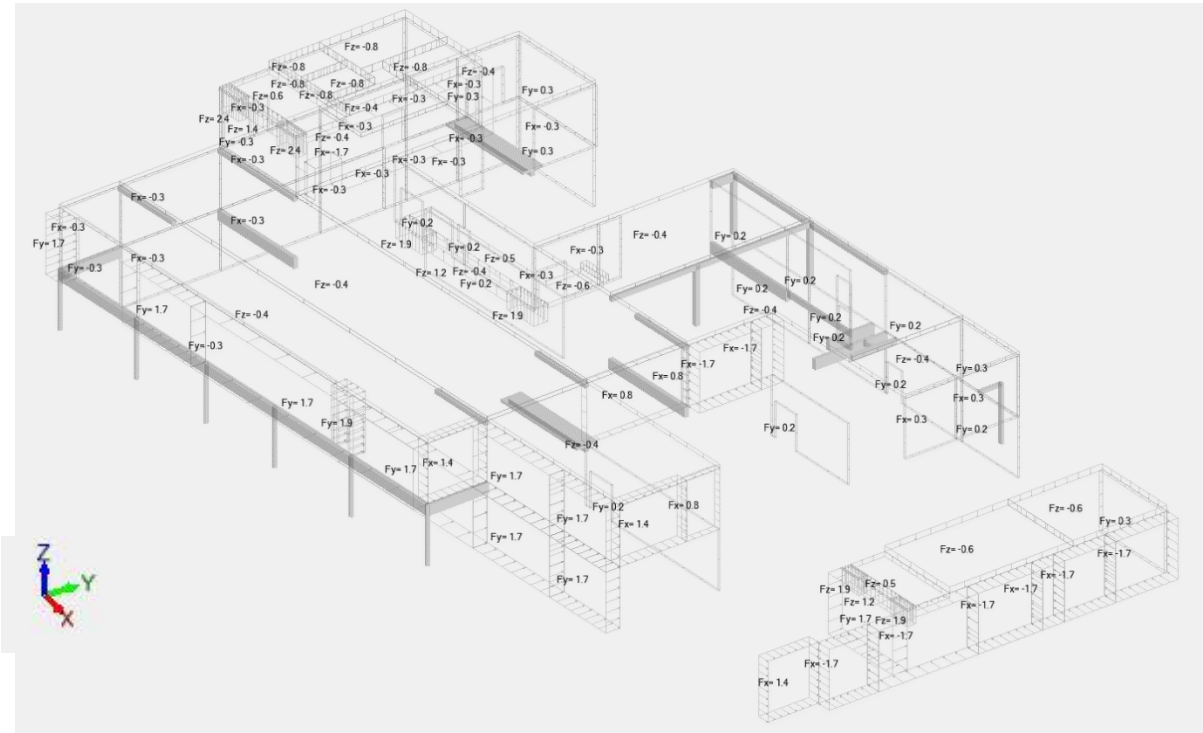
View - Cases: 25 (VY+D2)



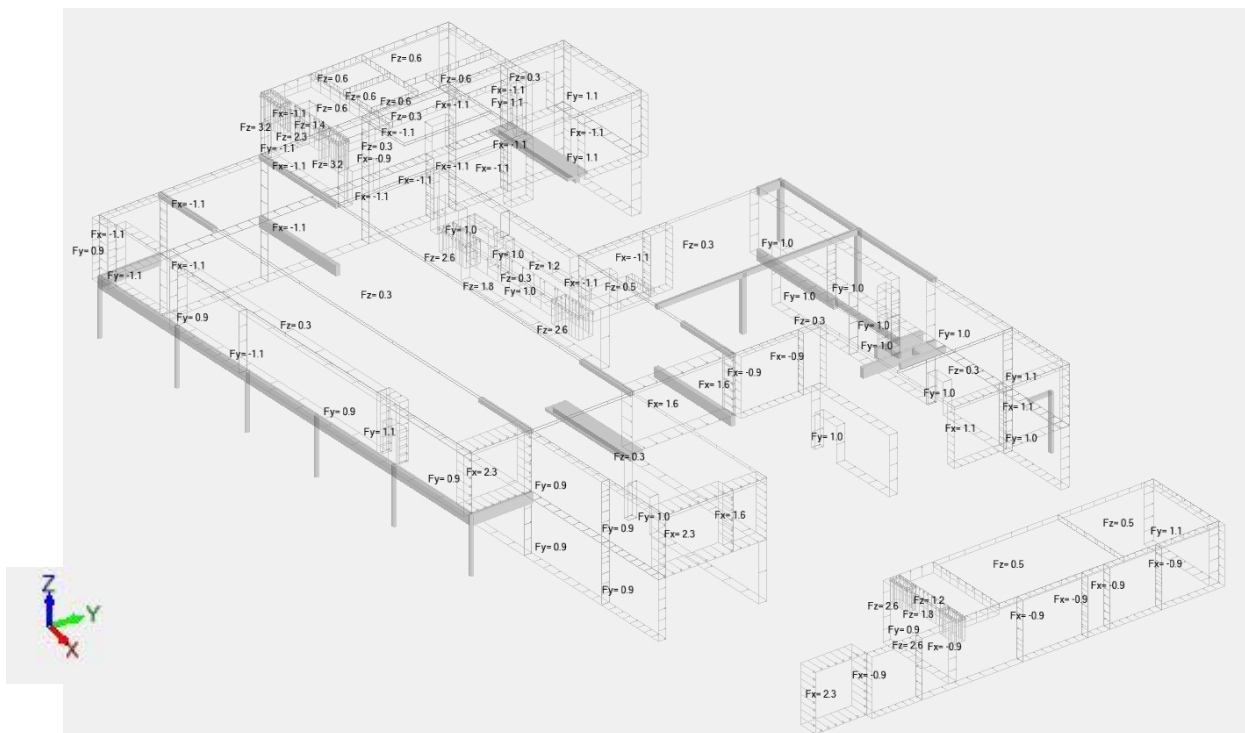
View - Cases: 26 (VY+S3)



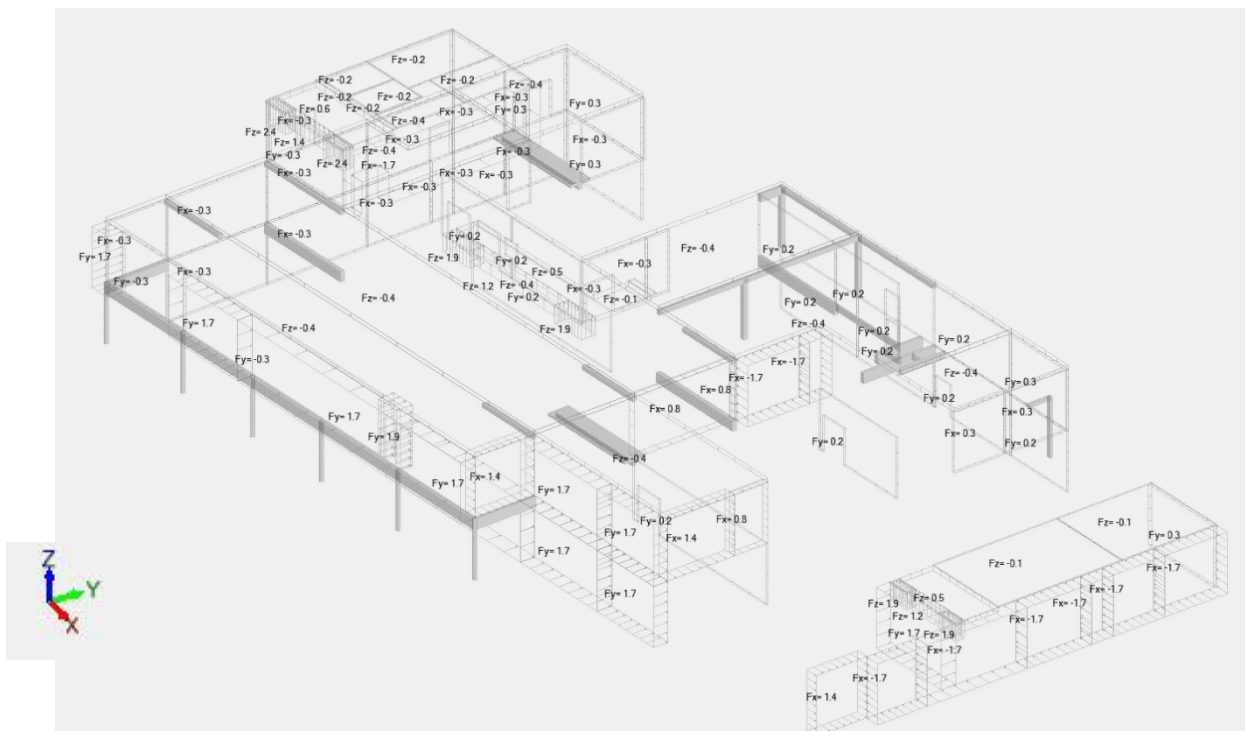
View - Cases: 27 (VY+D3)



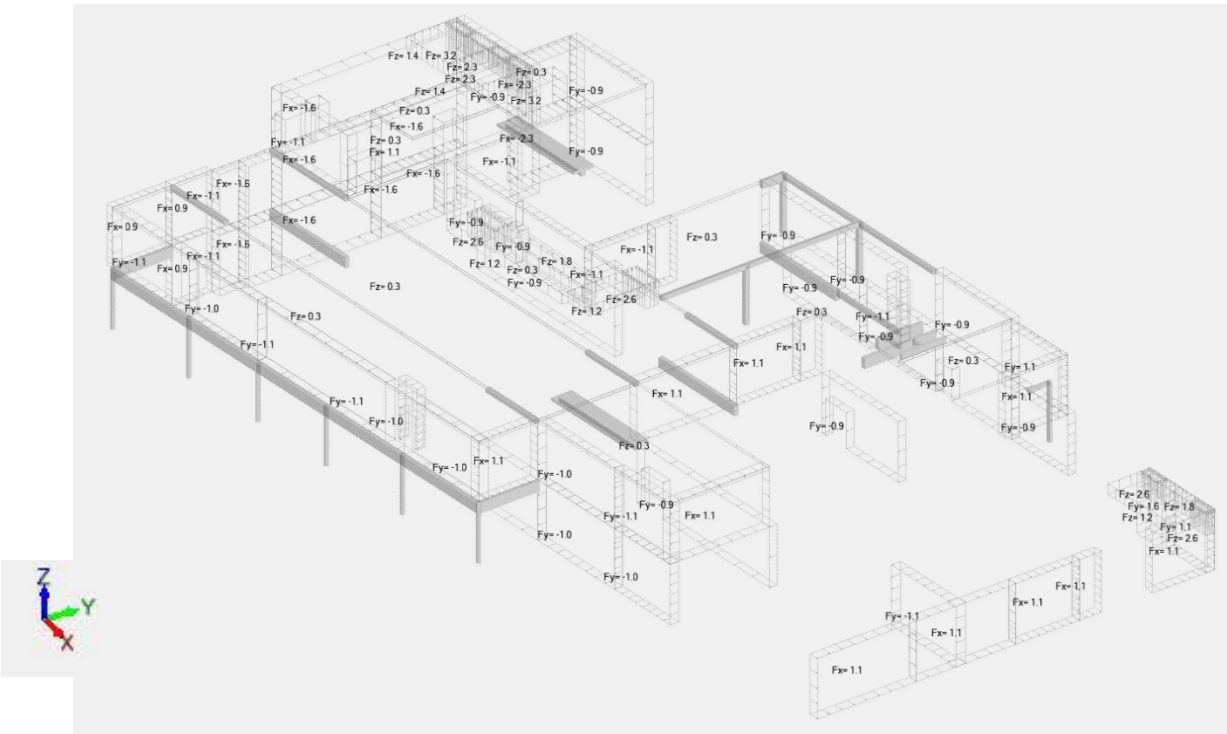
View - Cases: 28 (VY+S4)



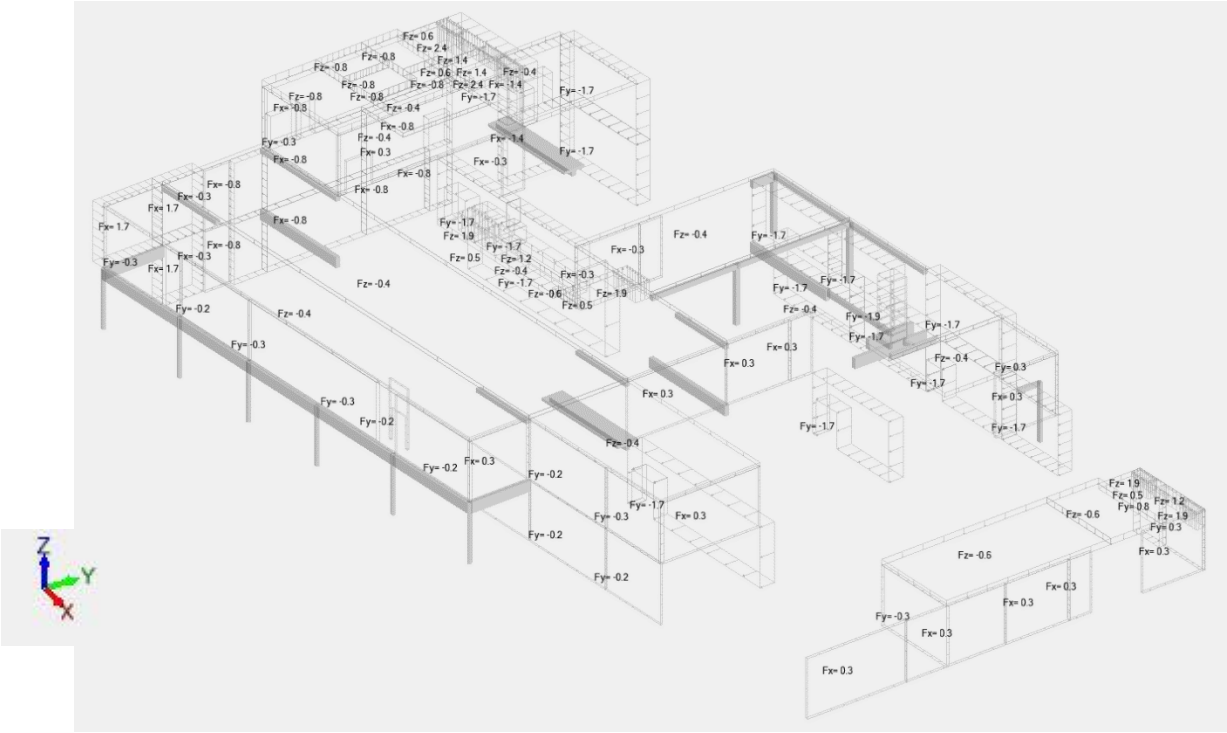
View - Cases: 29 (VY+D4)



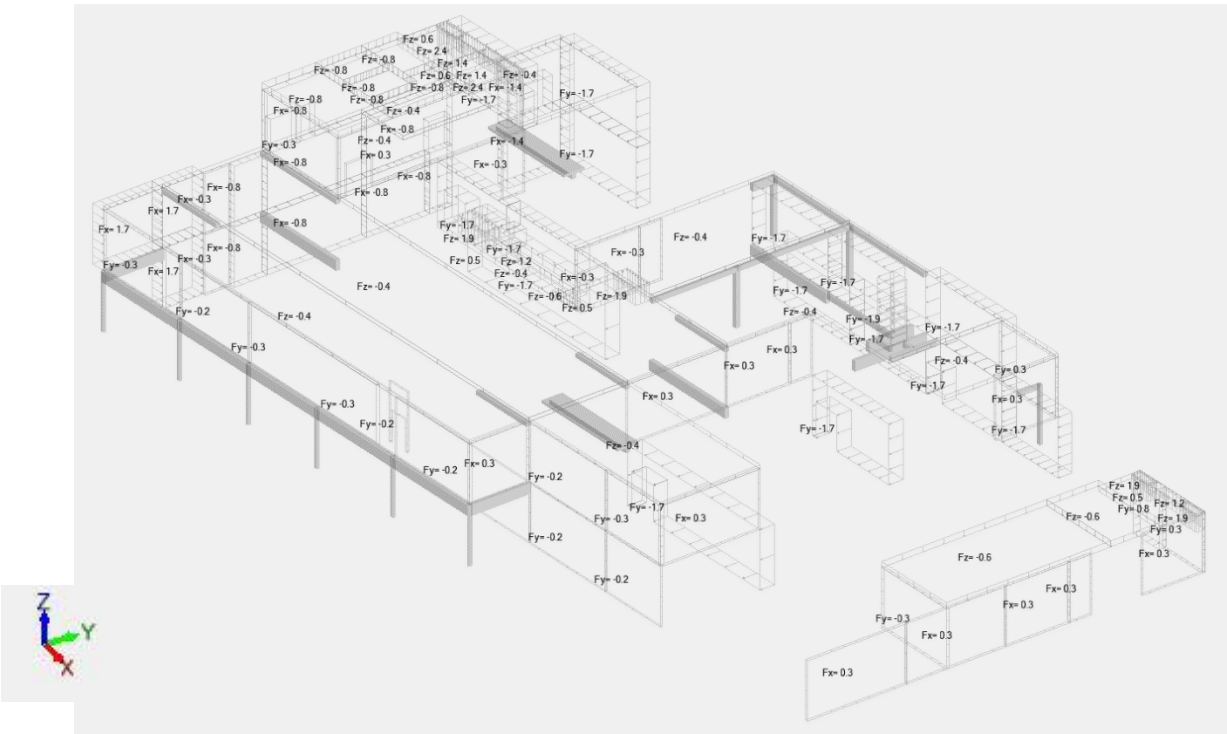
View - Cases: 30 (VY-S)



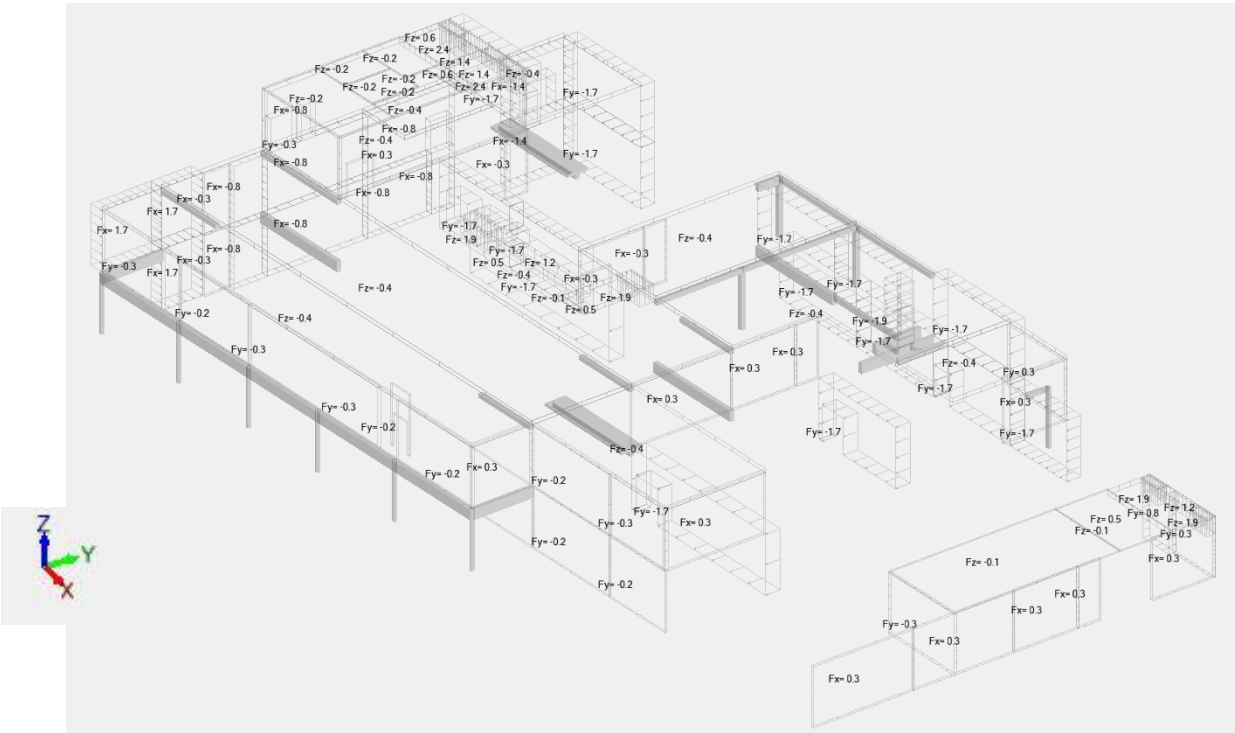
View - Cases: 31 (VY-D)



View - Cases: 32 (VY-S2)



View - Cases: 33 (VY-D2)



A 3D perspective view of a building's structural frame, showing the distribution of various loads. The structure includes a main rectangular footprint with several internal partitions and a smaller section on the right. Loads are represented by numerical values and arrows indicating their direction (Fx, Fy, Fz). For example, Fz=0.6 is shown on the top horizontal beams, while Fx=-1.1 and Fy=-1.1 are shown on vertical columns. A small 3D coordinate system (X, Y, Z) is visible in the bottom left corner, with Z pointing upwards, Y pointing to the right, and X pointing out of the page.

A 3D wireframe model of a building structure, showing a multi-story frame with various load values (Fx, Fy, Fz) applied to different parts of the frame. The loads are distributed across the structure, with some values being positive and others negative. A small 3D coordinate system (X, Y, Z) is visible in the bottom left corner.

10. ANALYSE DE LA CHARGE SISMIQUE

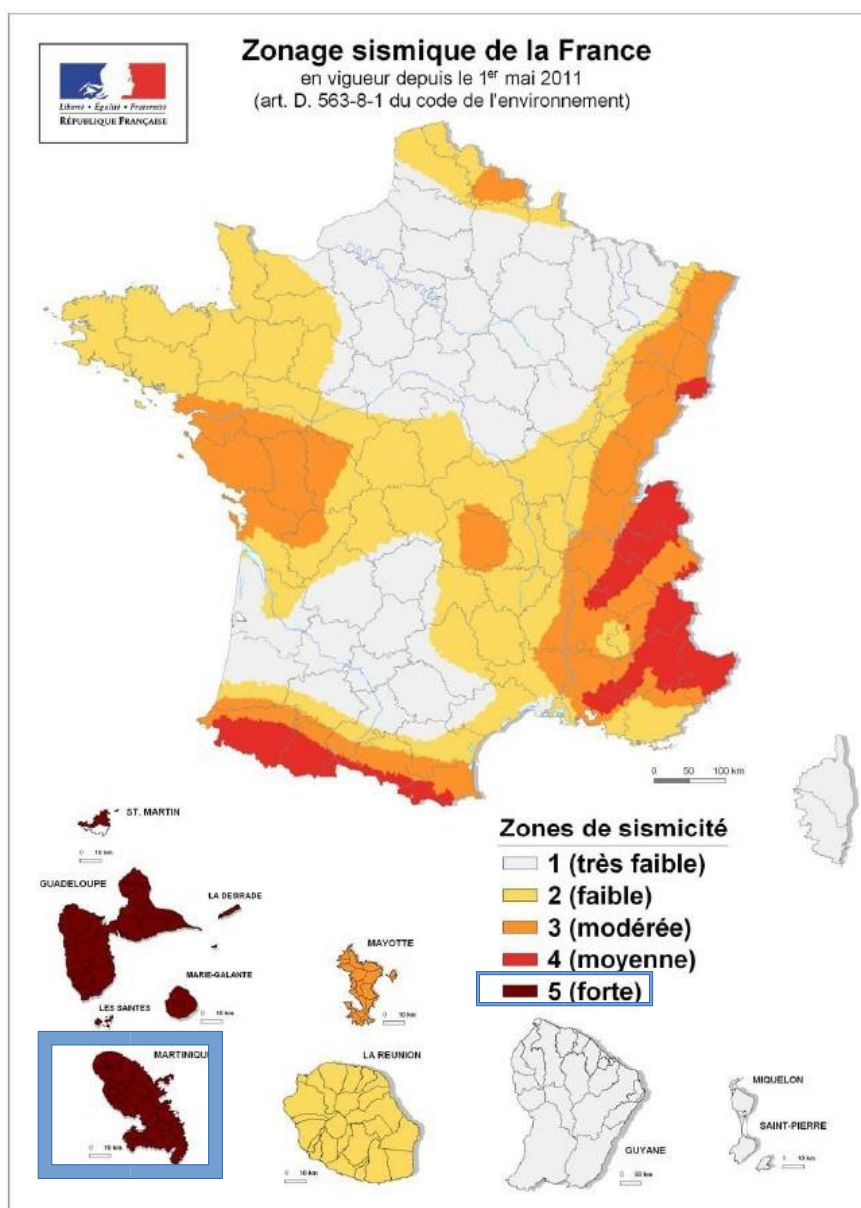
10.1 Hypothèses Principales

Les hypothèses principales à prendre en compte pour le séisme sont les suivantes :

Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8),

10.1.1 Zone de sismicité

5 – Forte



10.1.2 Accélération de référence

$$a_{Gr} = 3.00 \text{ m/s}^2$$

Zones de sismicité	a_{gr}
Très faible	Pas de prise en compte de l'aléa sismique dans les constructions à risque normal \Rightarrow pas de valeur d'accélération a_{gR} pour les bâtiments de classe I, II, III et IV.
Faible	0,7
Modérée	1,1
Moyenne	1,6
Forte	3

10.1.3 Catégorie et Coefficient d'importance

Catégorie d'importance: IV

Coefficient d'importance: $\gamma_i = 1.4$

		Coefficient d'importance γ_i
Classe de Bâtiment	I	0,8
	II	1
	III	1,2
	IV	1,4

10.1.4 Classe et Paramètre du Sol

Classe du sol: B

Paramètre du sol: $S=1.2$

Classes de sol	S (pour les zones de sismicité 1 à 4)	S (pour la zone de sismicité 5)
A	1	1
B	1,35	1,2
C	1,5	1,15
D	1,6	1,35
E	1,8	1,4

10.1.5 Amplification Topographique

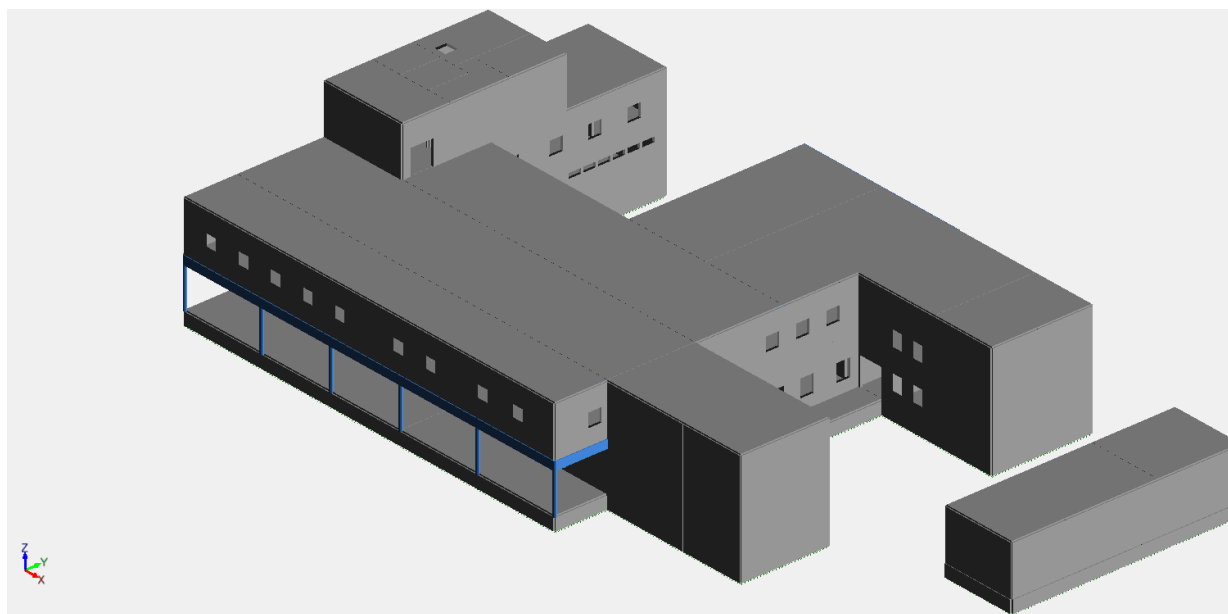
Coefficient d'amplification topographique : $ST=1.00$

10.2 Modélisation

- a) Un modèle tridimensionnel de la structure est construit permettant la prise en compte de la torsion naturelle, c'est-à-dire celle qui est due aux excentricités existantes entre les centres de masses et les centres de flexion aux différents niveaux. Cela nous permet de déterminer les forces des éléments et les déplacements de la structure résultant des charges appliquées et des déplacements imposés ou des effets P-delta.
- b) L'approche par analyse multimodale est utilisée car il permet de calculer les effets de l'action sismique par mode. Les effets des différents modes sont ensuite cumulés. Cette méthode est la méthode standard utilisable dans tous les cas de structures régulières ou irrégulières.
- c) Le logiciel « Advance Design » (version 2023) a été utilisé pour l'analyse du bâtiment. Les aspects du modèle qui méritent d'être notés sont les suivants :
 - Les éléments structuraux. Sont modélisés comme constituée de plusieurs systèmes résistant aux charges verticales et latérales, liés par des diaphragmes horizontaux constitués par les planchers du bâtiment.
 - Les planchers sont modélisés avec des éléments coques distribuant la charge sismique aux différents éléments structuraux.
 - La rigidité des éléments primaires est évaluée en tenant compte des effets de la fissuration, c.a.d. la rigidité élastique à la flexion et au cisaillement des éléments de béton est considérée égale à la moitié de la rigidité correspondante des éléments non fissurés.

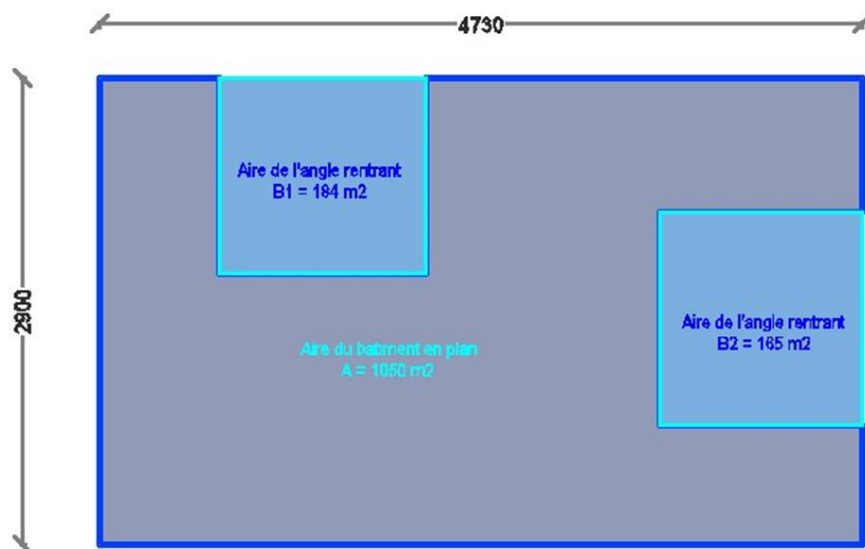
Dans le modèle 3D on a pris **la moitié** de la valeur d'inertie du matériau béton.

- La structure est analysée en considérant qu'elle est simplement appuyée à la base.



10.3 Évaluation de la Régularité en Plan

- La distribution des masses et des raideurs dans le plan. N'est pas symétrique.
- Le plan présente des angles rentrants, ayant une aire fortement supérieure à 5% de l'aire totale en plan.



$$B1/A = 0.18$$

$$B2/A = 0.16$$

Le plan ne présente pas une forme compacte.

Conclusion : La structure est irrégulière en plan.

10.4 Évaluation de la Régularité en Élévation

- Le contreventement de l'axe 8 présente un voile dans le niveau Haut et celui de R+1 et vient s'appuyer sur des poteaux au niveau bas. Donc on trouve au moins cet élément de contreventement verticale qui n'est pas connu jusqu'aux fondations.

Conclusion : La structure est irrégulière en élévation.

10.5 Types des bâtiments en béton armé

- La structure est composée essentiellement de système à murs couplés ductile et à murs de grande dimensions faiblement armé dans les deux direction horizontales et orthogonales X et Y.
- Le système d'ossature contient plus que deux murs de grandes dimensions faiblement armé.

Alors le type de bâtiment de cette structure est considéré correspondant à :

Murs de grandes dimensions faiblement armé.

10.6 Classe de ductilité

Dans les zones de sismicité modérée ou forte, les bâtiments doivent être conçus pour être ductiles.

Dans notre étude on a considéré une *classe de ductilité moyenne (DCM)* pour l'analyse de la structure.

10.7 Coefficient de comportement

Coefficient de comportement de base pour les constructions en béton armé.

Table 5.1: Basic value of the behaviour factor, q_0 , for systems regular in elevation

STRUCTURAL TYPE	DCM	DCH
Frame system, dual system, coupled wall system	$3,0 \alpha_w / \alpha_1$	$4,5 \alpha_w / \alpha_1$
Uncoupled wall system	3,0	$4,0 \alpha_w / \alpha_1$
Torsionally flexible system	2,0	3,0
Inverted pendulum system	1,5	2,0

- Structure irrégulière en plan alors on considère Eurocode 8 – 5.2.2.2 – (6)
 $\alpha_w / \alpha_1 = (1.2 + 1.3) / 2 = 1.25$
 Alors le coefficient de comportement de base pour la structure sera :
 $q_0 = 3 \times 1.25 = 3.75$
- Structure irrégulière en élévation alors on considère Eurocode 8 – 5.2.2.2 – (3)
 Réduction du coefficient du comportement de 20 %
Coefficient de comportement de base : $q_0 = 3.75 \times 0.8 = 3$
- Coefficient k_w selon Eurocode 8 – 5.2.2.2 - (11)**

$$k_w = \begin{cases} 1 & \text{pour les ossatures} \\ 0,5 < \frac{1+\alpha_0}{3} \leq 1 & \text{pour les murs et noyaux} \end{cases}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum \ell_{wi}}$$

Avec :

- h_{wi} = hauteur de mur i ;
- ℓ_{wi} = longueur de la section du mur i.

Direction X (orthogonale à la direction Y dans le plan)

$$\alpha_0 = 161 / 148 = 1.09$$

$$0.5 < k_w = (1 + \alpha_0) / 3 = 0.7 \leq 1$$

$$q = q_0 k_w = 2.1 \geq 1.5$$

Direction Y (orthogonale à la direction X dans le plan)

$$\alpha_0 = 162 / 146 = 1.10$$

$$0.5 < k_w = (1 + \alpha_0) / 3 = 0.705 \leq 1$$

$$q = q_0 k_w = 2.11 \geq 1.5$$

Conclusion : Le coefficient de comportement pour les deux directions orthogonales sera

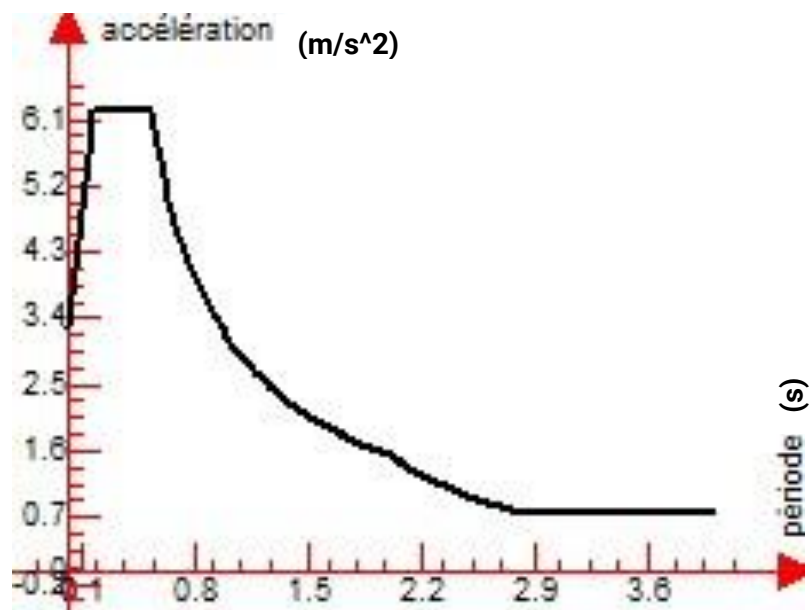
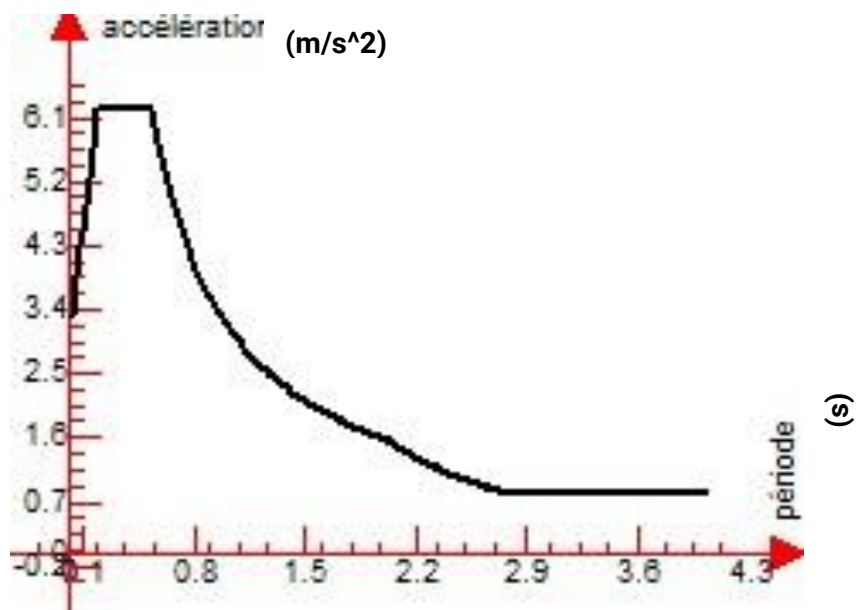
q = 2

10.8 Etude multimodale**10.8.1 Spectre de calcul Horizontal (Eurocode 8 – 3.2.2.2)**

Classes de sol	Pour les zones de sismicité 1 à 4			Pour la zone de sismicité 5		
	T _B	T _C	T _D	T _B	T _C	T _D
A	0,03	0,2	2,5	0,15	0,4	2
B	0,05	0,25	2,5	0,15	0,5	2
C	0,06	0,4	2	0,2	0,6	2
D	0,1	0,6	1,5	0,2	0,8	2
E	0,08	0,45	1,25	0,15	0,5	2

Les spectres horizontaux de calcul pour l'analyse élastique sont définis en introduisant un coefficient de comportement q tel que défini dans l'Eurocode 8 – 3.2.2.5 –

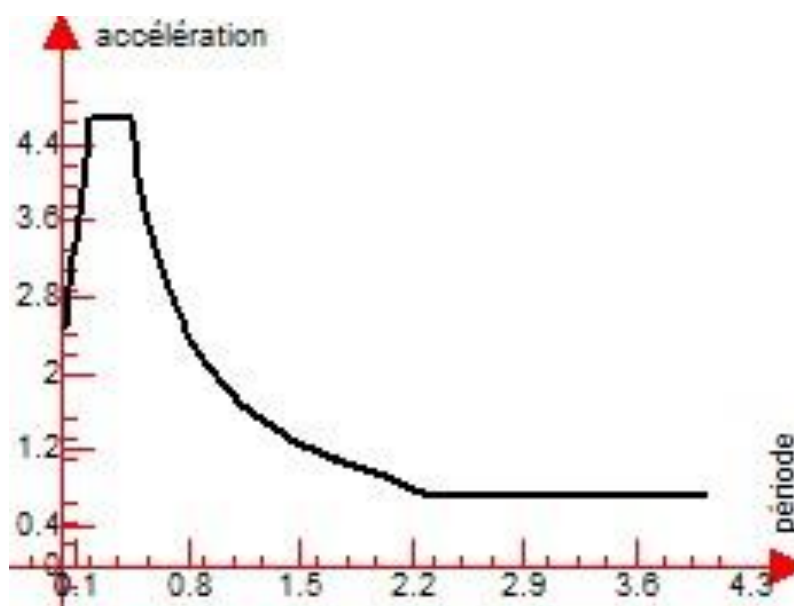
Famille	
Nom	Séismes EN 1998-1 NF
n°	4
Spectre	Calcul
Implantation	
Accélération du sol agr m/s^2	3
Zone	5 (forte - $\text{agr} = 3 \text{ m/s}^2$)
Classe de sol	B
S - paramètre du sol	1.20
Valeur imposée T_b	0.15
Valeur imposée T_c	0.50
Valeur imposée T_d	2.00
Coefficient d'amplification topographique	1
Bâtiment existant	<input type="checkbox"/> Inactif
Structure	
Coefficient d'importance	Catégorie IV ($\gamma_I = 1.4$)
q horizontal (X)	2
q horizontal (Y)	2
q vertical	2
Correction d'amortissement	<input type="checkbox"/> Inactif
β	0.2
Classe de ductilité	DCM
Spectre	
Spectre horizontal (x)	Spectre EN 1998-1
Spectre horizontal (y)	Spectre EN 1998-1
Spectre vertical	Spectre EN 1998-1
Sommation des modes	
Méthode	CQC
Mode résiduel	<input checked="" type="checkbox"/> Actif

SUIVANT L'AXE X**SUIVANT L'AXE Y**

10.8.2 Spectre de calcul Vertical (Eurocode 8 – 3.2.2.3)

Les spectres verticaux de calcul pour l'analyse élastique sont définis en introduisant un coefficient de comportement q tel que défini dans l'Eurocode 8 – 3.2.2.5 –

SUIVANT L'AXE Z



10.8.3 ÉLÉMENTS PRIMAIRES ET SECONDAIRES

Les éléments structuraux primaires résistant aux actions sismiques horizontales sont formés principalement des voiles et des poutres voiles.

Les éléments structuraux secondaires sont ceux qui ne sont pas considérés comme participant au contreventement de la structure et sont principalement formés d'une part des poutres qui sont indiquées dans les figures ci-dessous.

Les rotations autour des axes des sections des poutres considérées comme éléments secondaires sont relâchées à leurs extrémités dans le modèle Advance.



10.8.4 Masses prises en compte pour le calcul sismique

La masse associée aux charges permanentes doit être combinée avec la masse associée aux charges variables comme indiqué dans l'EUROCODE 8 – 3.2.4

$$\Sigma G_{k,j} + \Sigma \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}$$

Pour les bâtiments, $\psi_{E,i}$ est déduit de la relation suivante :

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2,i}$$

Tableau A1.1 — Valeurs recommandées des coefficients ψ pour les bâtiments

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 $H \leq 1\,000$ 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.			

Type d'action variable	Étage	φ
Catégories A à C*)	Toit	1,0
	Étages à occupations corrélées	0,8
	Étages à occupations indépendantes	0,5
Catégories D à F*) et archives		1,0

Les catégories des charges d'exploitation présentes dans la structure sont : B, C, E, F et H

- Catégorie A : $\Psi_2 = 0.3$ $\Psi_{E,i} = 0.24$
- Catégorie E : $\Psi_2 = 0.8$ $\Psi_{E,i} = 0.80$
- Catégorie H : $\Psi_2 = 0.0$ $\Psi_{E,i} = 0.00$

Cas de charge modale	
Titre	
Nom	Modes
n°	0
Code	CAS
Méthode	
Type	Vecteurs Ritz dépendants de la charge
Type de matrice de masse	Discrète
Modes	
Méthode	Taux de participation
Nombre	1
Taux de participation	90 %
Masses	
Définition	masses obtenues par combinaison de charges statiques
Combinaisons	1.00*3CP_BA + 0.24*2Cat_A + 0.80*4Cat_E
Pourcentage Dir.X	100 %
Pourcentage Dir.Y	100 %
Pourcentage Dir.Z	100 %
Convergence	
Tolérance	1e-06
Itérations Max	300
Amortissements pour le séisme	
Calcul auto.	<input type="checkbox"/> Inactif
Amortissements imposés	5 %

10.8.5 Torsion Accidentelle

Une excentricité additionnelle est appliquée aux masses des différents niveaux. EUROCODE 8 – 4.3.2

$$e_{ai} = \pm 0.05 L_i$$

e_{ai} : est l'excentricité accidentelle de la masse du niveau i par rapport à sa position nominale, appliquée dans la même direction à tous les niveaux

L_i : est la dimension du plancher perpendiculaire à la direction de l'action sismique

Excentricité dynamique des masses	
Excentricité des masses	<input checked="" type="checkbox"/> Actif
Séisme X	0
Séisme Y	0
Distance suivant X	5 %
Distance suivant Y	5 %

10.8.6 Combinaison des effets des Composantes Horizontales et Verticales

Pour notre bâtiment, les effets de l'action sismique agissant dans les deux directions horizontales X et Y, et la direction verticale Z sont combinés comme suit : EUROCODE 8 – 4.3.3.5

$$E_x \llcorner + \gg 0.3E_y \llcorner + \gg 0.3E_z$$

$$0.3E_x \llcorner + \gg E_y \llcorner + \gg 0.3E_z$$

$$0.3E_x \llcorner + \gg 0.3E_y \llcorner + \gg E_z$$

10.8.7 Combinaisons d'actions en situation sismique

En situation sismique, les combinaisons d'actions à considérer pour les vérifications à l'état limite ultime ou à l'état limite de limitation de dommage sont de la forme suivante :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$ Désigne les actions permanentes

P Désigne l'action de la contrainte lorsqu'il y a lieu

A_{Ed} Désigne la valeur de calcul de l'action sismique. Elle inclut le coefficient d'importance correspondant soit à l'état limite ultime soit à l'état limite de limitation de dommage.

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$ Désigne les valeurs quasi permanentes des actions variables présentes lors du séisme.

	Nature	Subnature	γ_{max}	γ_{min}	γ_s	γ_a	$\Psi_{0,1}$	$\Psi_{0,2}$	$\Psi_{0,3}$	$\Psi_{0,n}$	Ψ_1	$\Psi_{2,1}$	$\Psi_{2,n}$	Ψ_k	ξ_1	ξ_z
1	Dead	STRC	1.35	1	1	1									0.85	1
2	Dead	NSTR	1.35	1	1	1									0.85	1
3	Live	CAT_A	1.5		1		0.7				0.5	0.3				
4	Live	CAT_B	1.5		1		0.7				0.5	0.3				
5	Live	CAT_C	1.5		1		0.7				0.7	0.6				
6	Live	CAT_D	1.5		1		0.7				0.7	0.6				
7	Live	Catégorie E1	1.5		1		1				0.9	0.8				
8	Live	Catégorie E2-a	1.5		1		1				1	1				
9	Live	Catégorie E2-b	1.5		1		1				1	0.3				
10	Live	Catégorie E2-c	1.5		1		0.7				0.7	0.6				
11	Live	CAT_F	1.5		1		0.7				0.7	0.6				
12	Live	CAT_G	1.5		1		0.7				0.5	0.3				
13	Live	CAT_H	1.5		1											
14	Live	Cat K-Hélicoptè	1.5		1		1				0.9	0.8				
15	Live	Cat K-Autres	1.5		1		0.7				0.5	0.3				
16	Snow		1.5		1		0.5				0.2					
17	Snow	S_M1000	1.5		1		0.5				0.2					
18	Snow	S_P1000	1.5		1		0.7				0.5	0.2				
19	Wind		1.5		1		0.6				0.2					
20	Temperature		1.5		1		0.6				0.5					
21	Accidental					1										
22	Seismic					1										
23																

		Combinaison type	User-defined type	Loads			
				Dead	Live	Accidental	Seismic
1	ULS	USR	STR	(4) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \begin{cases} \gamma_i^{(i)} \\ \gamma_{min}^{(i)} \end{cases}$	(19) $Q_i \cdot \gamma_i + \sum_{j \geq 1, j \neq i} Q_j \cdot \gamma_j \cdot \Psi_{0,1}$	(0) ———	(0) ———
2	SLS	RAR		(1) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_s^{(i)}$	(21) $Q_i + \sum_{j \geq 1, j \neq i} Q_j \cdot \Psi_{0,1}$	(0) ———	(0) ———
3	SLS	FRE		(1) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_s^{(i)}$	(20) $Q_i \cdot \Psi_1 + \sum_{j \geq 1, j \neq i} Q_j \cdot \Psi_{2,1}$	(0) ———	(0) ———
4	SLS	QPR		(1) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_s^{(i)}$	(22) $\sum_{i \geq 1} Q_i \cdot \Psi_{2,1}^{(i)}$	(0) ———	(0) ———
5	ACC	ACC		(5) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_a^{(i)}$	(22) $\sum_{i \geq 1} Q_i \cdot \Psi_{2,1}^{(i)}$	(18) $\sum_{i \geq 1} A_i \cdot \gamma_a^{(i)}$	(0) ———
6	ACC	SEI		(5) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_a^{(i)}$	(22) $\sum_{i \geq 1} Q_i \cdot \Psi_{2,1}^{(i)}$	(0) ———	(17) $\sum_{i \geq 1} S_i \cdot \begin{cases} \gamma_a^{(i)} \\ -\gamma_a^{(i)} \end{cases}$
7	ACC	SEI		(5) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_a^{(i)}$	(22) $\sum_{i \geq 1} Q_i \cdot \Psi_{2,1}^{(i)}$	(0) ———	(0) ———
8	SEI	USR	FEU	(5) $\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_a^{(i)}$	(20) $Q_i \cdot \Psi_1 + \sum_{j \geq 1, j \neq i} Q_j \cdot \Psi_{2,1}$	(18) $\sum_{i \geq 1} A_i \cdot \gamma_a^{(i)}$	(0) ———
9							

10.8.8 Combinaison des réponses modales dans l'analyse multimodale spectrale

Combinaison quadratique complète (CQC) pour combiner les modes, l'effet total E_E de l'action sismique (force, déplacement, etc.), la méthode de combinaison quadratique complète CQC est utilisée dans l'étude structurelle.

Réponse des modes de vibration

La réponse de tous les modes de vibration contribuant de façon significative à la réponse globale doit être prise en compte. Cela est supposé satisfait si la somme des masses modales effectives pour les modes considérés atteint au moins 90% de la masse totale de la structure ;

Valeurs modales								
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales			Amorti sseme nt (%)
					X T (%)	Y T (%)	Z T (%)	
1	46.33	0.14	7.37	1069.85	0.03 (0.00)	1.89 (0.04)	14.56 (0.30)	5
2	47.34	0.13	7.53	1119.56	0.04 (0.00)	0.02 (0.00)	0.01 (0.00)	5
3	49.73	0.13	7.91	1234.16	0.41 (0.01)	0.00 (0.00)	23.06 (0.47)	5
4	51.19	0.12	8.15	1307.96	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	1.34 (0.03)	5
5	52.48	0.12	8.35	1375.80	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	24.03 (0.49)	5
6	55.82	0.11	8.88	1550.30	0.05 (0.00)	98.45 (2.01)	0.99 (0.02)	5
7	58.19	0.11	9.26	1691.19	0.36 (0.01)	0.10 (0.00)	9.23 (0.19)	5
8	59.03	0.11	9.40	1741.01	0.00 (0.00)	0.19 (0.00)	51.33 (1.05)	5
9	61.03	0.10	9.71	1858.44	0.05 (0.00)	0.01 (0.00)	148.42 (3.04)	5
10	61.55	0.10	9.80	1894.38	0.04 (0.00)	0.00 (0.00)	58.52 (1.20)	5
11	62.38	0.10	9.93	1943.60	0.11 (0.00)	0.25 (0.01)	0.89 (0.02)	5
12	64.69	0.10	10.30	2090.00	0.48 (0.01)	0.01 (0.00)	0.48 (0.01)	5
13	65.89	0.10	10.49	2168.23	4.45 (0.09)	2.03 (0.04)	34.97 (0.72)	5
14	66.03	0.10	10.51	2178.98	1.91 (0.04)	0.01 (0.00)	2.06 (0.04)	5

Valeurs modales								
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales			Amorti sseme nt (%)
					X T (%)	Y T (%)	Z T (%)	
15	67.30	0.09	10.71	2264.55	34.73 (0.71)	0.00 (0.00)	0.04 (0.00)	5
16	68.42	0.09	10.89	2318.12	1.29 (0.03)	1.75 (0.04)	55.45 (1.13)	5
17	70.91	0.09	11.29	2512.50	1.59 (0.03)	2.59 (0.05)	72.65 (1.49)	5
18	71.86	0.09	11.44	2574.89	1.46 (0.03)	2.43 (0.05)	34.74 (0.71)	5
19	72.98	0.09	11.62	2660.89	1.32 (0.03)	0.00 (0.00)	0.09 (0.00)	5
20	73.97	0.08	11.77	2735.99	0.00 (0.00)	0.01 (0.00)	43.82 (0.90)	5
21	74.07	0.08	11.79	2742.37	4.25 (0.09)	0.00 (0.00)	57.30 (1.17)	5
22	74.27	0.08	11.82	2751.55	0.01 (0.00)	0.52 (0.01)	24.88 (0.51)	5
23	76.43	0.08	12.16	2915.55	28.78 (0.59)	0.23 (0.00)	0.35 (0.01)	5
24	78.64	0.08	12.52	3091.73	0.00 (0.00)	1.79 (0.04)	0.00 (0.00)	5
25	79.18	0.08	12.60	3132.01	0.73 (0.01)	4.51 (0.09)	9.19 (0.19)	5
26	80.39	0.08	12.79	3223.98	6.47 (0.13)	1.18 (0.02)	1.45 (0.03)	5
27	81.38	0.08	12.95	3305.00	1.62 (0.03)	5.63 (0.12)	9.21 (0.19)	5
28	83.38	0.08	13.27	3465.76	3.73 (0.08)	2.25 (0.05)	0.29 (0.01)	5
29	84.33	0.07	13.42	3555.86	9.74 (0.20)	85.80 (1.76)	51.28 (1.05)	5
30	84.60	0.07	13.46	3575.12	190.71 (3.90)	1640.23 (33.56)	15.31 (0.31)	5
31	87.94	0.07	14.00	3836.49	20.96 (0.43)	0.00 (0.00)	7.08 (0.14)	5
32	88.66	0.07	14.11	3923.73	301.19 (6.16)	19.82 (0.41)	44.48 (0.91)	5
33	89.35	0.07	14.22	3987.12	773.19 (15.82)	467.51 (9.57)	20.80 (0.43)	5
34	90.27	0.07	14.37	4054.54	301.54 (6.17)	190.70 (3.90)	0.38 (0.01)	5
35	92.81	0.07	14.77	4305.17	0.58 (0.01)	0.08 (0.00)	0.33 (0.01)	5
36	96.63	0.07	15.38	4646.14	5.91 (0.12)	2.49 (0.05)	1.22 (0.03)	5
37	99.99	0.06	15.91	4936.60	0.39 (0.01)	0.01 (0.00)	0.97 (0.02)	5
38	101.92	0.06	16.22	5185.23	25.35 (0.52)	4.95 (0.10)	0.29 (0.01)	5
39	103.02	0.06	16.40	5301.11	0.14 (0.00)	6.09 (0.12)	19.92 (0.41)	5
40	103.48	0.06	16.47	5323.07	0.25 (0.01)	7.11 (0.15)	46.99 (0.96)	5
41	105.41	0.06	16.78	5547.02	0.37 (0.01)	2.55 (0.05)	39.16 (0.80)	5
42	106.91	0.06	17.02	5686.95	71.98 (1.47)	3.84 (0.08)	0.00 (0.00)	5
43	107.26	0.06	17.07	5737.86	0.15 (0.00)	3.95 (0.08)	7.85 (0.16)	5
44	109.61	0.06	17.44	5992.27	0.02 (0.00)	2.06 (0.04)	100.25 (2.05)	5
45	110.98	0.06	17.66	6140.46	4.15 (0.08)	3.34 (0.07)	38.10 (0.78)	5
46	111.34	0.06	17.72	6183.44	46.36 (0.95)	1.63 (0.03)	1.83 (0.04)	5
47	114.51	0.05	18.22	6519.12	47.50 (0.97)	0.95 (0.02)	138.76 (2.84)	5
48	115.84	0.05	18.44	6696.19	419.15 (8.58)	17.81 (0.36)	68.63 (1.40)	5
49	118.40	0.05	18.84	6976.73	98.21 (2.01)	0.05 (0.00)	38.29 (0.78)	5
50	120.95	0.05	19.25	7294.97	56.33 (1.15)	10.55 (0.22)	3.81 (0.08)	5
51	122.63	0.05	19.52	7502.42	7.19 (0.15)	2.88 (0.06)	39.04 (0.80)	5
52	127.06	0.05	20.22	8053.46	78.72 (1.61)	12.80 (0.26)	38.69 (0.79)	5
53	129.90	0.05	20.67	8417.56	16.90 (0.35)	13.26 (0.27)	0.04 (0.00)	5
54	130.92	0.05	20.84	8553.03	6.64 (0.14)	14.05 (0.29)	26.73 (0.55)	5
55	137.05	0.05	21.81	9372.14	4.21 (0.09)	16.57 (0.34)	91.60 (1.87)	5
56	139.43	0.05	22.19	9693.16	66.53 (1.36)	15.11 (0.31)	13.35 (0.27)	5
57	142.95	0.04	22.75	10193.04	23.46 (0.48)	25.53 (0.52)	47.73 (0.98)	5

Valeurs modales								
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales			Amorti sseme nt (%)
					X T (%)	Y T (%)	Z T (%)	
58	148.68	0.04	23.66	11042.34	194.73 (3.98)	13.33 (0.27)	30.73 (0.63)	5
59	151.59	0.04	24.13	11464.39	23.18 (0.47)	19.26 (0.39)	59.99 (1.23)	5
60	152.08	0.04	24.20	11541.43	2.09 (0.04)	74.79 (1.53)	36.48 (0.75)	5
61	161.58	0.04	25.72	13037.64	62.82 (1.29)	5.73 (0.12)	4.37 (0.09)	5
62	164.36	0.04	26.16	13479.23	1.04 (0.02)	106.13 (2.17)	24.28 (0.50)	5
63	170.70	0.04	27.17	14543.76	0.72 (0.01)	111.47 (2.28)	77.69 (1.59)	5
64	182.22	0.03	29.00	16581.43	17.24 (0.35)	73.42 (1.50)	79.09 (1.62)	5
65	186.97	0.03	29.76	17469.88	107.62 (2.20)	1.50 (0.03)	51.06 (1.04)	5
66	190.51	0.03	30.32	18111.69	63.08 (1.29)	6.76 (0.14)	203.42 (4.16)	5
67	204.66	0.03	32.57	20929.20	0.09 (0.00)	146.36 (2.99)	54.80 (1.12)	5
68	208.37	0.03	33.16	21667.82	121.64 (2.49)	12.57 (0.26)	43.89 (0.90)	5
69	212.90	0.03	33.88	22627.25	5.21 (0.11)	22.77 (0.47)	176.09 (3.60)	5
70	238.02	0.03	37.88	28280.77	44.96 (0.92)	38.95 (0.80)	121.06 (2.48)	5
71	243.15	0.03	38.70	29533.48	80.90 (1.66)	14.22 (0.29)	19.35 (0.40)	5
72	249.05	0.03	39.64	30989.02	3.22 (0.07)	41.59 (0.85)	199.17 (4.08)	5
73	287.56	0.02	45.77	41322.41	80.59 (1.65)	1.16 (0.02)	55.53 (1.14)	5
74	292.12	0.02	46.49	42643.00	6.91 (0.14)	47.53 (0.9)	218.32 (4.47)	5
75	301.98	0.02	48.06	45563.48	2.66 (0.05)	86.08 (1.76)	182.73 (3.74)	5
76	363.73	0.02	57.89	66092.70	2.86 (0.06)	14.93 (0.31)	370.42 (7.58)	5
77	383.13	0.02	60.98	73366.77	27.69 (0.57)	365.48 (7.48)	4.64 (0.10)	5
78	391.30	0.02	62.28	76538.90	215.46 (4.41)	41.39 (0.85)	21.21 (0.43)	5
79	479.49	0.01	76.31	114896.87	79.87 (1.63)	22.18 (0.45)	277.90 (5.69)	5
80	491.06	0.01	78.15	120501.10	419.27 (8.58)	23.30 (0.48)	38.85 (0.79)	5
81	505.53	0.01	80.46	127755.28	9.55 (0.20)	364.32 (7.45)	25.74 (0.53)	5
82	670.65	0.01	106.74	224852.84	415.19 (8.50)	1.28 (0.03)	0.69 (0.01)	5
83	753.64	0.01	119.95	283887.86	0.72 (0.01)	392.23 (8.03)	30.19 (0.62)	5
84	795.12	0.01	126.55	315972.26	0.78 (0.02)	24.47 (0.50)	423.11 (8.66)	5
85	1227.02	0.01	195.29	752613.05	196.51 (4.02)	0.09 (0.00)	0.18 (0.00)	5

Valeurs modales								
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales			Amorti sseme nt (%)
					X T (%)	Y T (%)	Z T (%)	
Résiduel					28.59 (0.59)	116.03 (2.37)	473.62 (9.69)	
Total				2807414. 18	4886.90 (100.00)	4886.90 (100.00)	4886.90 (100.00)	

10.9 Calcul des déplacements

Dans la suite de la note, les déplacements produits par l'action sismique de calcul sont calculés sur la base des déformations élastiques de la structure selon l'expression : EUROCODE 8 – 4.3.4

$$d_s = q d_e$$

d_s Déplacement d'un point dû à l'action sismique de calcul

q Coefficient de comportement

d_e Déplacement du même point calculé par l'étude linéaire

10.10 Effets du Second Ordre (P-Δ)

Il n'est pas nécessaire de prendre en compte cet effet lorsque la condition suivante est satisfaite à tous les étages : EUROCODE 8 – 4.4.2.2

$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} d_r}{V_{\text{tot}} h} \leq 0,10$$

h la hauteur de l'étage considéré

d_r déplacement relatif de calcul entre planchers, pris comme la différence de déplacement latéral moyen d_s entre le haut et le bas de l'étage considéré.

P_{tot} la charge gravitaire totale due à tous les planchers situés au-dessus de l'étage considéré y compris celui-ci, dans la situation sismique de calcul,

Métré des éléments par matériaux	
étage	Poids (KN)
1	38502
2	29175
3	13199
4	1689

V_{tot} l'effort tranchant sismique total au niveau considéré

Cas de charges	Nom Étage	N° Étage	G G haut G bas	N N haut N bas (kN)	TX TX haut TX bas (kN)	TY TY haut TY bas (kN)
108 - 1x[6 EX][Newmark]	Foundation_+41	1	(27.84, 18.21, 0.53)	618.69	9393.7	2389.37
			(27.84, 18.21, 0.47)	619.51	9412.04	2403.93
	Ht.Niv.Bas_+42	2	(27.39, 18.50, 4.53)	363.28	8044.1	2194.54
			(27.39, 18.50, 1.48)	471.34	9012.89	2421.5
	Ht.Niv.Haut_+46	3	(20.95, 16.87, 8.53)	171.93	4450.8	1169.39
			(20.95, 16.87, 5.47)	202.23	5691.68	1583.97
	HT.1er_+50	4	(3.60, 18.34, 12.54)	21.47	888.21	205.35
			(3.60, 18.34, 9.46)	42.17	1662.39	401.5
117 - 1x[7 EY][Newmark]	Foundation_+41	1	(27.84, 18.21, 0.53)	720.43	2375.23	11420.06
			(27.84, 18.21, 0.47)	717.69	2376.56	11493.67
	Ht.Niv.Bas_+42	2	(27.39, 18.50, 4.53)	378.09	2212.56	9985.67
			(27.39, 18.50, 1.48)	486.79	2417.4	11216.65
	Ht.Niv.Haut_+46	3	(20.95, 16.87, 8.53)	257.07	1319.02	5487.73
			(20.95, 16.87, 5.47)	310.9	1649.3	7281.79
	HT.1er_+50	4	(3.60, 18.34, 12.54)	52.51	301.89	493.42
			(3.60, 18.34, 9.46)	89.5	566.46	963.31

Vérification du critère

Cas de charges	Nom Étage	N° Étage	P tot (kN)	dr (cm)	Vtot (kN)	h (cm)	Θ	Vérification
108-1x[6EX] [Newmark]	Foundation_+41	1	38502	0	9393.7	400	0.0000	<0.1
	Ht.Niv.Bas_+42	2	29175	0.2	8044.1	400	0.0018	<0.1
	Ht.Niv.Haut_+46	3	13199	0.17	4450.8	400	0.0013	<0.1
	HT.1er_+50	4	1689	0.04	888.21	400	0.0002	<0.1
117- 1x[7 EY] [Newmark]	Foundation_+41	1	38502	0	11420.06	400	0.0000	<0.1
	Ht.Niv.Bas_+42	2	29175	0.33	9985.67	400	0.0024	<0.1
	Ht.Niv.Haut_+46	3	13199	0.3	5487.73	400	0.0018	<0.1
	HT.1er_+50	4	1689	0.02	493.42	400	0.0002	<0.1

10.11 Limitation des dommages

Les limitations portant sur les déplacements relatifs entre étages selon EUROCODE 8 - 4.4.3

$$d_{rv} \leq 0,010h$$

Pour les bâtiments comportant des éléments non structuraux fixés de manière à ne pas interférer avec les déformations de la structure ou ne comportant pas d'éléments non structuraux :

h La hauteur de l'étage

u Coefficient de réduction qui prend en compte la plus faible période de retour de l'action sismique associée au critère de limitation des dommages = 0.4

d_r déplacement relatif de calcul entre étages (Les valeurs obtenues d'après le logiciel Advance seront multipliées par le coefficient de comportement $q=2$ dans l'analyse)

Séisme suivant EX

Vérification des déplacements relatifs entre étages pour les combinaisons sismiques											
Nom Étage	N° Étage	Combinaison	Code	N° Nœud	Déplacement relatif X (cm)	Déplacement relatif Y (cm)	Déplacement relatif (cm)	Coefficient de réduction	Déplacement relatif par étage (cm)	Déplacement relatif admissible (cm)	Vérification
HT.1er_+50	4	108	ELU	8094	0.11	0.02	0.11	0.40	0.04	2.00	Correct
Ht.Niv.Haut +46	3	108	ELU	7606	0.44	0.02	0.44	0.40	0.17	2.00	Correct
Ht.Niv.Bas +42	2	108	ELU	5083	0.49	0.01	0.49	0.40	0.20	2.00	Correct
Foundation +41	1	108	ELU	1948	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.50	Correct

Séisme suivant EY

Vérification des déplacements relatifs entre étages pour les combinaisons sismiques											
Nom Étage	N° Étage	Combinaison	Code	N° Nœud	Déplacement relatif X (cm)	Déplacement relatif Y (cm)	Déplacement relatif (cm)	Coefficient de réduction	Déplacement relatif par étage (cm)	Déplacement relatif admissible (cm)	Vérification
HT.1er_+50	4	117	ELU	8108	0.03	0.05	0.06	0.40	0.02	2.00	Correct
Ht.Niv.Haut +46	3	117	ELU	7309	0.01	0.74	0.74	0.40	0.30	2.00	Correct
Ht.Niv.Bas +42	2	117	ELU	4520	0.00	0.81	0.81	0.40	0.33	2.00	Correct
Foundation +41	1	117	ELU	1539	0.00	0.02	0.02	0.40	0.00	0.50	Correct