



CHU St ETIENNE - ETABLISSEMENT SUPPORT GHT  
LOIRE – Hôpital du GIER  
19, Rue Victor Hugo  
42 400 Saint-Chamond  
Tél.: 04 77 75 24 39

MAITRE DOUVRE

## Restructuration des urgences et du hall d'accueil de l'HOPITAL DU GIER à SAINT-CHAMOND (42)

### NOTE D'HYPOTHESES GENERALES STRUCTURE ET NOTE SISMIQUE



**SEXTANT architecture**  
80, Boulevard François Mitterrand  
63 000 Clermont-Ferrand  
sextant63@sextant-architecture.com  
Tél.: 04 73 90 83 29

ARCHITECTE  
MANDATAIRE



**TPF INGENIERIE**  
55 rue de la Villette  
69 003 LYON  
Tél : 04 72 13 50 74

INGENIERIE ET  
ECONOMIE

	EMETTEUR	CODE AFFAIRE	TYPE DE DOCUMENT	INDICE	DATE	NB PAGES
REFERENCE DU DOCUMENT	Lal	BLY240005	DCE.NOT	00	28/02/2025	21

INDICE	DATE	OBJET	PAGES
00	28/02/2025	Première édition DCE	21

## SOMMAIRE

<b>I -</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>II -</b>	<b>DESCRIPTION DE PROJET</b>	<b>3</b>
II.1 -	PRINCIPE CONSTRUCTIF	4
<b>III -</b>	<b>DONNEES ET HYPOTHESE DE BASES</b>	<b>5</b>
III.1 -	REGELEMENTS DE CALCUL ET DOCUMENTS DE REFERENCE	5
III.2 -	GESTION DE LA FIABILITE STRUCTURALE	5
III.3 -	HYPOTHESES MATERIAUX	5
III.3.1 -	BETON	5
III.3.2 -	LIMITATION DES OUVERTURES DES FISSURES	6
III.4 -	HYPOTHESES DE CHARGEMENT	6
III.4.1 -	CHARGES PERMANENTES	6
III.4.2 -	SURCHARGES D'EXPLOITATIONS	7
III.5 -	HYPOTHESES DU SITE	7
III.5.1 -	NEIGE	7
III.5.2 -	VENT	8
III.5.3 -	EFFET DU RETRAIT ET DES VARIATIONS DE TEMPERATURE	8
III.6 -	FEU	8
III.7 -	HYPOTHESES DU SOL	8
III.8 -	HYPOTHESES SISMIQUES	8
III.9 -	EVALUATION DE L'INCIDENCE DE TRAVAUX SUR LA VULNERABILITE AU SEISME DU BATIMENT EXISTANT	10
III.9.1 -	CONTEXTE STRUCTUREL DU BATIMENT EXISTANT	10
III.9.2 -	INTERVENTIONS PROJET	12
III.9.3 -	SISMICITE	13
III.10 -	COMBINAISONS DES EFFETS DES COMPOSANTES DE L'ACTION SISMIQUE – BATIMENTS NEUFS	15
III.10.1 -	COMPOSANTE HORIZONTALES DE L'ACTION SISMIQUE	15
III.10.2 -	COMPOSANTE VERTICALE DE L'ACTION SISMIQUE	15
III.10.3 -	COEFFICIENT DE COMBINAISON POUR LES ACTIONS VARIABLES	15
III.10.4 -	COMBINAISONS D'ACTIONS	16
III.11 -	ANALYSE MODALE	17
III.11.1 -	PRINCIPE DE MODELISATION	17
III.11.2 -	GRANDEUR DES MODES PROPRES	18
III.11.3 -	DEPLACEMENTS DES BLOCS	19
III.11.4 -	EFFORTS SISMIQUES HORIZONTAUX SUR APPUIS	21

## I - INTRODUCTION

Le présent document fait partie du rendu pour la phase APD du projet de construction du Centre Hospitalier du Gier, à Saint-Chamond (42 400). Il synthétise les études portant sur la maîtrise d'œuvre structure du bâtiment.

L'objet de cette note est de présenter :

- Le cadre réglementaire
- Les hypothèses de calcul
- Un pré-dimensionnement de la structure soumis aux sollicitations sismiques.

Cette note ne dispense pas l'entreprise titulaire du lot de fournir une note de calcul en phase EXE.

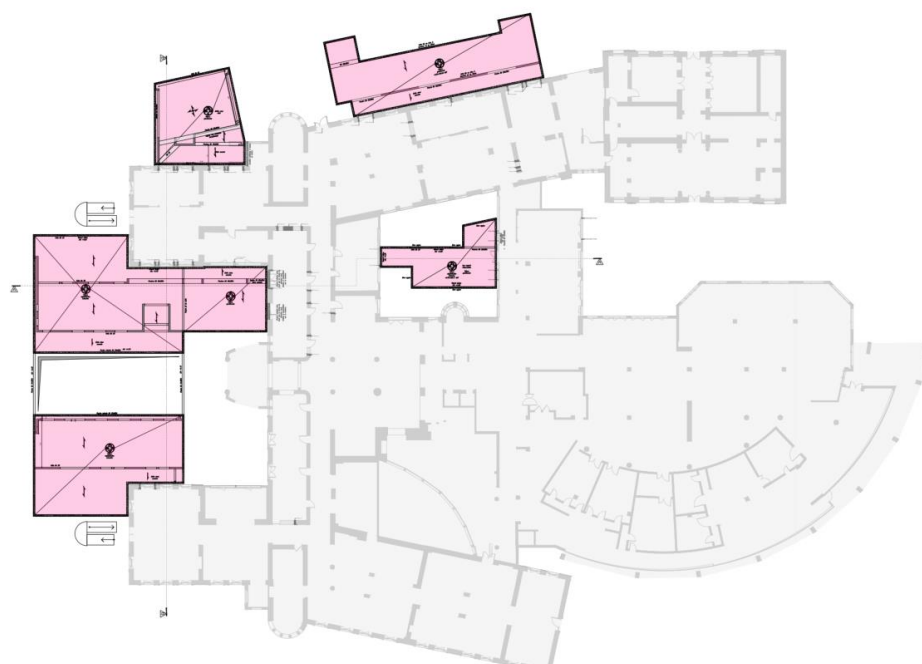
## II - DESCRIPTION DE PROJET

Le projet se situe sur le site du Centre Hospitalier du Gier, à Saint-Chamond (42 400).

Le projet consiste à réhabiliter le service des Urgences, le Hall d'entrée ainsi que quelques locaux annexes, à réaliser plusieurs extensions neuves en RdC, et de reprendre quelques aménagements paysagers.



Les travaux se concentrent au RdC du Bâtiment, avec quelques interventions ponctuelles en sous-sol (raccordements, etc.). **Les travaux seront phasés (5 phases principales successives) et réalisés en site occupé.**



## II.1 - PRINCIPE CONSTRUCTIF

Les constructions neuves se déployant toutes en extension contre les bâtiments d'origine, seront désolidarisées de la structure existante.

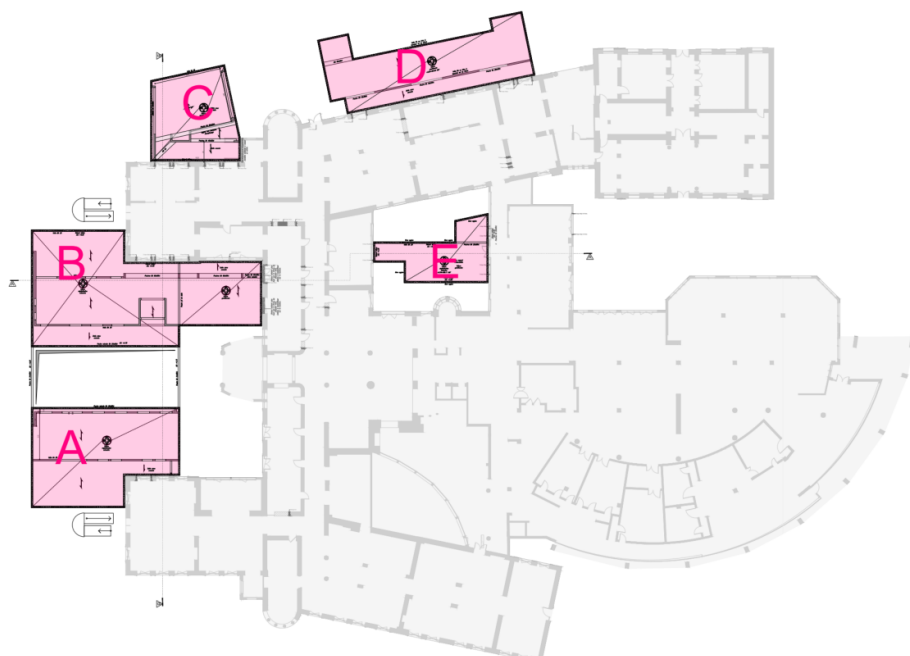
### Infrastructure/Fondations :

Selon les DOE, le bâtiment existant est composé d'un sous-sol dans son emprise bâtie. L'ensemble des fondations devront donc respecter la règle de  $3h/2V$  contre les fondations existantes afin de ne pas impacter la stabilité de l'existant. Afin de réduire l'impact au niveau des fondations, les points porteurs verticaux seront positionnés le plus éloigné possible des constructions déjà en place.

Selon rapport géotechnique, la structure sera constituée des dallages portés, des longrines posés sur des fondations profondes type pieux ou micropieux. Un isolant sera posée sous dalle, isolant d'ép. 140 mm avec une résistance thermique  $R \geq 4,00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  ( $\lambda = 0,035 \text{ W}/\text{m.K}$ ).

### Superstructure :

Uniquement pour servir à la présente note, ci-dessous une numérotation des bâtiments d'extension (A-E).



Afin de répondre aux enjeux environnementaux, le béton de ces extensions sera de type bas carbone.

Les structures des extensions au sud et à l'ouest (Bâtiments A, B, C, D) du projet seront composées comme suit :

- Verticaux : Voiles et poteaux en béton armé,
  - Horizontaux : Dalles de 20cm, 22cm et 25cm et poutres en béton armé,
- La structure neuve sera désolidarisée de l'existant par des joints d'épaisseur minimum 4cm.

La structure d'extension dans le patio central (Bâtiment E) sera composée comme suit :

- Verticaux : Voiles et poteaux en blocs béton maçonnés (pour faciliter l'accès)
- Horizontaux : Dalles de 20cm,

Les interventions dans le bâtiment existant rénové sont très limitées. Quelques reprises en sous-œuvre sont prévues pour la réalisation de portes, ouvertures ou fenêtres. Cependant les travaux envisagés ne dépassent pas les seuils définis par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié sur la construction parasismique, et ne sont pas considérés comme de caractère aggravant la vulnérabilité sismique du bâtiment (APFS, cahier technique N°35 « évaluation de l'incidence de travaux sur la vulnérabilité au séisme d'un bâtiment existant » §I-3.c).

### III - DONNEES ET HYPOTHESE DE BASES

#### III.1 - REGELEMENTS DE CALCUL ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Les normes et règles de calculs sont :

- Bases de calcul des structures : NF EN 1990 et AN
- Actions sur les structures : NF EN 1991-1 et AN
- Calcul des structures en béton : NF EN 1992-1 et AN
- Calcul des structures en acier : NF EN 1993-1 et AN
- Calcul des structures en bois : NF EN 1995-1 et AN
- Calcul géotechnique : NF EN 1997 et AN
- Calcul des structures pour leur résistance aux séismes : NF EN 1998-1 et AN
- Les DTU, Normes et guides en vigueur

#### III.2 - GESTION DE LA FIABILITE STRUCTURALE

Le mode de différenciation de la fiabilité est fait par mesures relatives aux coefficients partiels

Critère	Valeurs EN 1990	
Durée de vie du bâtiment	50 ans	
Classe de conséquence	CC2 (moyenne)	(EN 1990 :2002- Annexe B.3.1)
Classe de fiabilité	RC2	(EN 1990 :2002- Annexe B.3.2)
Coefficient pour les actions	KFI = 1,0	(EN 1990 :2002- Annexe B.3.3)
Niveau de supervision des travaux	DSL2	(EN 1990 :2002- Annexe B.3.4)
Niveau de contrôle pendant l'exécution	IL2	(EN 1990 :2002- Annexe B.3.5)

#### III.3 - HYPOTHESES MATERIAUX

##### III.3.1 - BETON

Le béton utilisé pour l'ensemble de la structure est :

Béton	
Classe	25/30
Résistance caractéristique compression fck (Mpa)	25
Résistance de calcul à la compression fcd à 28jours (Mpa)	16,7
Résistance traction moyenne fctm (Mpa)	2,6
fractile 5% $f_{ctk_{0.05}} = 0.7 * f_{ctm}$	1,8
fractile 95% $f_{ctk_{0.95}} = 1.3 * f_{ctm}$	3,3
$f_{ctd} = 1 * f_{ctk} / 1.5$	1,20
module sécant Ecm	31476
$\epsilon_{c1}$ en 1/1000	2,1
$\epsilon_{cu1}$ en 1/1000	3,50

La résistance caractéristique du béton à 28 jours doit être conforme aux prescriptions du CCTP lot Go, plans de structure MOE et les règles de calcul.

Pour tenir compte de la fissuration des éléments en béton armé lors de l'analyse modale spectrale, les propriétés de rigidité élastique à la flexion et au cisaillement de ses éléments peuvent être considérées comme égales à **la moitié de la rigidité correspondante des éléments non fissuré** « Art 4.3.1(7) ». Le logiciel Advance permet de définir un coefficient de fissuration qui sera pris **égal à 0,5**.

Nuance des aciers pour béton armé :

Classe A

- barres HA  $f_{yk} = 500 \text{ B MPa}$
- Treillis soudés  $f_{yk} = 500 \text{ B MPa}$

Coefficients de sécurité sur les matériaux en ELU :

Situation	Béton : $\gamma_c$	Acier $\gamma_s$
Durable ou transitoire	1,5	1,15
Accidentelle	1,2	1,0
Séisme	1,3	1,0
Feu	1,0	1,0

Coefficients de sécurité à l'ELS :  $\gamma_c = \gamma_s = 1$

### III.3.2 - LIMITATION DES OUVERTURES DES FISSURES

La fissuration doit être limitée de telle sorte qu'elle ne porte pas de préjudice au bon fonctionnement ou à la durabilité de la structure ou encore qu'elle ne rende pas son aspect inacceptable.

Il convient ainsi que les ouvertures des fissures ne dépassent pas une valeur limite  $w_{\max}$  définie dans le tableau qui suit :

**Tableau 1 : Valeurs de  $w_{\max}$  [mm]**

Classe d'exposition	Eléments en béton armé et éléments en béton précontraint sans armatures adhérentes	Eléments en béton précontraint avec armatures adhérentes
	Combinaison quasi-permanente de charge	Combinaison fréquente de charge
X0, XC1	0,40	0,20
XC2, XC3, XC4	0,30	0,20
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3, XD3	0,20	Décompression

### III.4 - HYPOTHESES DE CHARGEMENT

Les charges sont conformes à la norme NF EN 1991 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitations des bâtiments avec son annexe nationale.

#### III.4.1 - CHARGES PERMANENTES

La liste non exhaustive, hors poids propre des structures, retenue pour le projet est la suivante :

- Chape humide (7cm) : 140 kg/m<sup>2</sup>
- Sol souple : 10 kg/m<sup>2</sup>
- Cloisons légères/séparatifs (Surface au sol) : 50 kg/m<sup>2</sup>
- Faux plafond suspendu : 20 kg/m<sup>2</sup>

- Toiture terrasse végétalisation extensive + isolation : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Toiture terrasse gravillonné : 150 kg/m<sup>2</sup>

### III.4.2 - SURCHARGES D'EXPLOITATIONS

Ces charges sont uniformisées par zones à la valeur la plus contraignante.

La liste non exhaustive des surcharges d'exploitation du projet est la suivante :

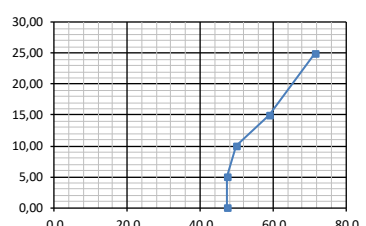
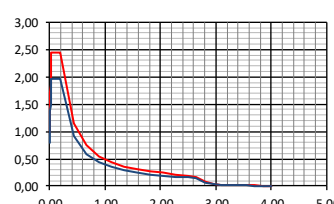
- Toiture non accessible : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Zone de bureaux et locaux de soins : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Chambres : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Hall, salles d'attente, circulations : 350 kg/m<sup>2</sup>
- SAS Ambulances : 500 kg/m<sup>2</sup>

Les interventions prévues dans le bâtiment existant rénové sont très limitées. Les catégories d'utilisation des locaux restent inchangés selon l'Eurocode 1, NF EN 191-1-1 (P06-111-1) en annexe Nationale (P06-111-2). Ainsi, les charges d'exploitation des locaux existants restent inchangées.

### III.5 - HYPOTHESES DU SITE

Zonage Neige / Vent / Séisme OUBATI (V3.2)	
<b>Désignation de la commune</b>	
Commune	<b>Saint-Chamond (42400)</b>
Département	<b>Loire (42)</b>
Canton	<b>Saint-Chamond (tous cantons)</b>
Altitude	<b>364,6m</b>



Caractéristiques locales																			
<b>Zonage neige (selon EC1-3)</b> Zone <b>A2</b>																			
→ Charge caractéristique	$S_k = 0,61$ kN/m <sup>2</sup>																		
→ Charge exceptionnelle	$S_{ad} = 1,00$ kN/m <sup>2</sup>																		
<b>Zonage vent (selon EC1-4)</b> Zone <b>2</b>																			
→ Vitesse de référence	$V_{b0} = 24$ m/s																		
→ Pression dynamique de pointe (Terrain IIIb / $A_m = 364,6m$ )																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Z [m]</th> <th><math>Q_p</math> [daN/m<sup>2</sup>]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>47,5</td> </tr> <tr> <td>5,00</td> <td>47,5</td> </tr> <tr> <td>10,00</td> <td>49,8</td> </tr> <tr> <td>15,00</td> <td>59,0</td> </tr> <tr> <td>25,00</td> <td>71,3</td> </tr> </tbody> </table>	Z [m]	$Q_p$ [daN/m <sup>2</sup> ]	0,00	47,5	5,00	47,5	10,00	49,8	15,00	59,0	25,00	71,3							
Z [m]	$Q_p$ [daN/m <sup>2</sup> ]																		
0,00	47,5																		
5,00	47,5																		
10,00	49,8																		
15,00	59,0																		
25,00	71,3																		
→ Coefficient d'orientation $c_{dir} = 0.70$ sur $[10^\circ; 150^\circ]$																			
<b>Zonage séisme (selon EC8)</b> Zone <b>2</b>																			
→ Accélération nominale $a_{gr} = 0,70$ m/s <sup>2</sup>																			
→ Tracé du spectre à 5% (Sol type A / Catégorie IV)																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>a_H</math></th> <th><math>a_V</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\gamma_I</math></td> <td>1,40</td> <td>0,80</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>1,00</td> <td>(<math>a_v/a_g</math>)</td> </tr> <tr> <td><math>T_B</math></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> </tr> <tr> <td><math>T_C</math></td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td><math>T_D</math></td> <td>2,50</td> <td>2,50</td> </tr> </tbody> </table>		$a_H$	$a_V$	$\gamma_I$	1,40	0,80	S	1,00	( $a_v/a_g$ )	$T_B$	0,03	0,03	$T_C$	0,20	0,20	$T_D$	2,50	2,50	
	$a_H$	$a_V$																	
$\gamma_I$	1,40	0,80																	
S	1,00	( $a_v/a_g$ )																	
$T_B$	0,03	0,03																	
$T_C$	0,20	0,20																	
$T_D$	2,50	2,50																	

### III.5.1 - NEIGE

Les hypothèses à prendre en compte sont les suivantes (NF-EN 1991-1-3/NA)

- Région : A2
- Pression caractéristique  $S_k$  : 48 kg/m<sup>2</sup>
- Pression exceptionnelle  $S_{Ad}$  : 100 kg/m<sup>2</sup>



Pour les bâtiments dont l'altitude est inférieure à 1000m, la neige n'intervient ni dans la masse excitée ni dans les combinaisons d'actions pour le calcul sismique ( $\psi_2 = 0$ , EN 1990- Annexe A1 art. A1.2.2)

### III.5.2 - VENT

Les hypothèses à prendre en compte sont les suivantes (NF-EN 1991-1-4/ NA):

- Zone de vent : 2
- Vitesse de base : 24 m/s
- Coefficient de direction : 1 ( $10^\circ - 150^\circ : c_{dir} = 0.70$ )
- Coefficient de saison : 1 (Avril – Septembre :0,9)
- Rugosité du terrain : IIIb (Zones urbanisées ou industrielles)

Les charges dues au vent n'interviennent pas dans les combinaisons d'actions pour le calcul sismique. ( $\psi_2 = 0$ , EN 1990- Annexe A1 art. A1.2.2)

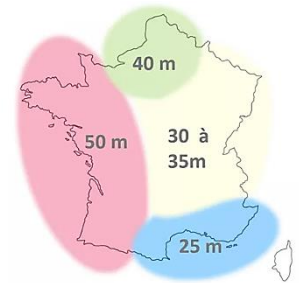
### III.5.3 - EFFET DU RETRAIT ET DES VARIATIONS DE TEMPERATURE

Conformément à la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale, les effets du retrait et de variations de températures ne sont pas pris en compte dans les calculs pour les blocs dont la distance entre joint **ne dépasse pas 35m**. (dans les régions de L'Est, les Alpes et le Massif Central)

Dans le cas contraire, ces effets sont pris en compte en considérant **une humidité ambiante (RH) de 55%**.

La largeur de ces joints doit permettre la libre dilatation des blocs et doit être telle qu'en cas de séisme les blocs ne s'entrechoquent pas entre eux.

Nous prendrons comme hypothèse, une largeur de joint de 4 cm minimum.



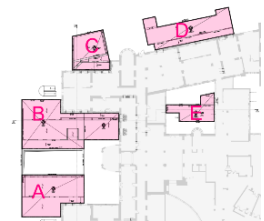
### III.6 - FEU

- La structure des bâtiments devra présenter une stabilité au feu de degré SF 1 heure.

### III.7 - HYPOTHESES DU SOL

D'après le rapport d'étude géotechnique Mission G2 PRO élaboré par DMTR Bourgogne transmis le 16/12/2024, le bâtiment sera fondé sur **Fondations profondes de type pieux et micropieux**.

L'extension dans la zone du patio centrale sera fondé par micropieux.

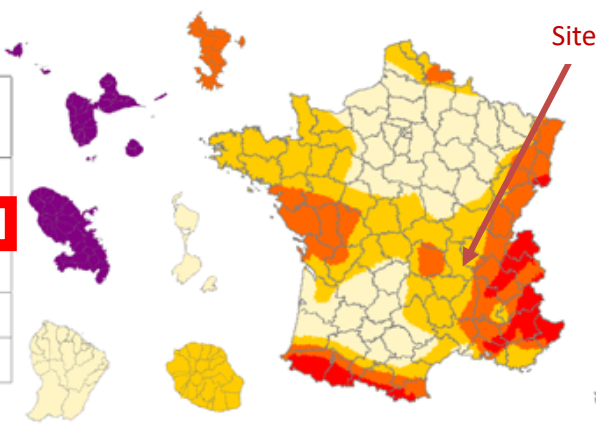


### III.8 - HYPOTHESES SISMQUES

D'après le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune de Saint-Chamond (42) est située en **zone de sismicité faible (2)**.



Zone de sismicité	Niveau d'aléa	$a_{gr}(m/s^2)$
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3



D'après l'arrêté de 15 septembre 2014 modifiant 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 », le bâtiment est classé en **catégorie d'importance IV**.

D'après 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 normale », le projet neuf fait l'objet de l'application de la norme NF EN 1998.

Le bâtiment étant en zone de sismicité 2 et en catégorie d'importance IV, nous appliquerons le dimensionnement sismique pour la ductilité moyenne (DCM) (NF EN 1998- § 5.2.1), avec un coefficient de comportement  $q=1,5$ .

Extrait tableau du livre « le projet de construction parasismique » Ed Eyrolles, 2019 :

Zone de sismicité $a_{gR}$	Catégorie d'importance			
	I $\gamma_I = 0,8$	II $\gamma_{II} = 1,0$	III $\gamma_{III} = 1,2$	IV $\gamma_{IV} = 1,4$
1 Très faible	Pas d'exigence règlementaire Eurocode 8 Application de l'Eurocode 2			
2 Faible $a_{gR} = 0,7 \text{ m/s}^2$				
3 Modérée $a_{gR} = 1,1 \text{ m/s}^2$	DCL applicable Conditions (B)		DCL applicable Conditions (A)	
4 Moyenne $a_{gR} = 1,6 \text{ m/s}^2$				
5 Forte $a_{gR} = 3,0 \text{ m/s}^2$	Utilisation de la classe DCM			

Les tableaux ci-dessous récapitulent les données et valeurs prises en compte

Zone de sismicité	Faible (2)	(Décret n° 2010-1255)
Catégorie d'importance	IV	(Arrêté du 22 Octobre 2010)
Classe de sol	A	(Rapport géotechnique)
Classe de ductilité	DCM	(article 5.3.1 de l'annexe nationale en Cat II zone 3)

Les valeurs numériques suivantes peuvent être retenues pour la détermination de la forme du spectre de réponse élastique :

Coefficient d'importance : $\gamma_1$	1,4	(NF EN 1998- § 4.2.5. (5) P, Arrêté 22/10/2010-art2.III)
Accélération maximale de référence : $a_{gR}$	0,70	(NF EN 1998, Arrêté 22/10/2010-art4.II)
Accélération horizontale de calcul : $a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$	0,98	(NF EN 1998, Arrêté 22/10/2010-art4. II. d)
Paramètre de sol : S	1	(NF EN 1998, Arrêté 22/10/2010-art4. II. e)
Paramètre des spectres de réponse élastique horizontaux	$T_B$   0,03	

	$T_C$	0,2	
	$T_D$	2,50	
Coefficient de comportement (valeur min) : $q$		1,5	(NF EN 1998- § 5.2.2.2 et 5.3.3)
Coefficient de réduction appliqué à l'action sismique : $v$		0,4	(Arrêté 22/10/2010-art. IV)

### III.9 - EVALUATION DE L'INCIDENCE DE TRAVAUX SUR LA VULNERABILITE AU SEISME DU BATIMENT EXISTANT

#### III.9.1 - CONTEXTE STRUCTUREL DU BATIMENT EXISTANT

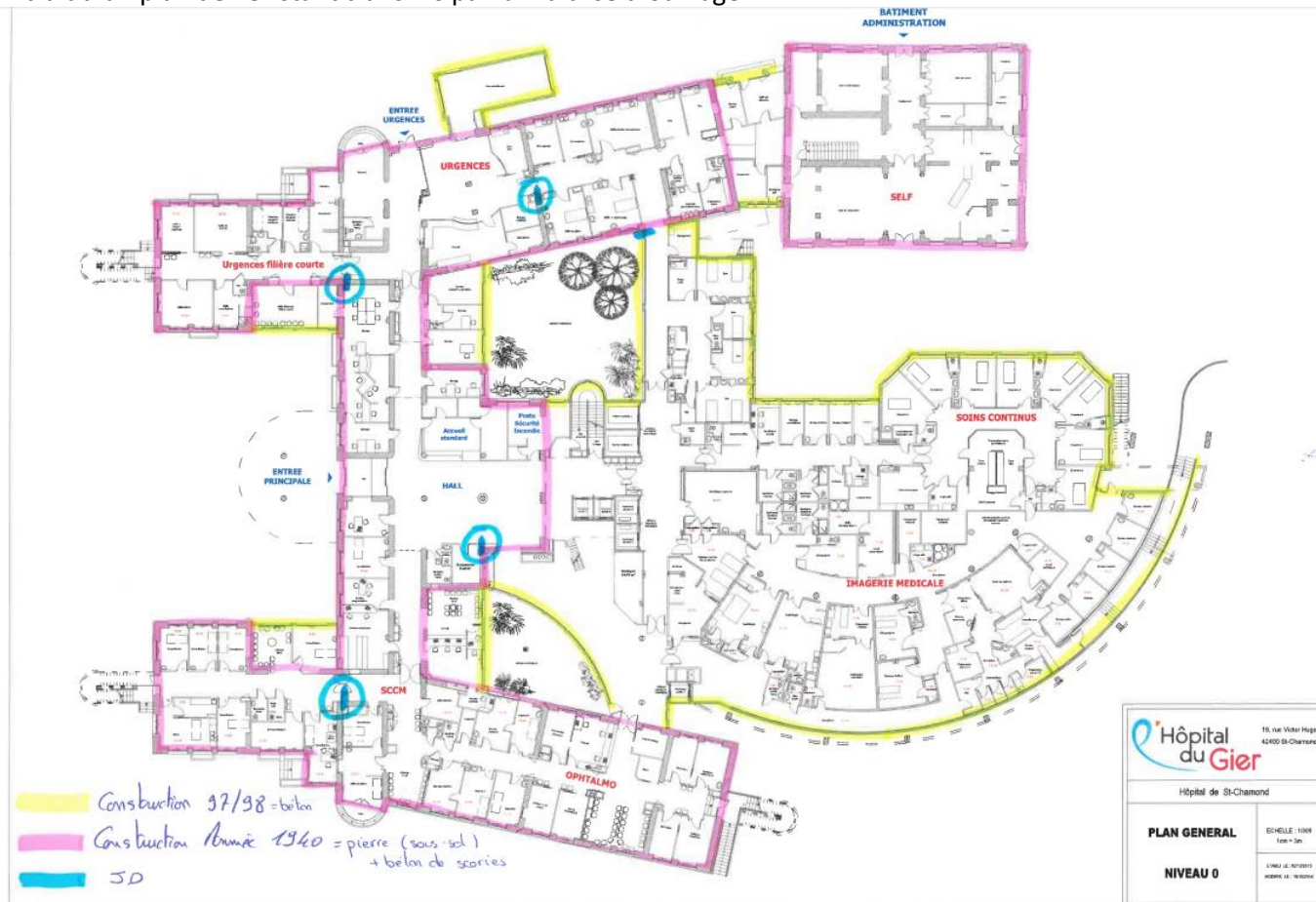
Le bâtiment existant s'élève sur 3 et 5 niveaux suivant les zones. Avec un sous-sol commun sur l'ensemble de l'emprise bâtie.



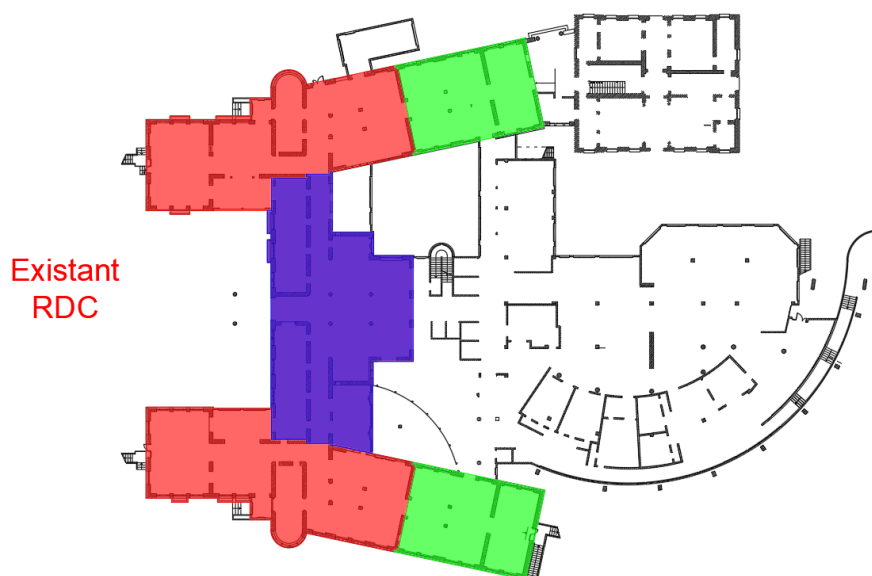
Le bâtiment a été construit en deux époques distinctes, une partie construite dans les années 40s et extension datant des années 97/98.

- La partie de bâtiment datant de 1940 (le H) est composée d'une base en pierre (visible au sous-sol) surmonté, dans les étages, de béton de scories
- Les travaux d'extension de 1997 ont été réalisés en béton armé.

Extrait d'un plan de l'existant transmis par la maîtrise d'ouvrage :



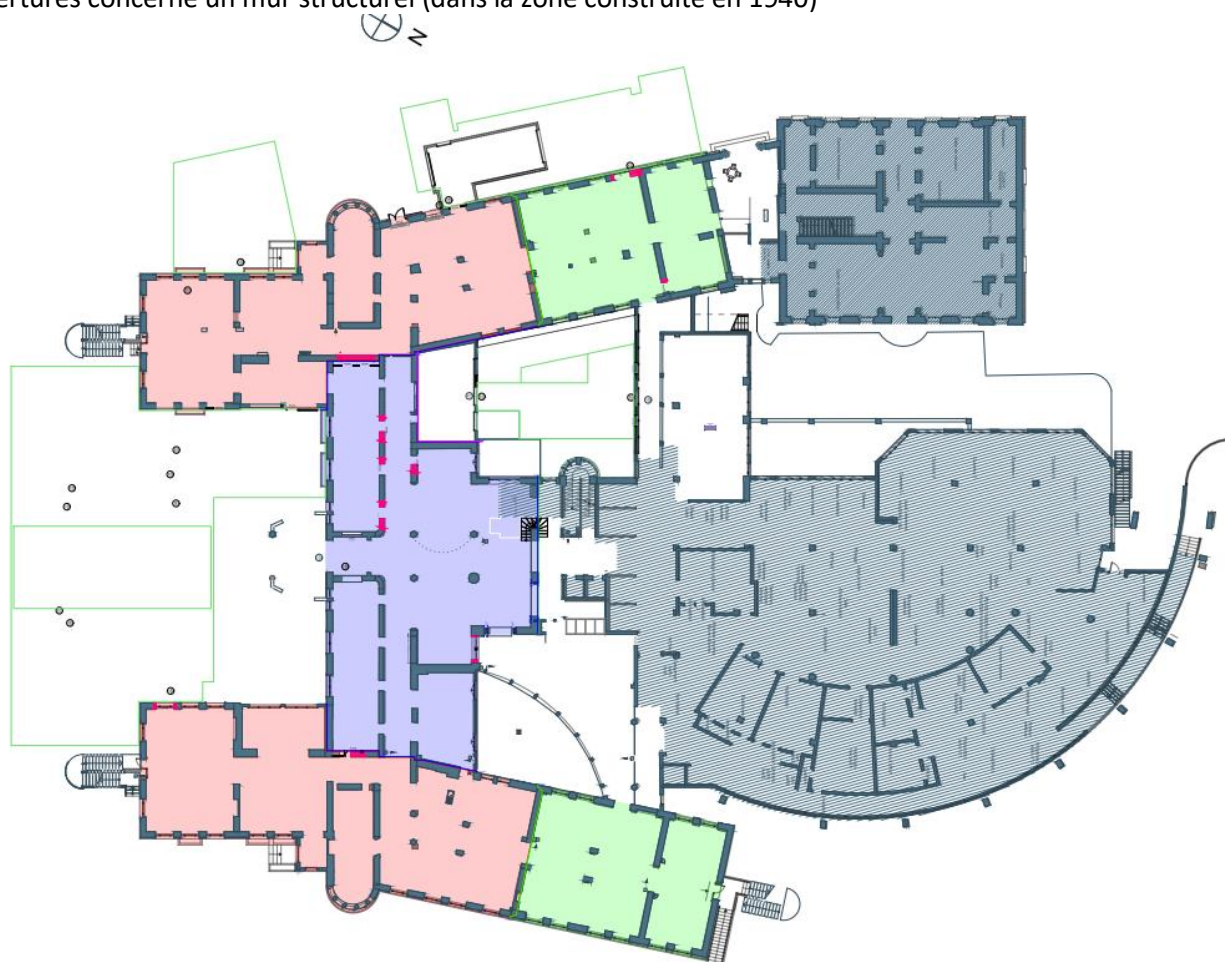
Nous avons réussi, grâce aux plans des états des lieux et au repérage fourni ci-dessus par la maîtrise d'ouvrage, à identifier les blocs existants ainsi que la position des JD dans la zone d'intervention structurelle (zone principalement construite dans les années 40).



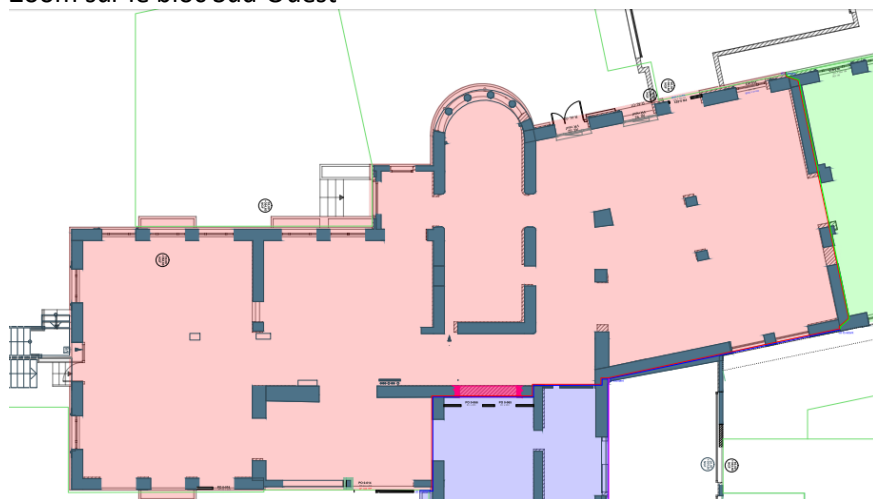


### III.9.2 - INTERVENTIONS PROJET

Le projet prévoit l'élargissement de quelques ouvertures existantes, la démolition d'allèges pour la création de portes ou de circulations, ainsi que la création de deux ouvertures dans des murs pleins. Une seule de ces ouvertures concerne un mur structurel (dans la zone construite en 1940)



Zoom sur le bloc Sud-Ouest



Nous pouvons constater que la seule zone concernée par une ouverture dans un linéaire de voile se situe dans le bloc rose en haut du plan (bloc S-O). Les autres interventions dans les élévations concernent principalement des élargissements d'ouvertures, lesquels, sont très limités et d'un point de vue sismique, ne réduisent pas significativement l'inertie horizontale du mur.

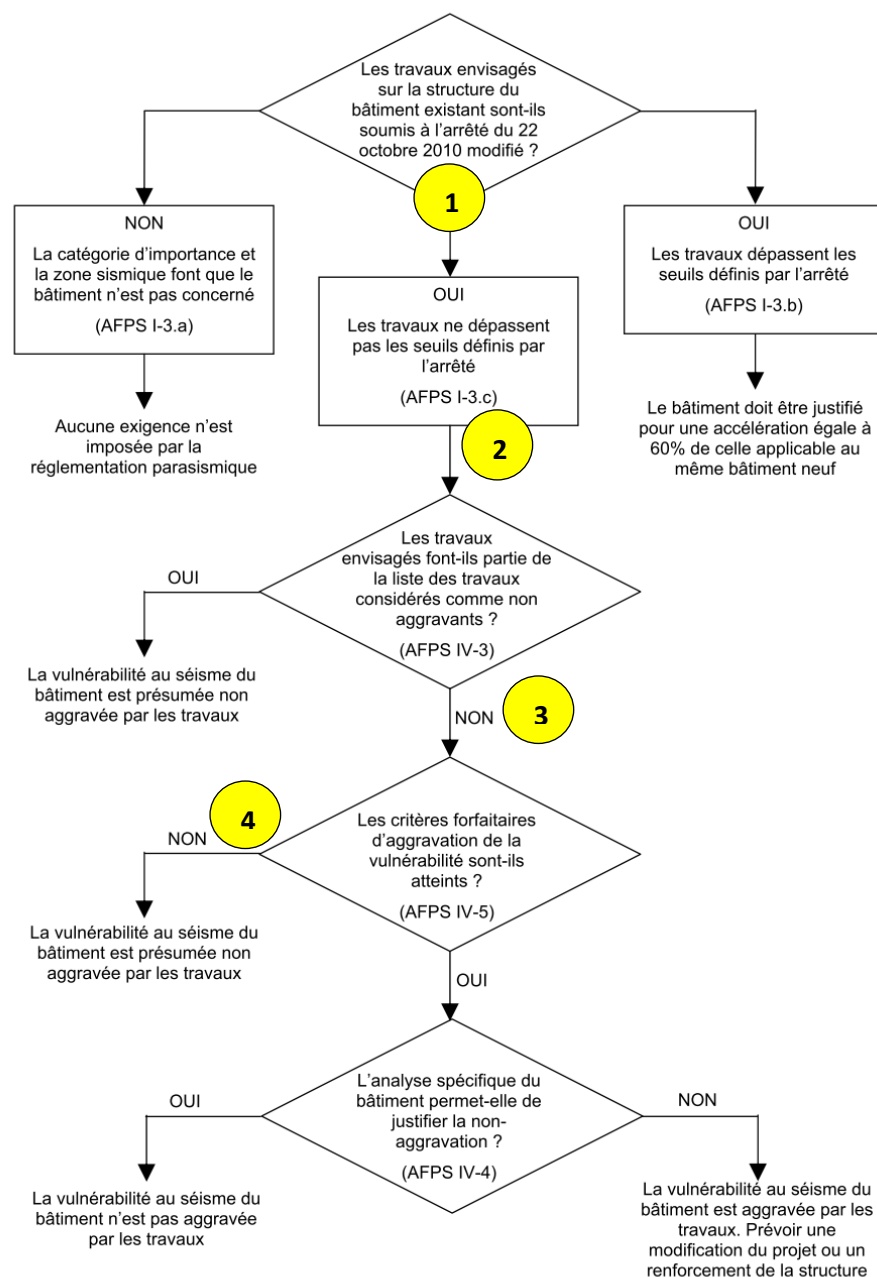
### III.9.3 - SISMICITE

Comme indiqué précédemment, il s'agit d'un projet en zone sismique faible (Zone II) et en catégorie d'importance IV.

Le projet existant ayant été construit avant la mise en application de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié sur la construction parasismique, le bâtiment n'a pas fait l'objet d'une vérification parasismique.

Ci-dessous des extraits du APFS, cahier technique N°35 « évaluation de l'incidence de travaux sur la vulnérabilité au séisme d'un bâtiment existant »

**Logigramme : évaluation de l'aggravation de la vulnérabilité sismique**



AFPS - Grille analyse vulnérabilité (2014-04).docx

31/59

- 1) Oui, les travaux envisagés sur la structure du bâtiment sont soumis à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié du fait qu'il s'agit de travaux dans un bâtiment de catégorie IV en zone de sismicité 2.

Dans ces conditions, sont concernés par cette clause les travaux dans les bâtiments existants des catégories II, III et IV dans les zones de sismicité 2, 3, 4 et 5, selon les combinaisons définies dans le tableau ci-dessous (identique à celui applicable pour les bâtiments neufs) :

		Catégorie de bâtiment			
		I	II	III	IV
Zone sismique	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

**Non-aggravation  
demandée**

Tableau I-3 : Application de la clause de non-aggravation de la vulnérabilité lors de travaux en fonction de la zone sismique et de la catégorie d'importance

- 2) Oui, les travaux ne dépassent pas les seuils définis par l'arrêté. (Page 13)

Zone de sismicité	Catégorie d'importance III		Catégorie d'importance IV	
	$a_g$	Travaux concernés	$a_g$	Travaux concernés
2			0,59 m/s <sup>2</sup>	Augmentation surface de plancher 30% Suppression 30%du plancher à un niveau
3	0,79 m/s <sup>2</sup>	Augmentation surface de plancher 30% Suppression 30%du plancher à un niveau	0,92 m/s <sup>2</sup>	Augmentation surface de plancher 30% Suppression 30%du plancher à un niveau
4	1,15 m/s <sup>2</sup>	Augmentation surface de plancher 20% Suppression 30%du plancher à un niveau Suppression contreventement 20% Equipements lourds en toiture	1,34 m/s <sup>2</sup>	Augmentation surface de plancher 20% Suppression 30%du plancher à un niveau Suppression contreventement 20% Equipements lourds en toiture
5	2,16 m/s <sup>2</sup>	Augmentation surface de plancher 20% Suppression 30%du plancher à un niveau Suppression contreventement 20% Equipements lourds en toiture	2,52 m/s <sup>2</sup>	Augmentation surface de plancher 20% Suppression 30%du plancher à un niveau Suppression contreventement 20% Equipements lourds en toiture

Tableau I-4-b : Seuils de travaux en fonction de la zone de sismicité pour les bâtiments des catégories d'importance III et IV

- 3) Les travaux envisagés ne font pas partie de la liste des travaux considérés comme non aggravants.
- Travaux non aggravants :
- Entretien / réparation / remplacement. (NC)
  - Intervention dans les murs en maçonnerie ou en béton (la longueur cumulée des ouvertures créées ne dépasse pas 5% de la longueur cumulée de tous les murs du bâtiment dans la direction considérée). (Dépassement du linéaire pour le bloc au S-O (Linéaire cumulé des murs= 41ml dans sens X. Linéaire d'ouverture=2.7ml. Longueur d'ouverture environ 6.5% des linéaire des murs, donc dépassement de la limite de 5% !)
  - Interventions dans les planchers. (NC)
  - Création des balcons. (NC)
  - Création d'une véranda. (NC)
  - Allègement réparti du bâtiment. (NC)

4) Les valeurs forfaitaires d'aggravation de la vulnérabilité sismique ne sont pas atteintes.

Critères :

**c - Modification des raideurs**

Comme pour les masses, on peut établir une courbe-type définie par les conditions suivantes, pour les **bâtiments au moins R+2** (3 niveaux et plus) :

- premier niveau : diminution de la raideur du niveau limitée à 5%
- deuxième niveau : diminution de la raideur du niveau limitée à 25%
- autres niveaux : diminution de la raideur du niveau limitée à 33%

**Bâtiments R+1 :**

- dernier niveau : diminution de la raideur de ce niveau limitée à 33%
- rez-de-chaussée : diminution de la raideur du niveau limitée à 5%

**Bâtiments R+0 :**

- rez-de-chaussée : diminution de la raideur limitée à 5%

Pour les bâtiments au moins R+1, une augmentation de la raideur à un niveau est aggravante si elle conduit à augmenter de plus de 20% l'écart avec la raideur des étages adjacents.

Étant donné que nous sommes au deuxième niveau (le premier niveau sismique étant le SS), la modification des raideurs est limitée à 25 % de la raideur du bloc. Avec un linéaire correspondant à 6,5 % du linéaire des murs en place dans le sens parallèle au mur plein concerné par l'ouverture, la diminution de raideur dans le bloc sud-ouest ne dépassera pas la raideur limite fixée par l'AFPS.

**Nous pouvons conclure que la vulnérabilité sismique du bâtiment existant n'est pas aggravée par les travaux.**

### **III.10 - COMBINAISONS DES EFFETS DES COMPOSANTES DE L'ACTION SISMIQUE – BATIMENTS NEUFS**

#### **III.10.1 - COMPOSANTE HORIZONTALES DE L'ACTION SISMIQUE**

Les effets de l'action dus à la combinaison des composantes horizontales de l'action sismique seront calculés en utilisant les formules de Newmark :

$$E_{Edx} \ll + \gg 0,30 E_{Edy}$$
$$0,30 E_{Edx} \ll + \gg E_{Edy}$$

$E_{Edx}$  : les efforts de l'action sismique le long de l'axe horizontale x

$E_{Edy}$  : les efforts de l'action sismique le long de l'axe horizontale y

#### **III.10.2 - COMPOSANTE VERTICALE DE L'ACTION SISMIQUE**

Si  $a_{vg}$  est supérieur à 0,25 g (2,5m/s<sup>2</sup>), il convient de prendre en compte la composante verticale de l'action sismique pour certains éléments. (EN 1998-1 :2004 ; §4.3.3.5.2)

$$a_{vg}=0,9 \times a_g = 1,4 \times 0,7 = 0,98\text{m/s}^2 < 2,5\text{m/s}^2$$

**La composante verticale sera négligée.**

#### **III.10.3 - COEFFICIENT DE COMBINAISON POUR LES ACTIONS VARIABLES**

Les effets d'inertie de l'action sismique de calcul doivent être évalués en comptant toutes les masses présentes dans la structure au moment du séisme et qui vont osciller avec celui-ci.



$$\sum G_{k,j}'' + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad \dots (3.17)$$

Avec

$$\psi_{Ei} = \varphi \cdot \psi_{2i} \quad \dots (4.2)$$

**Tableau A1.1 — Valeurs recommandées des coefficients  $\psi$  pour les bâtiments**

Action	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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 $\leq 30$ 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) <sup>a)</sup> :			
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 $\psi$ peuvent être données dans l'Annexe Nationale.			
a) Pour des pays non mentionnés dans ce qui suit, se référer aux conditions locales appropriées.			

**Tableau 4.2 — Valeurs de  $\varphi$  pour le calcul de  $\psi_{Ei}$**

Type d'action variable	Étage	$\varphi$
Catégories A à C*	Toit	1,0
	Étages à occupations corrélées	0,8
	Étages à occupations indépendantes	0,5
Catégories D à F <sup>*)</sup> et archives		1,0
*) Catégories définies dans l'EN 1991-1-1:2002.		

Les étages sont considérés comme « **étages à occupations corrélées** ».

Le coefficient de combinaison  $\psi_{Ei} = 0,8 \times 0,3 = 0,24$

### III.10.4 - COMBINAISONS D'ACTIONS

**Tableau 1 : Description des combinaisons d'actions**

Description des combinaisons			
N°	Nom	Détails	Code
102	1x[3 EX]+0.3x[4 EY]	1.00*3 + 0.30*4	ECE
103	1x[3 EX]-0.3x[4 EY]	1.00*3 - 0.30*4	ECE
105	0.3x[3 EX]+1x[4 EY]	0.30*3 + 1.00*4	ECE
106	-0.3x[3 EX]+1x[4 EY]	-0,3*3 + 1*4	ECE
107	1.35x[1 G]	1.35*1	ECELUSTR
108	1.35x[1 G]+1.5x[2 Q]	1.35*1 + 1.50*2	ECELUSTR
111	1x[1 G]+1x[102 COMB]	1.00*1 + 1.00*102	ECELUS

112	1x[1 G]+1x[103 COMB]	$1.00*1 + 1.00*103$	ECELUS
113	1x[1 G]+1x[105 COMB]	$1.00*1 + 1.00*105$	ECELUS
114	1x[1 G]+1x[106 COMB]	$1.00*1 + 1.00*106$	ECELUS
117	1x[1 G]+1x[102 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 + 1.00*102 + 0.30*2$	ECELUS
118	1x[1 G]+1x[103 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 + 1.00*103 + 0.30*2$	ECELUS
119	1x[1 G]+1x[105 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 + 1.00*105 + 0.30*2$	ECELUS
120	1x[1 G]+1x[106 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 + 1.00*106 + 0.30*2$	ECELUS
123	1x[1 G]-1x[102 COMB]	$1.00*1 - 1.00*102$	ECELUS
124	1x[1 G]-1x[103 COMB]	$1.00*1 - 1.00*103$	ECELUS
125	1x[1 G]-1x[105 COMB]	$1.00*1 - 1.00*105$	ECELUS
126	1x[1 G]-1x[106 COMB]	$1.00*1 - 1.00*106$	ECELUS
129	1x[1 G]-1x[102 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 - 1.00*102 + 0.30*2$	ECELUS
130	1x[1 G]-1x[103 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 - 1.00*103 + 0.30*2$	ECELUS
131	1x[1 G]-1x[105 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 - 1.00*105 + 0.30*2$	ECELUS
132	1x[1 G]-1x[106 COMB]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 - 1.00*106 + 0.30*2$	ECELUS
133	1x[1 G]	$1.00*1$	ECELSCQ
134	1x[1 G]+1x[2 Q]	$1.00*1 + 1.00*2$	ECELSCQ
135	1x[1 G]	$1.00*1$	ECELSQP
136	1x[1 G]+0.3x[2 Q]	$1.00*1 + 0.30*2$	ECELSQP

### III.11 - ANALYSE MODALE

#### III.11.1 - PRINCIPE DE MODELISATION

Les blocs seront modélisés sous la forme d'un système élastique tridimensionnel en vue d'une analyse modale spectrale.

Les voiles, considérés comme éléments principaux, assurent le contreventement de la structure.

Les planchers jouent le rôle de diaphragmes permettant de distribuer les efforts horizontaux aux éléments de contreventement au prorata des raideurs de ces éléments.

Les planchers et les voiles BA seront modélisés par des surfaciques encastrée sur les 4 bords

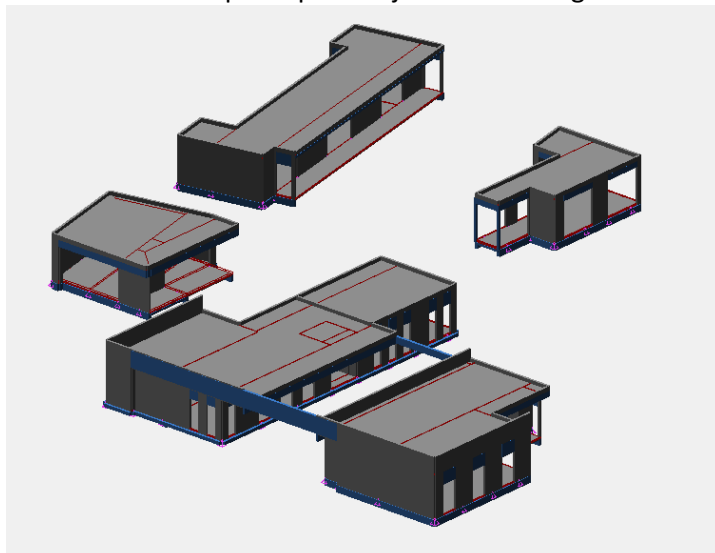
Les poteaux et poutres seront considérés comme éléments secondaires au séisme, vérification faite qu'ils ne contribuent pas à la résistance aux actions sismiques. Les poteaux seront articulés en pied et en tête.

La masse des fondations ne sera pas prise en compte pour le calcul de masse participante.

Les fondations (pieux ou micropieux) seront modélisées par des appuis linéaire et ponctuelles rigides.

Les bâtiments neuf sont séparés en plusieurs blocs avec des longueurs qui ne dépassassent pas les 35 ml.

Les blocs ont été séparés par des joints d'une largeur de 4 cm minimum contre le bâtiment existant.



### III.11.2 - GRANDEUR DES MODES PROPRES

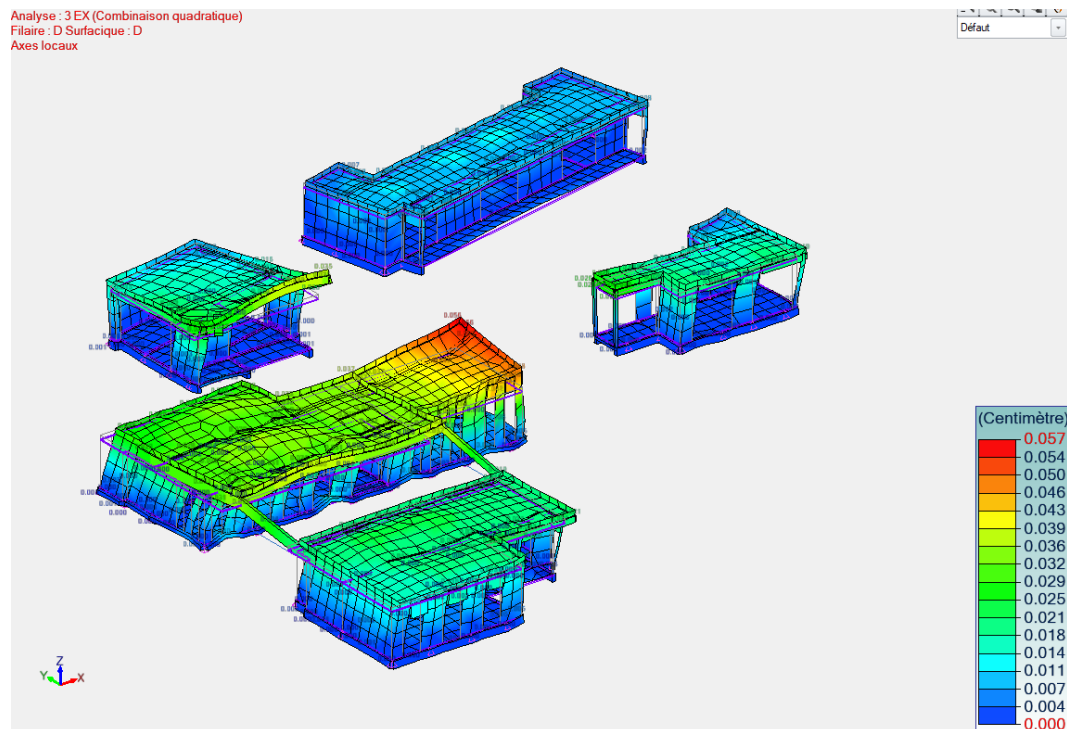
Valeurs modales							
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales		Amortisse- ment (%)
					X kg (%)	Y kg (%)	
1	46.05	0.1	7.33	1060.41	93 ( 0.00)	56389 ( 2.85)	5
2	46.36	0.1	7.38	1074.53	25 ( 0.00)	6756 ( 0.34)	5
3	50.42	0.1	8.03	1271.25	1 ( 0.00)	14 ( 0.00)	5
4	54.55	0.1	8.68	1487.66	46152 ( 2.34)	140743 ( 7.13)	5
5	57.21	0.1	9.11	1636.67	117 ( 0.01)	0 ( 0.00)	5
6	59.32	0.1	9.44	1759.35	2028 ( 0.10)	4368 ( 0.22)	5
7	61.54	0.1	9.79	1893.79	826 ( 0.04)	7502 ( 0.38)	5
8	62.48	0.1	9.94	1952.06	221 ( 0.01)	5838 ( 0.30)	5
9	62.80	0.1	9.99	1971.94	33 ( 0.00)	359 ( 0.02)	5
10	63.32	0.1	10.08	2004.82	106 ( 0.01)	688 ( 0.03)	5
11	65.18	0.1	10.37	2124.12	307896 ( 15.59)	51122 ( 2.59)	5
12	66.47	0.1	10.58	2209.04	3444 ( 0.17)	33613 ( 1.70)	5
13	66.55	0.1	10.59	2214.38	37 ( 0.00)	295 ( 0.01)	5
14	67.24	0.1	10.70	2260.71	1020 ( 0.05)	1044 ( 0.05)	5
15	69.89	0.1	11.12	2442.24	15439 ( 0.78)	3668 ( 0.19)	5
16	73.92	0.1	11.76	2731.85	792 ( 0.04)	55 ( 0.00)	5
17	74.17	0.1	11.80	2750.69	6469 ( 0.33)	151987 ( 7.69)	5
18	76.66	0.1	12.20	2938.12	64136 ( 3.25)	19473 ( 0.99)	5
19	77.58	0.1	12.35	3009.44	32 ( 0.00)	37 ( 0.00)	5
20	78.13	0.1	12.44	3052.36	34 ( 0.00)	301 ( 0.02)	5
21	78.75	0.1	12.53	3100.94	472 ( 0.02)	570 ( 0.03)	5
22	79.60	0.1	12.67	3168.45	603 ( 0.03)	1625 ( 0.08)	5
23	81.31	0.1	12.94	3305.86	5705 ( 0.29)	754 ( 0.04)	5
24	82.65	0.1	13.15	3415.81	3621 ( 0.18)	1168 ( 0.06)	5
25	82.77	0.1	13.17	3425.75	3 ( 0.00)	25 ( 0.00)	5
26	84.19	0.1	13.40	3544.32	81772 ( 4.14)	12315 ( 0.62)	5
27	85.85	0.1	13.66	3685.52	141016 ( 7.14)	47791 ( 2.42)	5
28	86.44	0.1	13.76	3736.23	545 ( 0.03)	2 ( 0.00)	5
29	87.13	0.1	13.87	3795.85	50598 ( 2.56)	9676 ( 0.49)	5
30	88.64	0.1	14.11	3928.32	3088 ( 0.16)	6 ( 0.00)	5
31	89.54	0.1	14.25	4008.94	1145 ( 0.06)	96 ( 0.00)	5
32	90.29	0.1	14.37	4076.59	22543 ( 1.14)	71391 ( 3.61)	5
33	91.11	0.1	14.50	4150.23	114 ( 0.01)	18 ( 0.00)	5
34	92.59	0.1	14.74	4286.22	7120 ( 0.36)	48114 ( 2.44)	5
35	92.97	0.1	14.80	4321.76	13470 ( 0.68)	258343 ( 13.08)	5
36	95.07	0.1	15.13	4518.90	3082 ( 0.16)	594 ( 0.03)	5
37	95.92	0.1	15.27	4600.53	14 ( 0.00)	9346 ( 0.47)	5
38	97.83	0.1	15.57	4785.72	799 ( 0.04)	2704 ( 0.14)	5
39	98.65	0.1	15.70	4865.48	16292 ( 0.82)	7020 ( 0.36)	5
40	100.15	0.1	15.94	5015.28	7026 ( 0.36)	1811 ( 0.09)	5
41	101.93	0.1	16.22	5194.52	932 ( 0.05)	2325 ( 0.12)	5
42	104.00	0.1	16.55	5408.12	90 ( 0.00)	1535 ( 0.08)	5
43	106.33	0.1	16.92	5653.00	8347 ( 0.42)	10024 ( 0.51)	5
44	106.66	0.1	16.98	5688.35	20433 ( 1.03)	6105 ( 0.31)	5
45	107.21	0.1	17.06	5746.71	10 ( 0.00)	234 ( 0.01)	5
46	111.52	0.1	17.75	6218.24	35 ( 0.00)	849 ( 0.04)	5
47	112.17	0.1	17.85	6291.04	36 ( 0.00)	1243 ( 0.06)	5
48	113.23	0.1	18.02	6410.22	2758 ( 0.14)	529 ( 0.03)	5
49	120.01	0.1	19.10	7200.92	1371 ( 0.07)	55 ( 0.00)	5
50	123.41	0.1	19.64	7615.04	360 ( 0.02)	7207 ( 0.36)	5
51	125.88	0.0	20.03	7922.87	1623 ( 0.08)	172 ( 0.01)	5
52	130.24	0.0	20.73	8480.69	5124 ( 0.26)	128 ( 0.01)	5
53	131.21	0.0	20.88	8608.33	108840 ( 5.51)	8134 ( 0.41)	5
54	135.73	0.0	21.60	9210.82	27790 ( 1.41)	322 ( 0.02)	5
55	139.24	0.0	22.16	9693.27	5946 ( 0.30)	3080 ( 0.16)	5
56	144.21	0.0	22.95	10398.12	4215 ( 0.21)	2020 ( 0.10)	5
57	145.85	0.0	23.21	10635.39	733 ( 0.04)	8231 ( 0.42)	5
58	153.05	0.0	24.36	11711.68	39575 ( 2.00)	1912 ( 0.10)	5
59	154.29	0.0	24.56	11902.65	385 ( 0.02)	8258 ( 0.42)	5
60	159.44	0.0	25.38	12711.35	169 ( 0.01)	3605 ( 0.18)	5
61	174.98	0.0	27.85	15308.61	1487 ( 0.08)	1534 ( 0.08)	5
62	177.13	0.0	28.19	15686.81	253 ( 0.01)	2974 ( 0.15)	5

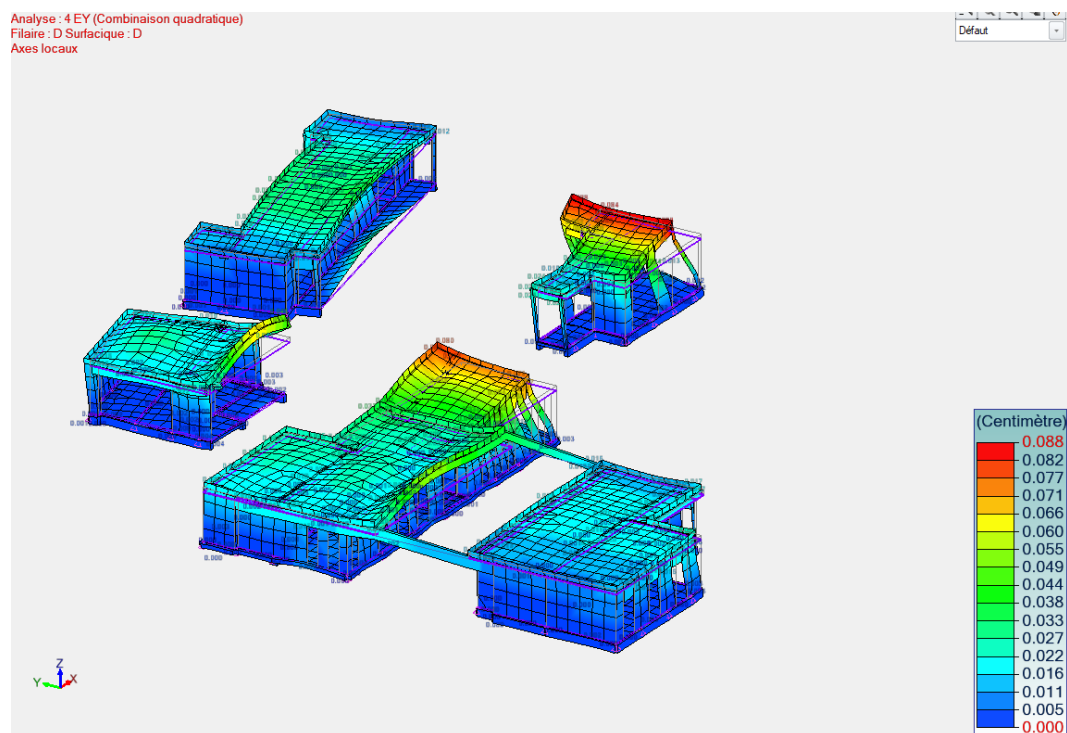
Valeurs modales							
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales		Amortisse- ment (%)
					X kg (%)	Y kg (%)	
63	183.71	0.0	29.24	16874.83	13518 ( 0.68)	954 ( 0.05)	5
64	193.29	0.0	30.76	18679.72	24257 ( 1.23)	2231 ( 0.11)	5
65	201.78	0.0	32.11	20358.19	779 ( 0.04)	51 ( 0.00)	5
66	210.45	0.0	33.49	22143.59	3536 ( 0.18)	23105 ( 1.17)	5
67	224.25	0.0	35.69	25143.50	13418 ( 0.68)	2018 ( 0.10)	5
68	236.26	0.0	37.60	27908.80	2550 ( 0.13)	30848 ( 1.56)	5
69	237.61	0.0	37.82	28229.23	67 ( 0.00)	2530 ( 0.13)	5
70	279.04	0.0	44.41	38932.11	165 ( 0.01)	20781 ( 1.05)	5
71	280.08	0.0	44.58	39223.52	2884 ( 0.15)	3045 ( 0.15)	5
72	285.10	0.0	45.38	40640.87	5281 ( 0.27)	710 ( 0.04)	5
73	351.53	0.0	55.95	61788.40	1184 ( 0.06)	2547 ( 0.13)	5
74	362.66	0.0	57.72	65760.03	406 ( 0.02)	21587 ( 1.09)	5
75	373.27	0.0	59.41	69663.46	11756 ( 0.60)	834 ( 0.04)	5
76	477.44	0.0	75.99	113975.52	218 ( 0.01)	380 ( 0.02)	5
77	549.51	0.0	87.46	150981.19	215108 ( 10.89)	3201 ( 0.16)	5
78	577.82	0.0	91.96	166940.79	8192 ( 0.41)	410073 ( 20.76)	5
79	675.62	0.0	107.53	228232.19	2045 ( 0.10)	817 ( 0.04)	5
80	720.19	0.0	114.62	259334.95	432452 ( 21.89)	11958 ( 0.61)	5
81	756.45	0.0	120.39	286105.25	4937 ( 0.25)	327669 ( 16.59)	5
82	1363.06	0.0	216.94	928972.86	161617 ( 8.18)	120 ( 0.01)	5
<b>Total</b>				<b>2925167.86</b>	<b>1942810 ( 98.36)</b>	<b>1893555 ( 95.86)</b>	

La masse totale vibrante (hors mode résiduel) atteint 96% de la masse totale selon X et 92% de la masse totale selon Y.

Les dispositions de l'Eurocode 8 §4.3.3.3.1 (90% de la masse totale excitée) sont atteintes.

### III.11.3 - DEPLACEMENTS DES BLOCS





La largeur du JD de 4cm est inférieure à la valeur du déplacement maximal en tête du bâtiment, la largeur 4cm est donc validé.

Les deux blocs A et B seront calculés liaisonnés et la poutre qui les relie devra être dimensionnée pour reprendre les efforts sismiques transmis par les blocs.

### III.11.4 - EFFORTS SISMIQUES HORIZONTAUX SUR APPUIS

Les efforts horizontaux peuvent être répartis sur les points d'appui au prorata de leur diamètre.

Les sommes des actions appuis selon les cas de charge élémentaires sont les suivantes :

Somme des actions aux appuis et blocages des noeuds (repère global)											Ratio surfacique charges	
Bâtiment	Cas	Centre de poussée			Forces résultantes			Moments résultants				
N°	N°	X (m)	Y (m)	Z (m)	FX(T)	FY(T)	FZ(T)	MX(T*m)	MY(T*m)	MZ(T*m)	202,7	Surface approx du bâtiment (m²)
A	1 G	12,68	226,04	0	0	0	-471,9	0	0	0		
	2 Q	12,66	225,91	0	0	0	-65,8	0	0	0		
	3 (CQC) EX	12,69	226,09	-0,92	23,4	10,3	2,3	41,57	77,74	23,22		
	4 (CQC) EY	12,69	226,09	-0,92	10,3	21,7	1,8	75,58	37,89	51,55		
	Masse modale total (G + 0,24Q)						487,692					
	Effort global du séisme selon X (F <sub>X<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				25,6		T					
	Effort global du séisme selon Y (F <sub>X<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				24,0		T					
	Résultante globale horizontale (newmark)				32,8		Soit		6,7%		de la masse modale du batiment	
(Avec prise en compte des charges du plancher porté-Fond)							Soit		6,9%		des charges permanentes	
B	1 G	16,43	246,31	0	0	0	-681,1	0	0	0	322,8	Surface approx du bâtiment (m²)
	2 Q	17,81	246,47	0	0	0	-104,9	0	0	0		
	3 (CQC) EX	16,41	246,29	-0,87	34,9	11,3	1,7	49,73	138,96	65,2		
	4 (CQC) EY	16,41	246,29	-0,87	11,3	25,9	3	88,12	52,73	183,95		
	Masse modale total (G + 0,24Q)						706,3					
	Effort global du séisme selon X (F <sub>X<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				36,7		T					
	Effort global du séisme selon Y (F <sub>X<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				28,3		T					
	Résultante globale horizontale (newmark)				45,2		Soit		6,4%			
							Soit		6,6%		des charges permanentes	
C	1 G	24,48	267,85	0	0	0	-264,6	0	0	0	115,8	Surface approx du bâtiment (m²)
	2 Q	24,49	267,7	0	0	0	-62,9	0	0	0		
	3 (CQC) EX	24,49	267,93	-1,06	9	4,8	1,3	12,47	28,7	34,76		
	4 (CQC) EY	24,49	267,93	-1,06	4,8	9,9	2,4	30,95	19,53	19,87		
	Masse modale total (G + 0,24Q)						279,7					
	Effort global du séisme selon X (F <sub>X<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				10,2		T					
	Effort global du séisme selon Y (F <sub>X<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				11,0		T					
	Résultante globale horizontale (newmark)				14,1		Soit		5,0%			
							Soit		5,3%		des charges permanentes	
D	1 G	53,15	274,42	0	0	0	-399,7	0	0	0	183,67	Surface approx du bâtiment (m²)
	2 Q	53,44	274,06	0	0	0	-62,6	0	0	0		
	3 (CQC) EX	53,17	274,39	-1,11	17,2	4,8	0,6	15,69	51,42	53,11		
	4 (CQC) EY	53,17	274,39	-1,11	4,8	16,6	1	52,55	15,85	13,8		
	Masse modale total (G + 0,24Q)						414,7					
	Effort global du séisme selon X (F <sub>X<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				17,9		T					
	Effort global du séisme selon Y (F <sub>X<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				17,3		T					
	Résultante globale horizontale (newmark)				23,0		Soit		5,6%			
							Soit		5,8%		des charges permanentes	
E	1 G	55,31	250,82	0	0	0	-160,6	0	0	0	75,9	Surface approx du bâtiment (m²)
	2 Q	55,49	250,63	0	0	0	-32,1	0	0	0		
	3 (CQC) EX	55,37	250,79	-1,05	6,5	2,5	0,5	9,64	23,84	16,55		
	4 (CQC) EY	55,37	250,79	-1,05	2,5	6,4	0,4	20,8	9,96	21,73		
	Masse modale total (G + 0,24Q)						168,3					
	Effort global du séisme selon X (F <sub>X<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EX</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				7,0		T					
	Effort global du séisme selon Y (F <sub>X<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> +F <sub>Y<sub>EY</sub></sub> <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup>				6,9		T					
	Résultante globale horizontale (newmark)				9,0		Soit		5,4%			
							Soit		5,6%		des charges permanentes	

Au globale, la résultante sismique horizontale est inférieure à 7% de la masse modale du bâtiment.