

Réalisation de l'extension GM3 du CHU de Clermont-Ferrand, restructuration des Urgences et désamiantage et restructuration du bâtiment HC

MAITRISE D'OUVRAGE :

CHU DE CLERMONT-FERRAND

Direction des Travaux de l'Environnement et de la Sécurité
58 Rue Montalembert
63003 Clermont-Ferrand

TEL : 04 73 75 07 50



CONTRÔLEUR TECHNIQUE

Bureau Veritas Construction - Région Auvergne

5 rue du Bois Joli CS90002 -
63800 Couron d'Auvergne

TEL : 04 73 14 37 50

COORDONNATEUR SPS

SOCOTEC Agence Construction & Immobilier Clermont-Ferrand

19 Av. Léonard de Vinci
63000 Clermont-Ferrand

TEL : 04 73 44 27 00



AMO BIM

BIM in Motion

Tour Pacific, 11 cours Valmy,
92800 Paris La Défense

TEL : 06 14 08 49 26

MAITRISE D'OEUVRE :

ARCHITECTES

Architecture Studio (mandataire)

10 rue Lacuée, 75012 Paris
Tél : 01 43 45 18 00

architecturestudio,

TEL : 01 43 45 18 00

BET Structure

ITC

9 rue Louis Rosier,
63063 Clermont-Ferrand



TEL : 04 73 26 58 58

BET Fluides

BET CHOLET

11 rue de la Gantière,
63 000 Clermont- Ferrand



TEL : 04 73 28 60 50

Economiste de la construction

ECO-CITES

9 b Rue Jules Cesar
75012 Paris

écocités,

TEL : 01 40 02 02 00

BET HQE

ADRET

837 Av. de Bruxelles,
83500 La Seyne-sur-Mer



TEL : 04 94 10 87 50

Acousticien

AVA

15 rue Fondary,
75015 Paris



TEL : 01 45 58 30 13

Flux et logistique

NS CONSEIL

3 boulevard de Stalingrad
92320 Chatillon



TEL : 09 80 49 68 75

SOUS-TRAITANTS :

ANTEA - PELAGOS - STUDIO FAHRENHEIT - REALIS OPC

NOTE DE CONFORTEMENT SISMIQUE Bâtiment HC

ECH. : sans	Date : Août 2025	Vérifié par : NP	Validé par : CR
-------------	------------------	------------------	-----------------

CLF8	DCE	114005	ITC	HC	NC	TN	-	GO	A
Affaire	Phase	Numéro	Emetteur	Bâtiment	Type	Niveau	Découpage	Discipline	Indice

TABLE DES MATIERES

1.	PRESENTATION GENERALE	3
1.1	Objet de la note.....	3
1.2	Description de l'ouvrage.....	3
1.3	Règlements et documents de calculs	4
2.	ANALYSE SISMIQUE PRELIMINAIRE DU BATIMENT HC	5
2.1	Analyse structurelle.....	5
2.2	Contraintes existantes.....	7
2.2.1	Documents de références	7
2.2.2	Renforcement de hna et hnb	9
2.2.3	Conclusion	12
3.	HYPOTHESES GENERALES	13
3.1	Caractéristiques des matériaux.....	13
3.1.1	Bétons	13
3.1.2	Armatures passives béton armé.....	13
3.1.3	Aciers de charpente	13
4.1	Charges appliquées.....	14
4.1.1	Charges permanentes	14
4.1.2	Charges d'exploitation	15
4.1.3	Charges climatiques.....	15
4.1.4	Charges accidentelles.....	16
4.1.5	Combinaisons	17
4.2	Fondations	18
4.3	Méthode de calculs	20
4.3.1	Principe de la modélisation.....	20
4.3.2	Conditions de calcul	20
5.	COMPORTEMENT SISMIQUE DU BATIMENT HC DANS SON ETAT ACTUEL	22
5.1	Principe de contreventement actuel	22
5.2	Résultats principaux	23

5.2.1	Grandeurs sismiques.....	23
5.2.2	Déplacements sismiques.....	25
6.	ANALYSE SISMIQUE DU BATIMENT HC CONTREVENTE.....	27
6.1	Principe de confortement sismique	27
6.2	Résultats principaux	28
6.2.1	Grandeurs sismiques.....	28
6.2.2	Déplacements sismiques.....	31
6.3	Vérification de la stabilité de la structure.....	32
6.3.1	Vérifications des poutres de planchers.....	33
6.3.2	Vérifications des poteaux.....	38
6.3.3	Vérification des encastrements.....	39
6.3.4	Vérifications de la résistance des croix de contreventement	42
6.3.5	Justification des voiles en béton.....	44
6.3.6	Vérification des fondations	48
7.	INTERACTION DE HC AVEC HNA-HNB :	51
7.1	Principe de confortement sismique	Erreur ! Signet non défini.
7.2	incidence de travaux sur le comportement sismique de HNA-HNB.....	Erreur ! Signet non défini.
7.3	Vérification de de la structure.....	Erreur ! Signet non défini.
8.	PRECONISATIONS DE RENFORCEMENT.....	52
8.1	Principe de confortement sismique du bâtiment HC :	52
8.2	Interaction avec HNA-HNB :	54

1. PRESENTATION GENERALE

1.1 OBJET DE LA NOTE

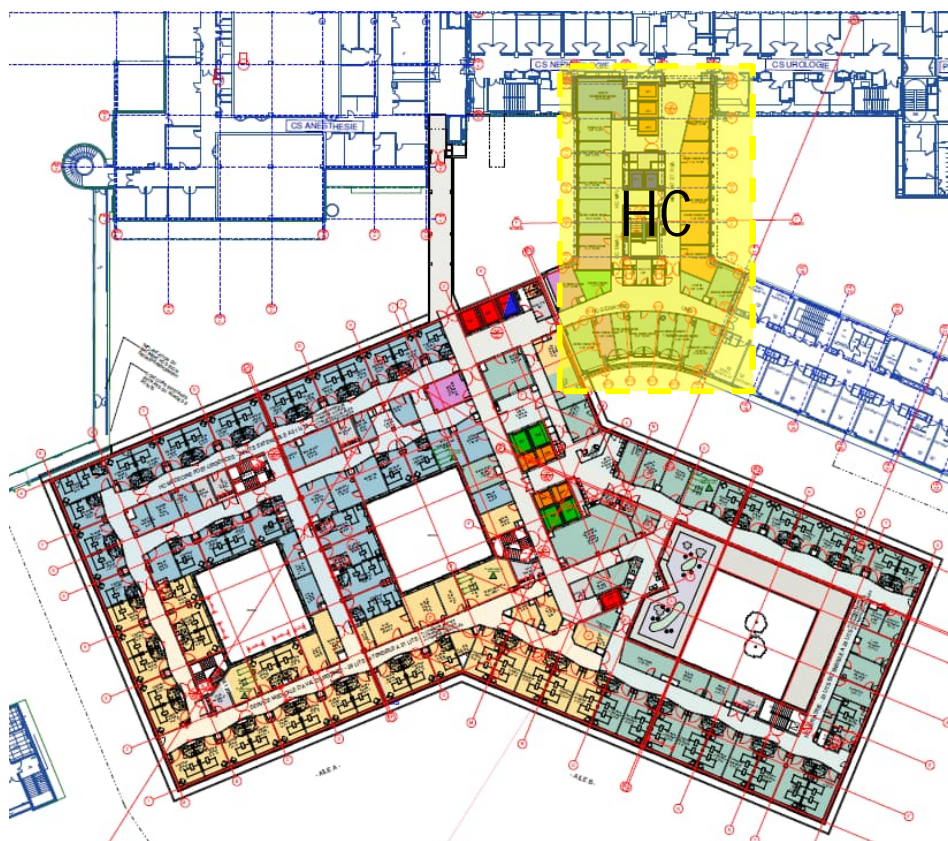
La présente note justifie des hypothèses et des dispositions adoptées pour le confortement parasismique du bâtiment HC du projet : Réalisation du bâtiment Gabriel Montpied 3 "GM3" et le Désamiantage et Reconstruction du Bâtiment HC.

1.2 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Le Centre Hospitalier Montpied de Clermont a déjà mené de nombreux travaux de restructuration lourde. La poursuite du projet nécessite la construction d'un bâtiment d'hospitalisation sur l'emprise libérée par la déconstruction de l'aile HO et par la démolition du bâtiment IRM et de la passerelle P3.

Le projet peut se décomposer en plusieurs zones :

- Bâtiment d'hospitalisation
- Restructuration du bâtiment HC
- Liaison avec les urgences et le bloc technique



Le bâtiment HC a été construit dans les années 60. Il est en bon état et ne présente pas de désordres significatifs. Son ossature est principalement métallique. Les planchers sont mixtes : poutres métalliques et dalle béton. Les poteaux sont enrobés de béton ainsi que les poutres principales.

Le bâtiment HC fera l'objet des travaux de curage ainsi que de désamiantage, le principe consistera après travaux de désamiantage et de curage lourd avec structure mis à nu à écreter les 3 étages supérieurs de l'aile HC (toiture à R+7).

1.3 REGLEMENTS ET DOCUMENTS DE CALCULS

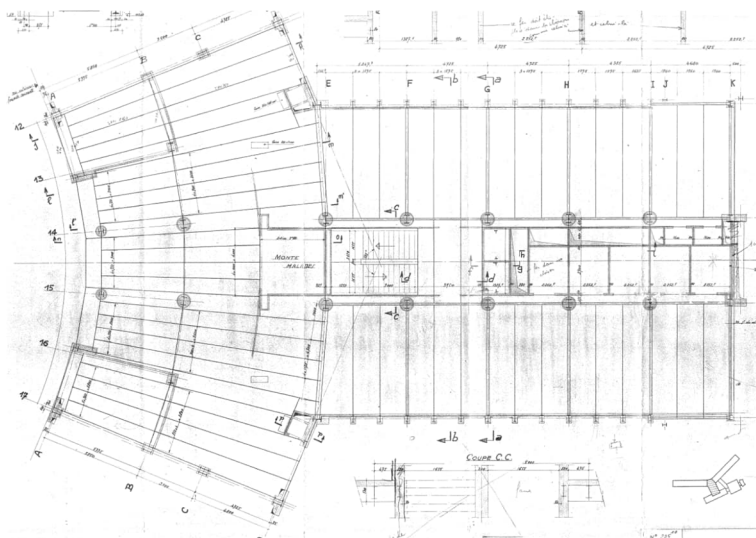
Règlements de calculs :

- NF EN 1990 + NF P06-100-2 Annexe Nationale.
- NF EN 1991-1-1 + NF P06-111-2 Annexe Nationale / Actions générales.
- NF EN 1991-1-2 + NF EN 1991-1-2/NA Annexe Nationale / Actions dues au feu.
- NF EN 1991-1-3 + NF EN 1991-1-3/NA Annexe Nationale / Actions dues à la neige.
- NF EN 1991-1-4 + NF EN 1991-1-4/NA Annexe Nationale / Actions dues au vent.
- NF EN 1992-1-1 + NF EN 1992-1-1/NA Annexe Nationale / Règles générales et règles pour les bâtiments.
- Recommandations professionnelles de la FFB pour l'application de la norme NF EN 1992-1-1 et de son annexe nationale.
- NF EN 1992-1-2 + NF EN 1992-1-2/NA Annexe Nationale / Comportement au feu.
- NF EN 1993-1-1 + NF EN 1993-1-1/NA Annexe Nationale / Règles générales et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1993-1-2 + NF EN 1993-1-2/NA Annexe Nationale / Comportement au feu.
- NF EN 1993-1-8 + NF EN 1993-1-8/NA Annexe Nationale / Assemblages.
- NF EN 1090-1 et 2 : Conditions techniques de livraison
- NF EN 1090-2 : Exécution des structures en acier
- NF EN 10025 : Poutrelles et laminés marchands
- NF EN 10025, 10219-1 et 10210-1 : Profils creux
- NF EN 10025-1, 10029, 10051, 10163-1-2-3, 10204 : Tôles en acier laminés
- NF EN 10025/93 : Crosses et tiges d'ancrage
- NF EN 35 503, NF EN 14713 et NF EN 1461 : Galvanisation à chaud
- NF EN 24 017 : Vis à tête hexagonale entièrement fileté
- NF EN 24 032 : Ecrous hexagonaux
- NF EN 14 399 : Boulons HR à serrage contrôlé
- NF EN 1998-1 + NF EN 1998-1/NA (DAN France) + Arrêté du 22 octobre 2010 / Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1998-5 + NF EN 1998-5/NA (DAN France) / Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.
- NF EN 1997-1 + NF EN 1997-1/NA Annexe Nationale / Règles générales.
- NF P 94-261, Fondations superficielles
- NF P 94-262, Fondations profondes
- NF P 94-270, Remblais renforcés et massifs sols cloués
- NF P 94-281, Ouvrages de soutènement-Murs
- NF P 94-282. Ouvrages de soutènement – Ecrans

2. ANALYSE SISMIQUE PRELIMINAIRE DU BATIMENT HC

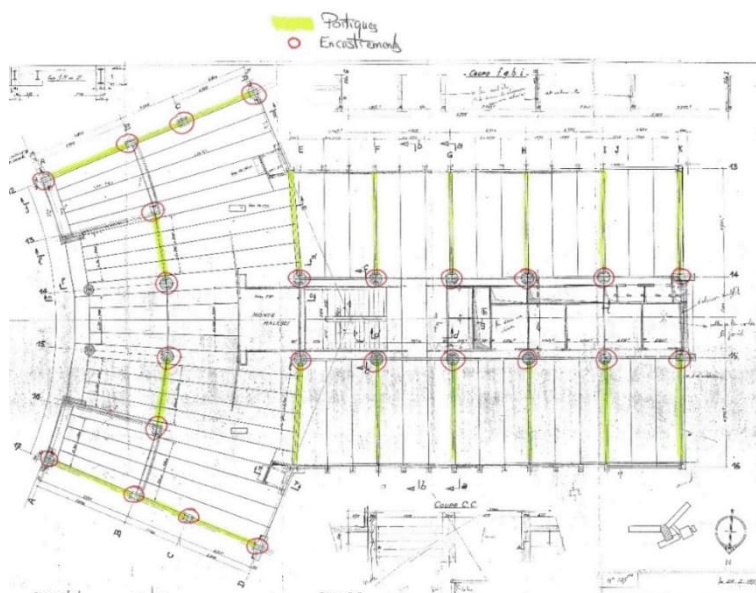
2.1 ANALYSE STRUCTURELLE

Afin d'avoir une vision plus claire sur l'ouvrage existant et son comportement sismique, nous analyserons le bâtiment au moyen des plans d'exécutions en notre possession.



Le contreventement est assuré par des portiques :

- Files 17 et 12
- Files A, B, E, F, G, H et I



Du fait de son année de construction, cet ouvrage n'est pas dimensionné pour reprendre les efforts du séisme réglementaire défini dans l'Eurocode 8.

Réglementairement, le réaménagement d'un bâtiment existant est soumis à l'arrêté ministériel publié le 22 octobre 2010, modifié par les arrêtés du 19 juillet 2011 et du 25 octobre 2012.

Le renforcement du bâtiment pour le rendre parasismique est nécessaire, seulement si les travaux aggravent la vulnérabilité de l'ouvrage.

La gestion des ouvertures dans la façade sera assurée par la reconstitution des raideurs des voiles existants soit par la création des cadres de dimensions suffisantes ou bien le doublage des épaisseurs des voiles.

Les travaux prévus par le groupement n'affectent pas le comportement global du bâtiment, au contraire, on améliore celui-ci :

- 1) Suppression des trois étages supérieurs : diminution de l'élancement du bâtiment, suppression des masses accélératrices : facteur d'amélioration
- 2) Pas d'augmentation de surfaces de planchers
- 3) Pas de suppression de planchers à un niveau
- 4) Pas de changement d'utilisation : charges d'exploitations identiques
- 5) Pas d'intervention sur les contreventements



Les travaux réalisés ne modifient pas le comportement actuel de l'ouvrage, au contraire la suppression des étages supérieurs où se trouve des masses de béton importantes (ancien réservoir) améliore significativement celui-ci.

Position de la maîtrise d'oeuvre jusqu'à l'APD :

- **Il n'est pas nécessaire de faire des travaux de confortement parasismique au sens de l'Eurocode.**

Demande du Maître d'ouvrage et du contrôleur technique :

- **Le bâtiment HC doit être mis aux normes parasismiques suivant les règlements en vigueur.**

2.2 CONTRAINTES EXISTANTES

Les bâtiments HNA-HNB ont été confortés suivant les règles PS 92 en 2011 et suivant le programme de l'époque du projet GM3.

Ce paragraphe a pour objet de faire une synthèse des travaux effectués dans cette première phase et les travaux prévus dans la phase actuelle selon la note CHU Clermont NDC_PRO HNA-HNB NDC 1 1 Renforcement sismique.

2.2.1 Documents de références

HNA-HNB :

- BA 05 Coffrage armatures bât. HNA-HNB renforcement des planchers 30-04-15
- BA 06 Coffrage armatures bât. HNA-HNB PH R+7 30-04-15
- BA 07 Coffrage fondations galerie technique 30-04-15
- BA 08 Armatures fondations galerie technique 30-04-15
- BA 09 Coffrage PH R-1 galerie technique 30-04-15
- BA 10 Armatures PH R-1 galerie technique 30-04-15
- BA 11 Coffrage PH R-2 bât. HNA-HNB 30-04-15
- BA 12 Coffrage bât. HNA-HNB enclouement escaliers & gaines 30-04-15
- DUMEZ - CHU CLERMONT FERRAND - PHASE 01 - CARNET N°01 - IND A
- DUMEZ - CHU CLERMONT FERRAND - PHASE 01 - PLAN N°01 - IND A
- DUMEZ - CHU CLERMONT FERRAND - PHASE 02 - CARNET N°02 - IND B
- DUMEZ - CHU CLERMONT FERRAND - PHASE 02 - PLAN N°02 - IND B
- GM3 - Tome 07 - MODIF HNA HNB Coupe AA
- GM3 - Tome 07 - MODIF HNA HNB Coupe BB

Bâtiment HC :

- HC – N°6 – Détails de l'escalier hélicoïdal VIII
- HC – N°200 – Implantation
- HC – N°201 – Plancher sur SSOL de la partie courbe
- HC – N°202 – Plancher du SSOL de la partie rectiligne
- HC – N°203 – Partie droite - RDC et étages courants – Ensemble et détails

- HC – N°204 – Partie droite – Etage technique 9ème – Ensemble et détails
- HC – N°205 – Plancher courant – Disposition des éléments ds enrobages
- HC – N°206 – Partie courbe – Portiques 17 bis et 12
- HC – N°207 – Partie courbe – Portiques file B
- HC – N°208 – Partie courbe – Poteaux de façade
- HC – N°209 – Partie courbe – Portiques file E
- HC – N°210 – Partie courbe – Ensemble RDC, 1, 2 et 3
- HC – N°211 – Partie courbe – Ensemble 4, 5, 6 et 7
- HC – N°212 – Partie courbe – Ensemble et détails 8ème étage
- HC – N°206 – Partie courbe – Portiques 17 bis et 12
- HC – N°213 – Partie courbe
- HC – N°214 – Partie courbe – Etage technique – Ensemble et détails
- HC – N°215 – Partie courbe – 9ème étage – Ensemble et détails
- HC – N°216 – Partie courbe – Terrasse
- HC – N°217 – Partie courbe – Détails RC
- HC – N°219 – Encastremements
- HC – N°221 – Partie droite – Portiques G et H
- HC – N°222 – Partie droite – Portiques I et F
- HC – N°223 – Partie droite – Portiques K
- HC – N°224 – Partie droite – Poteaux intermédiaires – Pied de poteaux – Portique K
- HC – N°225 – Terrasse support de réservoir et partie haute (Ensemble et détails)
- HC – N°410 – Renforcements des solives
- HC – N°700 – Fouilles en rigoles – Implantation des fondations
- HC – N°701 – Fondations – Ferrailage des massifs
- HC – N°702 – Fondations – Ferrailage des massifs
- HC – N°703 – Galerie de canalisations
- HC – N°704 – Galerie de canalisations – Ferrailage du radier
- HC – N°705 – Plancher au niveau 412.00
- HC – N°706 – Plancher au niveau 412.00 – Armatures des poutrelles préfabriquées
- HC – N°707 – Plancher au niveau 412.00 – Dallettes et poutrelles P P' R Q et Q'
- HC – N°708 – Galerie de canalisations – Ferrailage de voiles
- HC – N°709 – Partie courbe – Planchers aux niveaux 415.00 et 419.00 – Ensemble et détails
- HC – N°710 – Partie courbe – Planchers des étages courants – Ensemble et détails – Etages 2 à 8 semblables
- HC – N°712 – Partie courbe – Plancher de l'étage technique – Ensemble et détails
- HC – N°713 – Enrobage des poteaux en dessous du niveau 412.00 (Armatures)
- HC – N°714 – Partie droite – Plancher au niveau 412.00 – Ferrailage
- HC – N°714B – Additif au plan n°714
- HC – N°715 – Partie droite – Plancher au niveau 415.00 – Ensemble et détails
- HC – N°716 – Partie droite – Plancher d'étage courant – Ensemble et détails
- HC – N°717 – Galerie de circulation
- HC – N°718 – Voiles entre A et B – C et D – Files 12 et 17 – Ferrailage

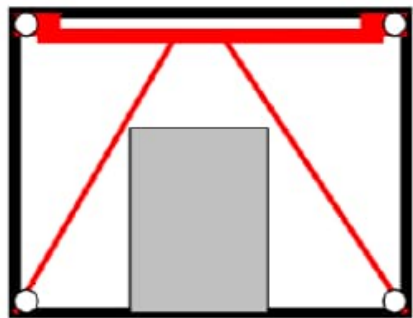
2.2.2 Renforcement de hna et hnb

Principes généraux :

Les bâtiments HNA et HNB, sont des ouvrages de structure métallique. Ils ont été renforcés par la mise en place de palées de stabilité transversales de type croix de saint André :



Et par des palées de stabilité longitudinales par triangulation de forme K et L :



Enlèvement de l'ancienne chape, et coulage d'une dalle de 7cm renforçant la dalle existante, pouvant jouer ainsi le rôle de diaphragme.

Hypothèses du renforcement :

Les hypothèses sont les suivantes :

- Justification suivant PS92
- L'accélération sismique de base I_b
- La classe des bâtiments hospitaliers est D
- Soit une accélération de base de a_N de 0,25g (2.5m/s²)

Fondations :

- Classification du sol : rocher sain
- Vitesse d'onde de cisaillement > 800m/s
- Site S0
- Coefficient topographique $\tau = 1$

Rigidité de la structure :

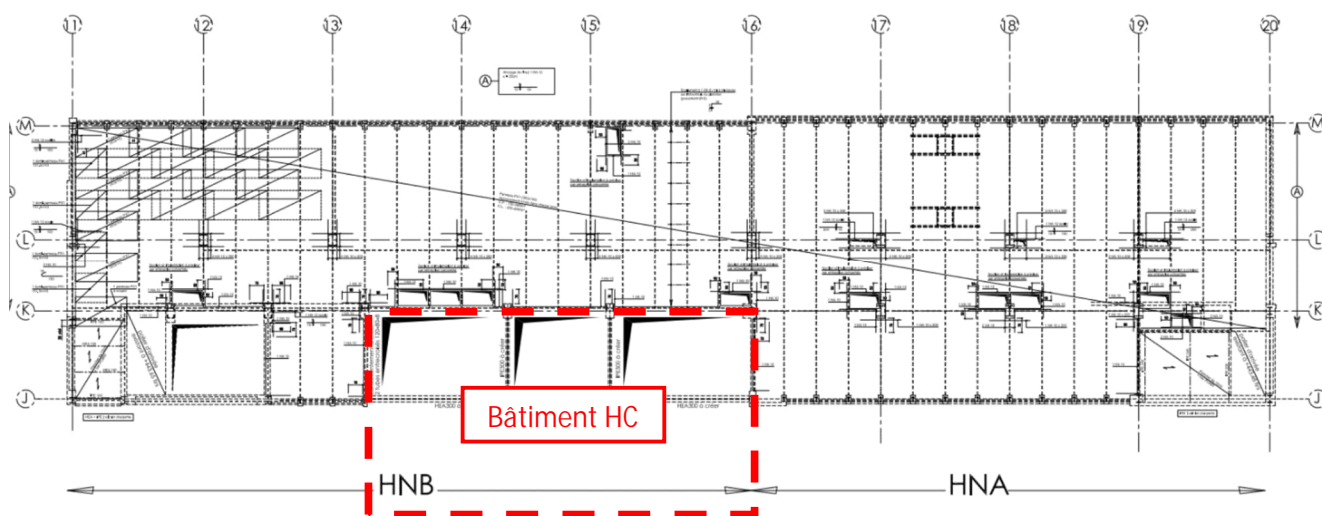
On considère que les enrobages en béton des profilés métalliques ne sont pas suffisamment armés et que n'étant pas connectés ils seront détériorés lors de l'action sismique.

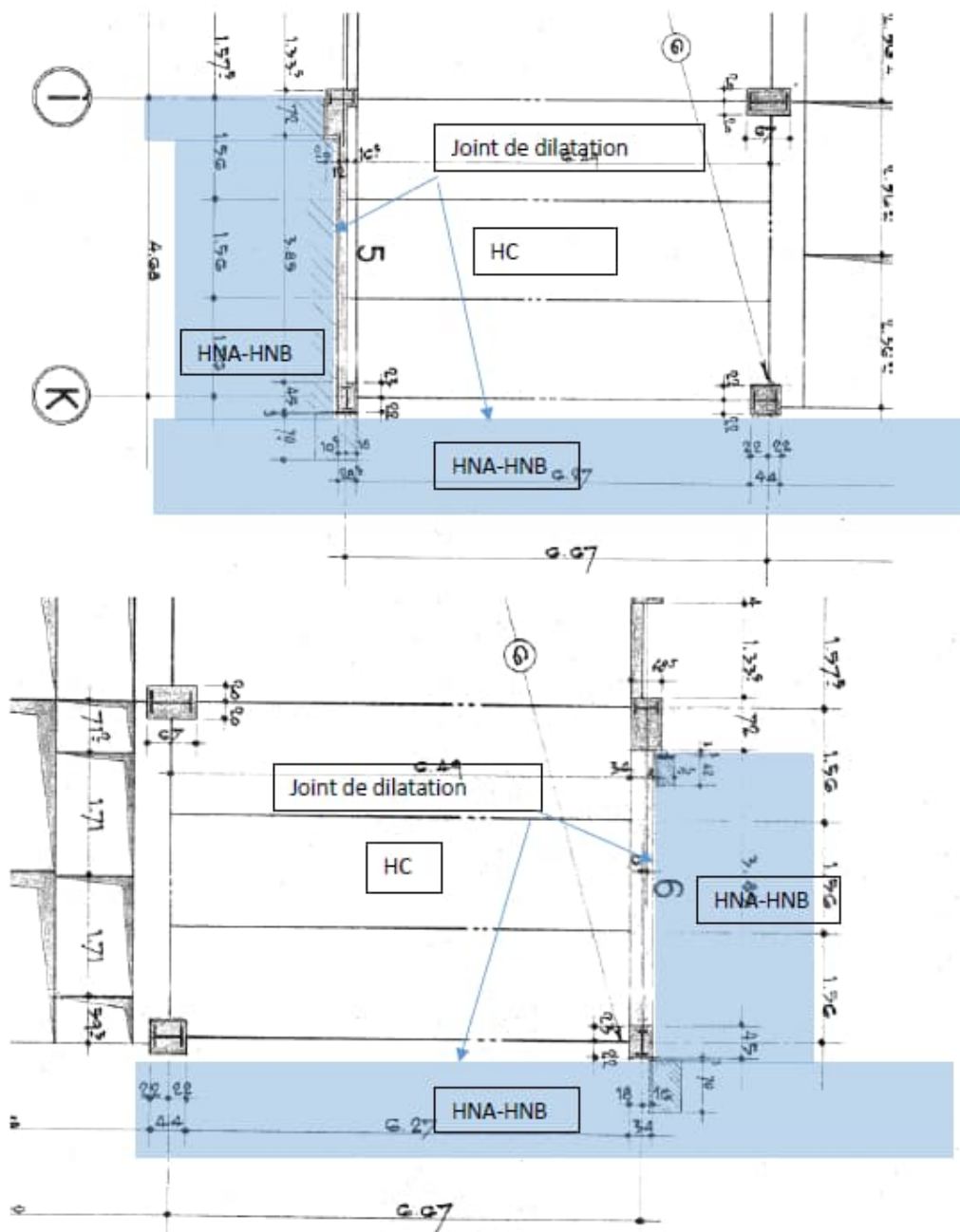
Coefficient de comportement : Cf. PS92 §13.4 Tableau 14

Type de structure	q Structures régulières	q Structures moyennement régulières	q Structures irrégulières	classe
Structures dont le contreventement est assuré par des croix de Saint André axées : structure transversale X	4.0	3.4	2,8	B
Structures dont le contreventement est en V : structure longitudinale	2.0	1.7	1.4	C
Séisme vertical $q = \max \{1 \text{ ou } q/2\}$	1.0	1.0	1.0	C

Hypothèses sur l'interface avec HC :

La structure est rendue « régulière » (critères de régularité du PS92), en s'appropriant la zone de HC en incise, sans pour autant créer des surfaces de plancher supplémentaires. La tenue au séisme reste la décision du Maître d'ouvrage sans devoir respecter l'intégralité des conditions réglementaires.





Résultats principaux :

Déplacements :

- Maximum U_x 13,8 cm
- Maximum U_y 9,7 cm
- Maximum U_z 2,8 cm

Hauteur du bâtiment 34,26m

2.2.3 Conclusion

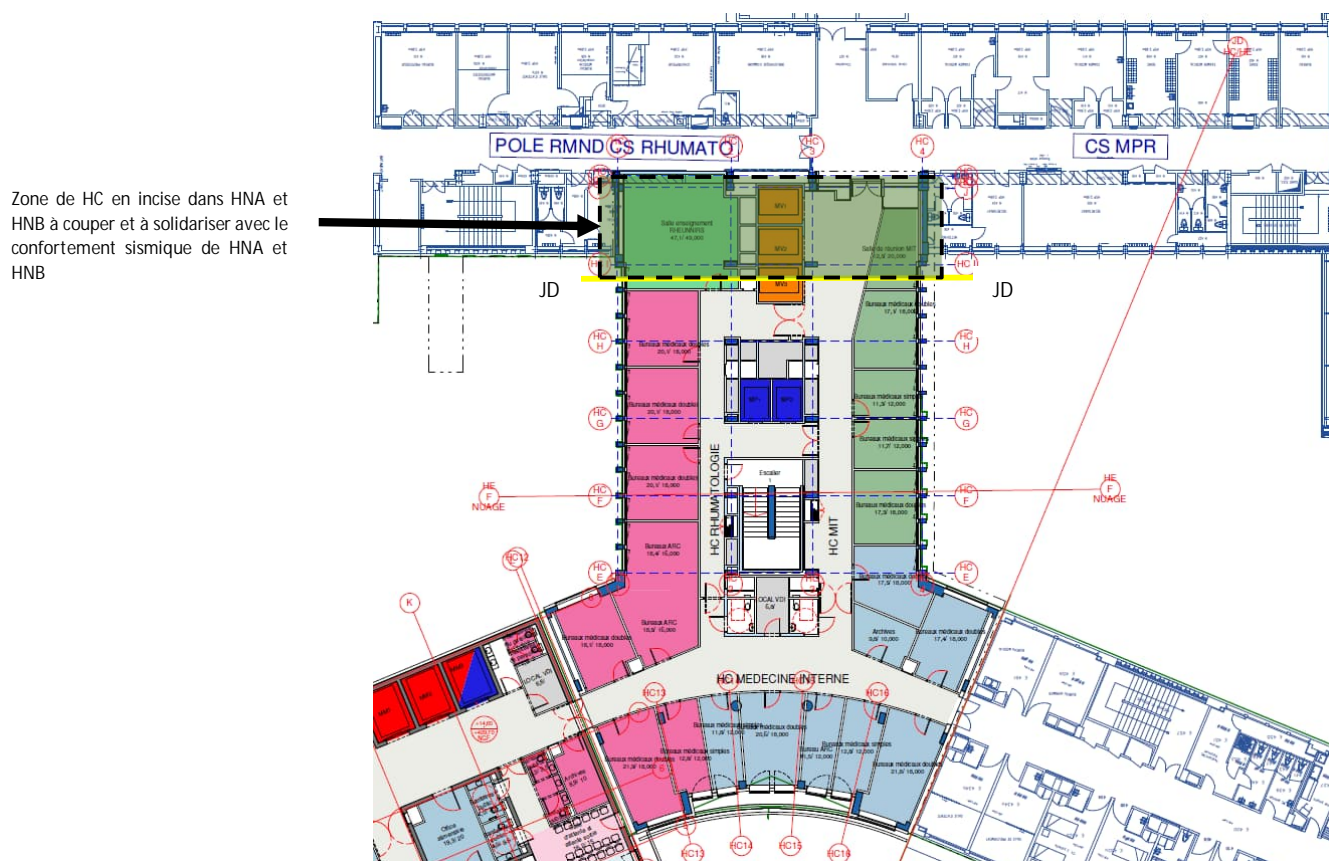
Au regard des résultats de confortement sismique du HNA-HNB et plus précisément les déplacements importants, nous serons amenés à couper la partie incise du bâtiment HC dans HNA-HNB pour créer un JD suffisant pour reprendre les déplacements des deux bâtiments.

Un JD sera disposé entre la file I et J :

- La file I appartenant à HC
- La file J appartenant à HNA-HNB

NOTE :

A cause de problématique d'intervention sur le niveau SS2 et tous les réseaux existants, Le JD à créer entre la file I et J commence du niveau SS1 et continu sur tous les étages supérieurs. En plus, on garde le JD existant entre le bâtiment HC et le bâtiment NHA/HNB sur le niveau SS2.



Justification de 2011 :

Dans la justification de 2011, la file J est rendue continue entre la file 13 et 16, mais il n'est pas prévu de surfaces de plancher supplémentaire sur l'ensemble des niveaux.

Dans le projet GM3 actuel, ces surfaces sont nécessaires, par conséquent le comportement sous séisme de HNA-HNB est modifié :

- Masse supplémentaire
- Excentricité des masses est modifié

3. HYPOTHESES GENERALES

3.1 CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

3.1.1 Bétons

Pour les renforcements, les bétons seront de classe C25/30

Béton C25/30 :

- Résistance caractéristique en compression du béton à 28 jours : $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Valeur moyenne de la résistance en compression du béton : $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ MPa}$
- Valeur moyenne de la résistance en traction directe du béton : $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{(2/3)} = 2.6 \text{ MPa}$
- Contrainte de calcul - situation fondamentale ($\gamma_c=1.5$) : $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 16.66 \text{ MPa}$
- Contrainte de calcul - situation accidentelle ($\gamma_c=1.2$) : $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 20.83 \text{ MPa}$
- Contrainte de calcul - situation sismique ($\gamma_c=1.3$) : $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 19.23 \text{ MPa}$
- Module d'élasticité sécant du béton : $E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0.3} = 31476 \text{ MPa}$
- Module d'élasticité différé : $E_{c\eta} = E_{cm}/3 = 10492 \text{ MPa}$

3.1.2 Armatures passives béton armé

Armatures à haute adhérence (Norme NF A 35-016) dont les caractéristiques sont les suivantes :

Caractéristiques mécaniques principales

Les armatures à haute adhérence sont du type B500B et soudables.

- f_{yk} = limite caractéristique d'élasticité de l'acier de béton armé = 500 MPa
- f_{tk} = résistance caractéristique en traction de l'acier de béton armé
 $= k \times f_{yk}$ avec : $k=1.08 = 540 \text{ MPa}$ (acier de classe B)
- f_{yd} = limite d'élasticité de calcul de l'acier de béton armé
 $= f_{yk} / \gamma_s$ à l'ELU soit :
 500 MPa à l'ELU accidentel
 435 MPa à l'ELU pour les situations durables et transitoires
- ϵ_{uk} = allongement sous charge maximale = 0.050 (acier de classe B)
- ϵ_{ud} = allongement maximal de calcul = $0.9 \epsilon_{uk} = 0.045$ (acier de classe B)

3.1.3 Aciers de charpente

4. Aciers De Construction D'usage Général :

Les nuances d'aciers retenues pour les profilés de renforcement sont les suivants :

- S235, S275 et S 355 pour les L, I et H
- Tubes carrés ou rectangulaires laminés à chaud en S355
- Tubes circulaires laminés à froid en S235

On considère une contrainte de résistance plus faible de 215 MPa pour les profilés de la structure existante (hypothèse à vérifier).

Les normes utilisées permettant le choix des produits sont : NF EN 10025 ; NF EN 10027 ; NF EN 10113 ½ ; NF EN 10210 ; NF EN 10219 ; NF EN 1993.1-10.

4.1 CHARGES APPLIQUEES

4.1.1 Charges permanentes

Poids propre béton :

Densité de béton armé 25 kN/m³

Valeurs caractéristiques -5%, +5%

Poids propre de la structure CM :

Poids propre de la structure métallique avec une densité de 7,85 t/m³

Poids et poussée des terres :

Poids des terres : 2,0 t/m³

Angle de frottement : 30°

Coefficient de poussée des terres : $K_a = 0,33$

Coefficient de poussée des terres au repos : $K_o = 0,50$

Surcharges permanentes :

Planchers courants :

- Plancher

Faux plafonds (y compris gaines, câbles) + revêtements de sol..... = 50 daN/m²

Cloisons légères = 70 daN/m²

} 120 daN/m²

- Poids des murs agglos

Charge linéaire à l'emplacement du mur selon localisation précisée sur plans de coffrage.

Charge surfacique d'un voile agglos enduit ép 15cm : 320 daN/m²

- Matériels

Suivant indication des plans de l'équipementier.

Terrasses :

- Terrasses accessibles :

Etanchéité + isolation..... = 40 daN/m²

Faux plafonds + gaines..... = 50 daN/m²

} 100 daN/m²

- Terrasses non accessibles :

Etanchéité + isolation..... = 40 daN/m²

Faux plafonds + gaines..... = 50 daN/m²

} 100 daN/m²

4.1.2 Charges d'exploitation

Types de locaux	Charges d'exploitation en kN/m ²	Charges suspendues en plafond en kN/m ²
Locaux d'hébergement		
Chambres	2,5	
Circulations intérieures des unités de soins	2,5	
Locaux médico-techniques		
Accueil et salles des Urgences	2,5	
Salles de radio et annexes immédiates	2,5 à 4	1 (charge répartie)
Salles d'imagerie	5 (charges ponctuelles de 800 kN sur une surface de 2mx2m)	1 (charge répartie)
Autres locaux médico- techniques, bureaux paysagers	3,5	
Zones de stockage	10	
Autres locaux		
Circulations générales, hall	4	
Sanitaires	1,5	
Salles de réunions, d'enseignement	3,5	
Zones de Bureaux, consultations, postes de personnel et de soins	2,5	
Bibliothèque, archives de bureau, réserve ou stockage	6	
Locaux techniques	5 et suivant équipements 1,5 et suivant équipements recevoir Centrales de froid de ce projet et demandes + prévoir surcharge sur une surface suffisante pour complémentaires (voir exigences	
Salles d'opérations	3,5	1 (charge répartie)

4.1.3 Charges climatiques

Vent :

Actions du vent : Puy-de-Dôme, Region 2

Vitesse de référence $v_{b,0} = 24$ m/s (EN 1991-1-4 Clause 4.2)

Catégorie de terrain : IIIb

Pression dynamique de référence : $q_b = 36 \text{ daN/m}^2$

Pression dynamique de pointe : $q_b = 78 \text{ daN/m}^2$ (hauteur $H=32,5\text{m}$)

Neige :

Région A2 – altitude 415 m

Valeur caractéristique à une altitude inférieure à 200 m : $S_k = 45 \text{ daN/m}^2$

Charge de neige sur la construction : $S_k = 66.5 \text{ daN/m}^2$

Charge de neige accidentelle : $S_k = 100 \text{ daN/m}^2$

Retrait et gradient thermique :

Pour la définition des températures à prendre en compte pour les calculs, on utilisera l'Eurocode 1-1-5 (thermiques) ainsi que son Annexe Nationale. L'Eurocode définit des températures intérieures et extérieures à utiliser pour l'étude thermique de la structure.

4.1.4 Charges accidentelles

Séisme :

- Le site géographique est à classer en zone de sismicité 3 d'après la carte de sismicité de la France
- Accélération maximale de référence : $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$
- **Ouvrage existant renforcé : l'accélération sera réduite de 40%**
- Catégorie d'importance : catégorie IV - coefficient d'importance = 1.4
- Classe de sol : A – coefficient de sol = 1,00
- Coefficient topographique = 1,0
- Classe de ductilité : DCM
- Coefficient de comportement = 1,5
- Combinaison séismes horizontaux selon combinaisons de Newmark
- Le séisme vertical est combiné avec les séismes horizontaux conformément à l'EC8.
- Coefficient de masses partielles :

$$\Psi_E = \varphi \cdot \Psi_2$$

Pour la catégorie C : $\varphi=0.8$ et $\Psi_2=0.6$ donc $\Psi_E = 0.48$

Pour la catégorie H : $\varphi=1$ et $\Psi_2=0$ donc $\Psi_E = 0$

Tableau 4.2 — Valeurs de φ pour le calcul de Ψ_{Ei}

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
*) Catégories définies dans l'EN 1991-1-1:2002.		

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.			

4.1.5 Combinaisons

Présentation :

Combinaisons pour le dimensionnement des armatures

- $G_{k,sup}$: effet défavorable du poids propre et des charges permanentes, considérés avec leurs valeurs caractéristiques supérieures.
- $G_{k,inf}$: effet favorable du poids propre et des charges permanentes, considérés avec leurs valeurs caractéristiques inférieures.
- Q_k : effet des charges d'exploitations appliquées au bâtiment considéré avec sa valeur caractéristique.
- W_k : effet du vent considéré avec sa valeur caractéristique.
- S_k : effet de la neige considéré avec sa valeur caractéristique.
- A_{ed} : effet du séisme de calcul.
- E_X : Composante sismique horizontale selon l'axe X
- E_Y : Composante sismique horizontale selon l'axe Y.

Note : les combinaisons sismiques utilisées sont celles de NEWMARK :

$$A_{ed} = 1 \times E_X + 0.3 \times E_Y$$

$$A_{ed} = 1 \times E_X - 0.3 \times E_Y$$

$$A_{ed} = 0.3 \times E_X + 1 \times E_Y$$

$$A_{ed} = -0.3 \times E_X + 1 \times E_Y$$

Coefficients d'accompagnement :

		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Exploitation	Q_k	0.7	0.7	0.6
Vent	W_k	0.6	0.2	0
Neige	S_k	0.5	0.2	0

Combinaisons à l'ELU :

Situations de projet durables et transitoires	Actions permanentes		Action variable dominante	Actions variables d'accompagnement *)	
	Défavorables	Favorables		Principale (le cas échéant)	Autres
(Eq. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Situation de projet	Actions permanentes		Action sismique ou accidentelle dominante	Actions variables d'accompagnement **)	
	Défavorables	Favorables		Principale (le cas échéant)	Autres
Accidentelle *) (Eq. 6.11 a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	A_d	$\psi_{1,1}$ ou $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Sismique (Eq. 6.12a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	γA_{Ek} ou A_{Ed}	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

Combinaisons à l'ELS :

Combinaison	Actions permanentes G_d		Actions variables Q_d	
	Défavorables	Favorables	Dominante	Autres
Caractéristique	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Fréquente	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Quasi-permanente	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

4.2 FONDATIONS

On considèrera un sol de fondations en prenant en compte des hypothèses de sol issus de l'ensemble des plans de l'existant ainsi que le rapport géotechnique G2-PRO Dossier N° TEA220292_P001_VA.

Selon le rapport géotechnique G2-PRO Dossier N° TEA220292_P001_VA, les fouilles de reconnaissances de fondation RF101 à RF103 réalisées sur le bâtiment HC, ont montrées que les trois semelles en question sont ancrées sur la coulée basaltique (couche 2) dont les contraintes admissibles :

- $q_{ELS} = 1,00 \text{ MPa}$
- $q_{ELU} = 1,65 \text{ MPa}$

L'interaction sol/structure est prise en compte conformément au rapport géotechnique G2-PRO Dossier N° TEA220292_P001_VA, en considérant des modules de réactions du sol sous les fondations superficielles.

Modules de réaction 'statiques' pour charges de service :

- $K_v=1000 \text{ MPa/m}$
- $K_h=400 \text{ MPa/m}$

Modules de réaction 'dynamiques' pour charges de séisme :

- $K_v=3000 \text{ MPa/m}$
- $K_h=1200 \text{ MPa/m}$

Ces raideurs sont des raideurs ponctuelles (en MPa/m) valables pour l'ensemble du bâtiment. Elles sont ensuite réparties à chaque appui, au prorata de la surface des fondations.

Raideurs statiques des fondations :

	MN/m	MN/m/m²	t/m	t/m/m²
K_h	72963	400,00	7437635	40775
K_v	182408	1000,00	18594088	101937

Fondations	N°	Dimensions		nombre	Aire (m²)	K_v (MN/m)	K_h (MN/m)	K_v (t/m)	K_h (t/m)
		L	I						
Semelles isolées	A/D - 17	2,4	2,3	2	11,04	5520	2208	562691	225076
	B/C - 17	2,2	2,1	2	9,24	4620	1848	470948	188379
	A/D - 12	2,5	2,45	2	12,25	6125	2450	624363	249745
	B/C - 12	2,3	2,15	2	9,89	4945	1978	504077	201631
	A - 13/16	1,5	1,35	2	4,05	2025	810	206422	82569
	A - 14/15	1,24	1,1	2	2,728	1364	546	139042	55617
	B - 16	2,65	2,55	1	6,7575	6758	2703	688838	275535
	B - 15	2,85	2,75	1	7,8375	7838	3135	798930	319572
	B - 14	2,95	2,8	1	8,26	8260	3304	841998	336799
	B - 13	2,75	2,6	1	7,15	7150	2860	728848	291539
	C - 16/15	1	0,8	2	1,6	800	320	81549	32620
	E - 16/15/14/13	2,25	2,15	4	19,35	4838	1935	493119	197248
	F - 15/14	2,15	2,05	2	8,815	4408	1763	449286	179715
	G - 15/14	2,4	2,3	2	11,04	5520	2208	562691	225076
	H - 15/14	2,45	2,35	2	11,515	5758	2303	586901	234760
	I - 15/14	2,7	2,5	2	13,5	6750	2700	688073	275229
	F - 16/13	1,85	1,55	2	5,735	2868	1147	292304	116922
	G - 16/13	1,5	1,4	2	4,2	2100	840	214067	85627
	H - 16/13	1,6	1,3	2	4,16	2080	832	212029	84811
	I - 16/13	2,2	2	2	8,8	4400	1760	448522	179409
	Interm - 16/13	1,15	1,05	12	14,49	1208	483	123089	49235
Total					182,408				

4.3 METHODE DE CALCULS

4.3.1 Principe de la modélisation

Nous analyserons le bâtiment au moyen d'une modélisation 3D du bâtiment. Nous réaliserons une analyse modale de la structure pour constater de son comportement sous séisme et des efforts à reprendre dans la structure. Pour cela, nous utiliserons le logiciel Advance Design développé par GRAITEC. L'analyse modale permettra de constater de la souplesse du bâtiment et de la réponse de la structure (accélérations dans la structure).

La schématisation est réalisée sur la base des côtes et équarrissages des plans de structure, la modélisation étant réalisée avec pour objectif de refléter le plus précisément possible les rigidités réelles des éléments structuraux.

4.3.2 Conditions de calcul

Nombre de modes :

Le nombre de mode minimal retenu est conforme à l'article 4.3.3.3.1 de l'EN 1998-1, il doit être : $k \geq 3 \sqrt{n}$ (n nombre d'étage depuis les fondations = 4), soit $k = 6$, et $T_k \leq 0.20$ s.

Pour l'analyse sismique de l'ensemble de l'ouvrage on fait référence à l'article 4.3.3.3.1 de l'Eurocode 8 qui stipule que :

« (2)P Les réponses de tous les modes de vibration contribuant de manière significative à la réponse globale doivent être prises en compte.

(3) Les prescriptions de l'alinéa (2)P peuvent être considérées comme satisfaites si une des conditions suivantes peut être démontrée :

- La somme des masses modales effectives pour les modes considérés atteint au moins 90 % de la masse totale de la structure.
- Tous les modes dont la masse modale effective est supérieure à 5 % de la masse totale sont pris en compte. ».

Largeur du joint sismique :

Conformément à l'article 4.4.2.7 (3) de l'Eurocode 8, les planchers des différents blocs étant situés à la même altimétrie, le déplacement total est pris égale à :

$$D_{\text{joint}} = 0.7 \times \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$$

Limitation Des Déplacements Entre Etages :

Selon les articles 5 à 9 de l'EC8, les limites suivantes doivent être respectées :

- Pour les bâtiments ayant des éléments non structuraux composés de matériaux fragiles fixés à la structure :

$$dr_{xv} \leq 0.005 \times h$$

- Pour les bâtiments ayant des éléments non structuraux ductiles :

$$dr \times v \leq 0.0075 \times h$$

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

$$dr \times v \leq 0.01 \times h$$

Avec :

dr : déplacement de calcul entre étages défini en 4.4.2.2(2) ;

h : hauteur entre étages ;

v : coefficient de réduction pour prendre en compte une plus petite période de retour de l'action sismique associée à l'exigence de limitation des dommages.

Fleche et déformations admissibles :

Les limitations sont les suivantes :

Supports de couverture (pannes, etc.) : 1/200ème de la portée sous la totalité des charges.

Supports de plancher (solives, poutres intermédiaires, etc.) :

- 1/200ème de la portée sous la totalité des charges (sans équipement particulier)
- 1/300ème de la portée sous les effets des charges d'exploitation seules
- 1/250ème de la portée sous la totalité des charges en cas de planchers supportant des cloisons ou des maçonneries
- 1/350ème de la portée sous les effets des charges d'exploitation seules, en cas de planchers supportant des cloisons ou de la maçonnerie
- 1/400ème de la portée sous la totalité des charges en cas de planchers supportant des poteaux
- 1/500ème de la portée sous les effets des charges d'exploitation seules, en cas de planchers supportant des poteaux.

Déplacement horizontal sur la hauteur d'un étage H limité à H/150 (H hauteur de l'étage).

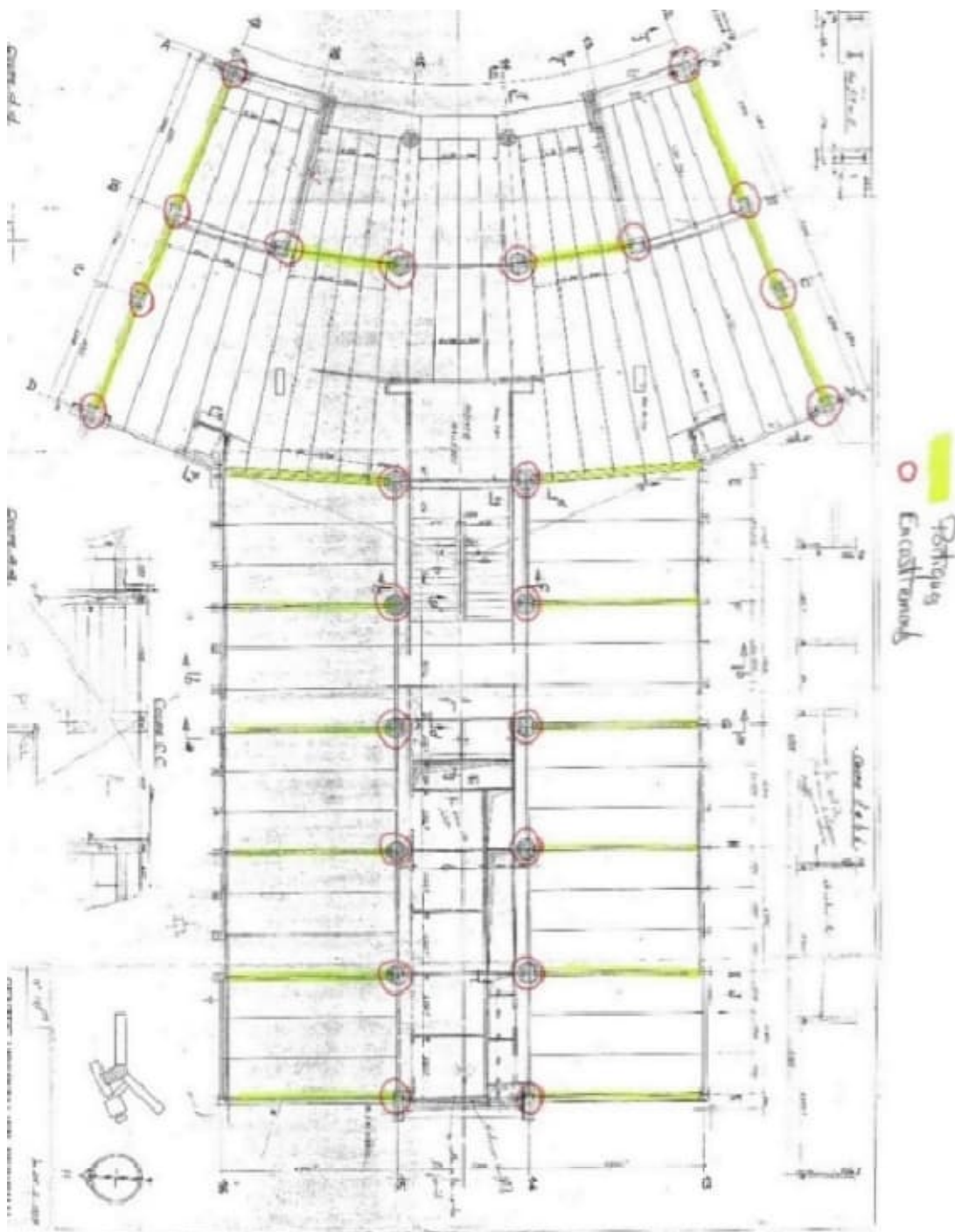
Déplacement horizontal sur la hauteur d'un étage H limité à H/250 (H hauteur de l'étage) dans le cas des façades vitrées.

Déformation propre des éléments support de façade rideau limitée à L/500.

5. COMPORTEMENT SISMIQUE DU BATIMENT HC DANS SON ETAT ACTUEL

5.1 PRINCIPE DE CONTREVENTEMENT ACTUEL

Une première approche a été faite pour voir le comportement sismique que de la charpente vis-à-vis les efforts sismiques. Après avoir identifié les zones d'encastrement, nous avons montés la structure dans notre logiciel de calcul (Advance Design) de la manière la plus réaliste possible en tenant compte de l'ensemble de liaisons entre les différents éléments.

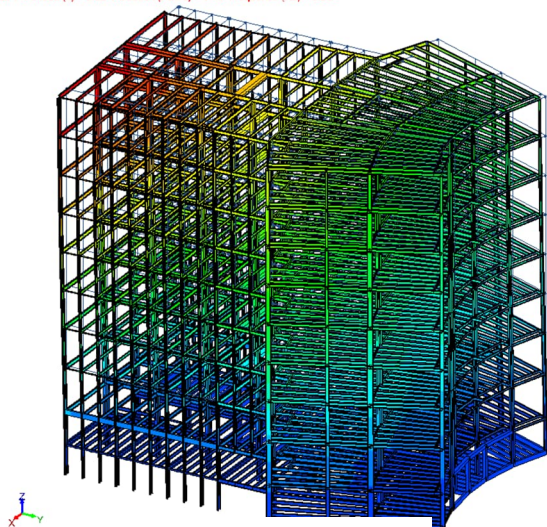


5.2 RESULTATS PRINCIPAUX

5.2.1 Grandeurs sismiques

Pour cette vérification, l'étude du bâtiment est conduite par une analyse dynamique par la méthode modale spectrale, avec un modèle 3D sans hypothèse de contreventement. Les deux premiers modes principaux de l'analyse modale 3D pour la structure sans contreventement sont illustrés ci-après.

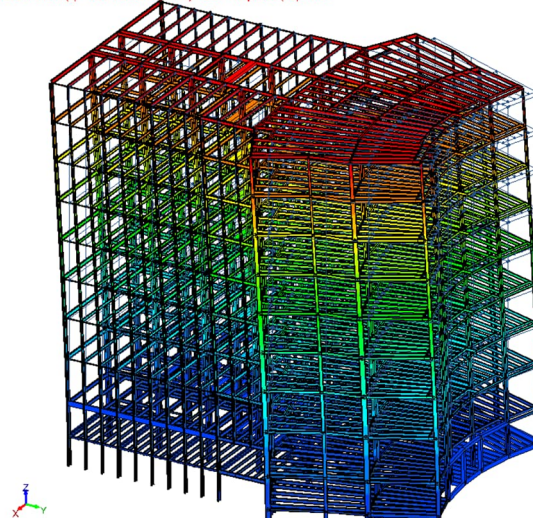
Vue UTILISATEUR
Mode 1 Période (s) = 3.52 Pulsation (Rad/s) = 1.79 Fréquence (Hz) = 0.28



Mode 1

3,52 s (sens X)

Vue UTILISATEUR
Mode 2 Période (s) = 1.86 Pulsation (Rad/s) = 3.37 Fréquence (Hz) = 0.54



Mode 2

1,86 s (sens Y)

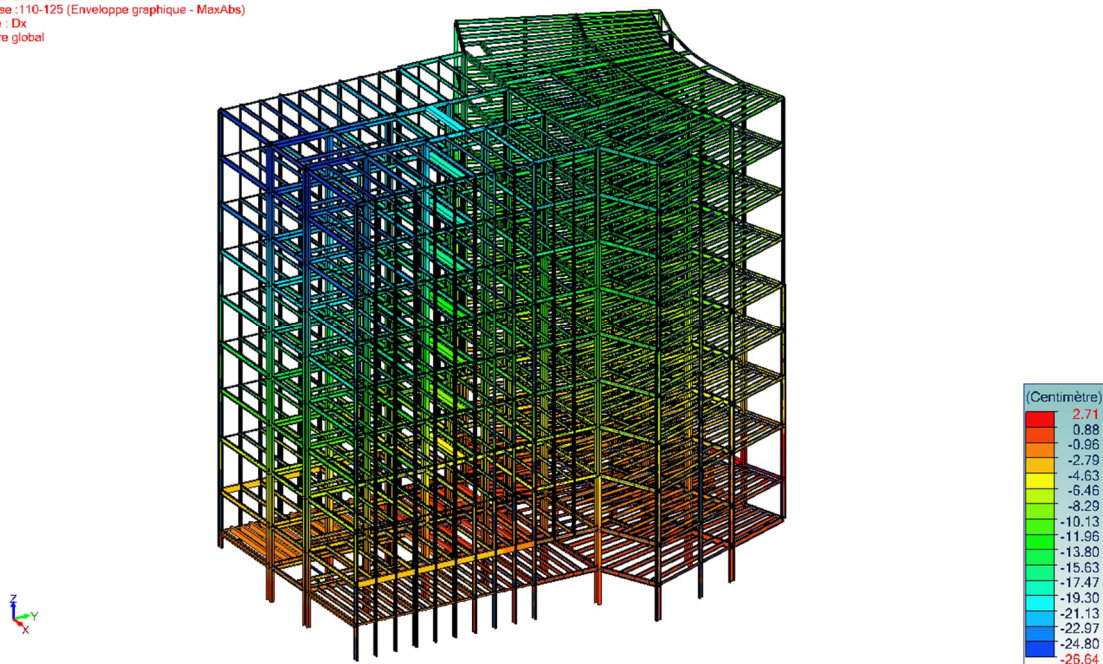
Les pourcentages de masses modales associées représentent plus de 90% de la masse totale, aussi bien pour une sollicitation orientée suivant X que suivant Y.

Valeurs modales							
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales		Amortis sement (%)
					X T (%)	Y T (%)	
1	1.79	3.52	0.28	1.59	4396.57 (64.81)	0.05 (0.00)	4
2	3.37	1.86	0.54	5.68	0.00 (0.00)	4229.27 (62.34)	4
3	4.73	1.33	0.75	11.20	224.48 (3.31)	0.09 (0.00)	4
4	5.71	1.10	0.91	16.27	0.94 (0.01)	0.00 (0.00)	4
5	5.88	1.07	0.94	17.22	777.81 (11.47)	0.04 (0.00)	4
6	6.43	0.98	1.02	20.62	0.09 (0.00)	0.00 (0.00)	4
7	6.61	0.95	1.05	21.74	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
8	6.90	0.91	1.10	23.81	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
9	7.96	0.79	1.27	31.67	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
10	7.96	0.79	1.27	31.67	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
11	7.96	0.79	1.27	31.67	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
12	7.96	0.79	1.27	31.67	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
13	8.41	0.75	1.34	34.00	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	4
14	8.76	0.72	1.39	38.33	0.11 (0.00)	0.00 (0.00)	4
15	8.91	0.71	1.42	39.67	0.13 (0.00)	0.00 (0.00)	4
16	9.52	0.66	1.52	45.34	11.02 (0.16)	0.00 (0.00)	4
17	10.19	0.62	1.62	51.96	25.40 (0.37)	0.00 (0.00)	4
18	10.92	0.58	1.74	59.63	0.00 (0.00)	0.01 (0.00)	4
19	11.20	0.56	1.78	61.29	107.29 (1.58)	0.03 (0.00)	4

Valeurs modales							
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales		Amortis sement (%)
					X T (%)	Y T (%)	
20	11.26	0.56	1.79	60.86	5.72 (0.08)	0.03 (0.00)	4
21	11.27	0.56	1.79	60.91	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
22	11.35	0.55	1.81	63.05	132.39 (1.95)	0.00 (0.00)	4
23	11.41	0.55	1.82	63.47	4.91 (0.07)	0.00 (0.00)	4
24	11.49	0.55	1.83	65.73	0.49 (0.01)	0.07 (0.00)	4
25	11.52	0.55	1.83	66.02	4.57 (0.07)	0.00 (0.00)	4
26	11.56	0.54	1.84	66.42	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
27	11.78	0.53	1.87	69.23	0.02 (0.00)	0.00 (0.00)	4
28	12.50	0.50	1.99	76.07	0.05 (0.00)	0.00 (0.00)	4
29	12.61	0.50	2.01	77.04	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
30	12.70	0.49	2.02	78.28	0.27 (0.00)	0.00 (0.00)	4
31	12.89	0.49	2.05	82.87	0.05 (0.00)	0.10 (0.00)	4
32	12.96	0.48	2.06	83.80	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
33	13.36	0.47	2.13	88.40	0.02 (0.00)	0.00 (0.00)	4
34	13.42	0.47	2.14	90.08	0.00 (0.00)	2.75 (0.04)	4
35	14.21	0.44	2.26	99.94	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	4
36	14.85	0.42	2.36	109.98	0.04 (0.00)	0.62 (0.01)	4
37	15.08	0.42	2.40	113.40	0.18 (0.00)	0.00 (0.00)	4
38	15.34	0.41	2.44	117.30	0.13 (0.00)	0.24 (0.00)	4
39	15.63	0.40	2.49	121.85	0.11 (0.00)	1.30 (0.02)	4
40	16.03	0.39	2.55	128.17	0.00 (0.00)	0.02 (0.00)	4
41	16.46	0.38	2.62	135.28	1.19 (0.02)	2.95 (0.04)	4
42	17.30	0.36	2.75	149.55	1.68 (0.02)	137.93 (2.03)	4
43	17.62	0.36	2.80	154.21	1.01 (0.01)	0.34 (0.00)	4
44	17.72	0.35	2.82	156.85	2.83 (0.04)	1017.47 (15.00)	4
45	18.00	0.35	2.87	161.77	111.41 (1.64)	34.17 (0.50)	4
46	18.44	0.34	2.93	169.76	54.03 (0.80)	17.51 (0.26)	4
47	19.24	0.33	3.06	184.89	2.52 (0.04)	15.09 (0.22)	4
48	20.02	0.31	3.19	199.88	0.17 (0.00)	0.03 (0.00)	4
49	21.12	0.30	3.36	222.02	0.16 (0.00)	0.57 (0.01)	4
50	21.43	0.29	3.41	226.95	0.00 (0.00)	0.81 (0.01)	4
51	23.72	0.26	3.77	280.52	46.41 (0.68)	0.10 (0.00)	4
52	25.10	0.25	3.99	313.63	28.78 (0.42)	0.06 (0.00)	4
53	26.27	0.24	4.18	343.43	75.28 (1.11)	1.12 (0.02)	4
54	26.96	0.23	4.29	362.63	88.43 (1.30)	3.76 (0.06)	4
55	27.77	0.23	4.42	384.50	14.65 (0.22)	8.74 (0.13)	4
56	30.49	0.21	4.85	463.08	0.12 (0.00)	0.29 (0.00)	4
57	32.68	0.19	5.20	532.26	0.80 (0.01)	6.93 (0.10)	4
58	36.57	0.17	5.82	667.70	59.41 (0.88)	0.83 (0.01)	4
59	38.12	0.16	6.07	722.96	0.91 (0.01)	1.07 (0.02)	4
60	39.34	0.16	6.26	771.63	0.16 (0.00)	485.83 (7.16)	4
61	50.98	0.12	8.11	1295.34	7.93 (0.12)	0.17 (0.00)	4
62	51.91	0.12	8.26	1340.06	92.72 (1.37)	0.10 (0.00)	4
63	56.50	0.11	8.99	1586.00	0.14 (0.00)	279.50 (4.12)	4
64	77.27	0.08	12.30	2962.42	95.44 (1.41)	107.13 (1.58)	4
65	77.69	0.08	12.37	2992.77	68.96 (1.02)	136.00 (2.00)	4
66	79.42	0.08	12.64	3140.88	9.19 (0.14)	1.57 (0.02)	4
67	213.87	0.03	34.04	21261.72	232.19 (3.42)	0.16 (0.00)	4
résiduel					94.72 (1.40)	289.19 (4.26)	
Total				43540.58	6784.07 (100.00)	6784.07 (100.00)	

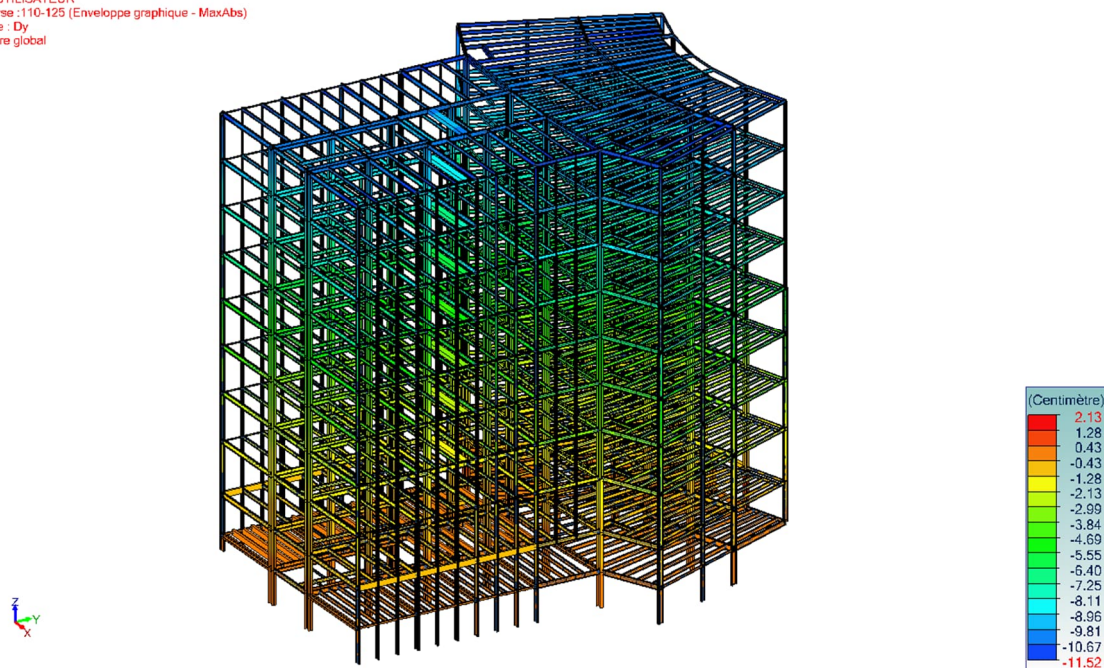
5.2.2 Déplacements sismiques

Vue UTILISATEUR
Analyse : 110-125 (Enveloppe graphique - MaxAbs)
Filaire : Dx
Repère global



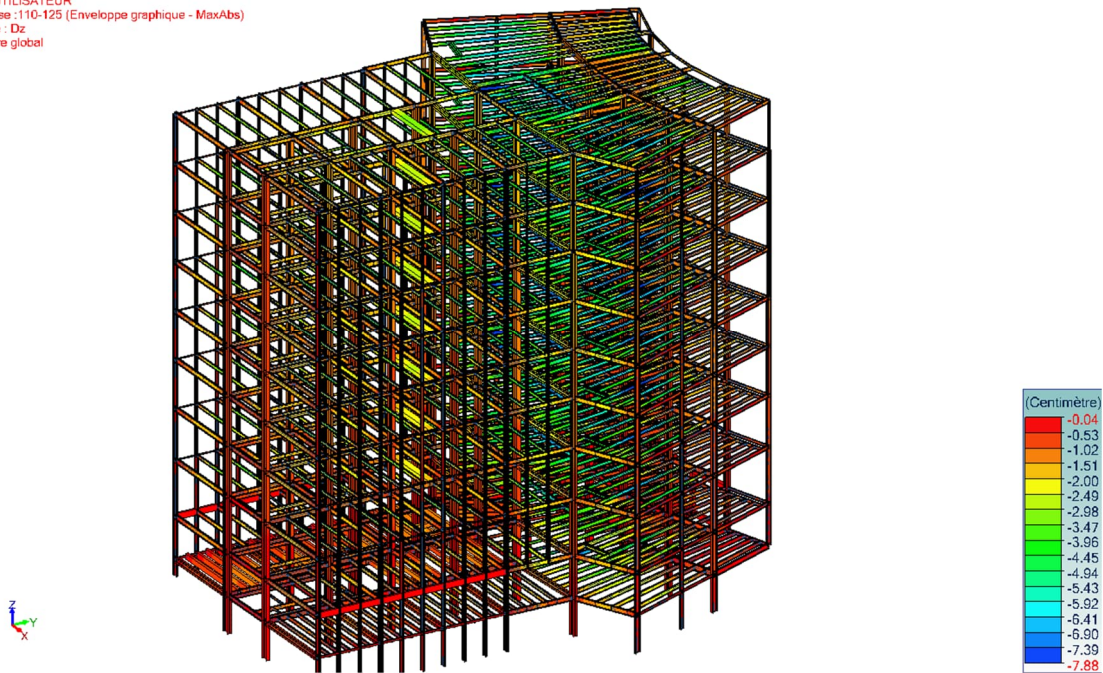
Déplacements DX sous séisme

Vue UTILISATEUR
Analyse : 110-125 (Enveloppe graphique - MaxAbs)
Filaire : Dy
Repère global



Déplacements DY sous séisme

Vue UTILISATEUR
Analyse : 110-125 (Enveloppe graphique - MaxAbs)
Filaire : Dz
Repère global



Déplacements DZ sous séisme

Conclusion :

- Avec ces déplacements importants, le comportement sous séisme du bâtiment HC dans son état actuel ne permet pas de respecter l'espacement avec les bâtiments avoisinants.
- Un calcul au second ordre des éléments de contreventement actuels, avec ces déplacements, ne permet pas de justifier les profilés existants.

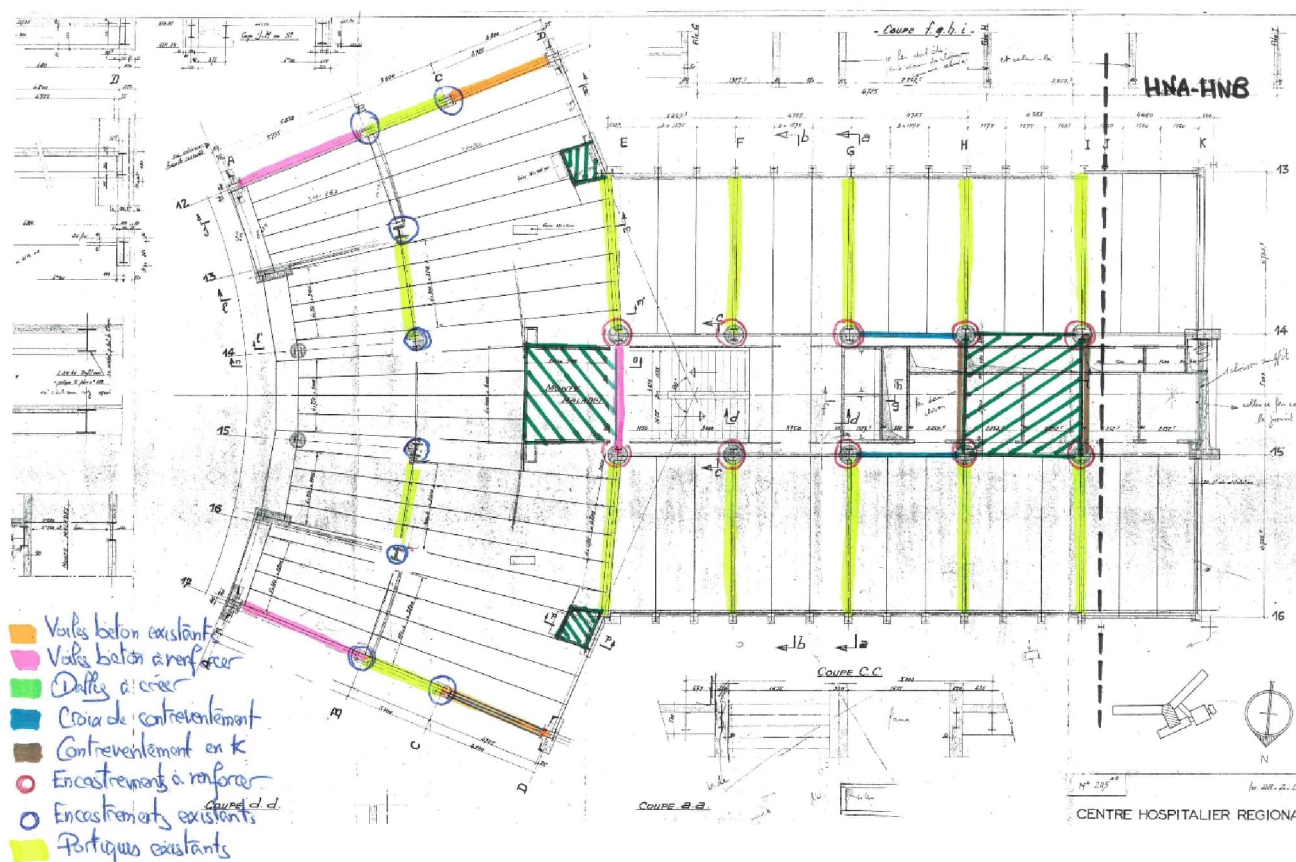
6. ANALYSE SISMIQUE DU BATIMENT HC CONTREVENTE

6.1 PRINCIPE DE CONFORTEMENT SISMIQUE

Dans son état actuel, les éléments au dimensionnement insuffisant nécessitent un renforcement pour obtenir une conformité par rapport à une exigence identique à celle d'un bâtiment neuf.

Vu les contraintes structurales, le principe de contreventement du bâtiment HC consiste à :

- Ajouter des croix métalliques et des contreventements en K disposés d'une manière judicieuse pour ne pas interférer avec le fonctionnement du bâtiment et l'ensemble des réseaux existants et à créer.
- Conserver et renforcer les voiles au droit du JD avec le bâtiment HE et le futur bâtiment GM3 pour contreventer la partie courbe du bâtiment HC.
- Conserver et renforcer les voiles entre E-14 et E-15 de la cage d'escalier et les faire descendre jusqu'au niveau SS2.
- Renforcer les dalles de l'ensemble des étages en remplaçant la chape non structurale par une dalle structurale de 7cm pour améliorer le diaphragme.
- Fermer et renforcer le vide d'ascenseur existant entre la file C et E par la continuité des solives existantes.
- Renforcer tous les encastresments métalliques existants en ajoutant des bracons d'encastresments.



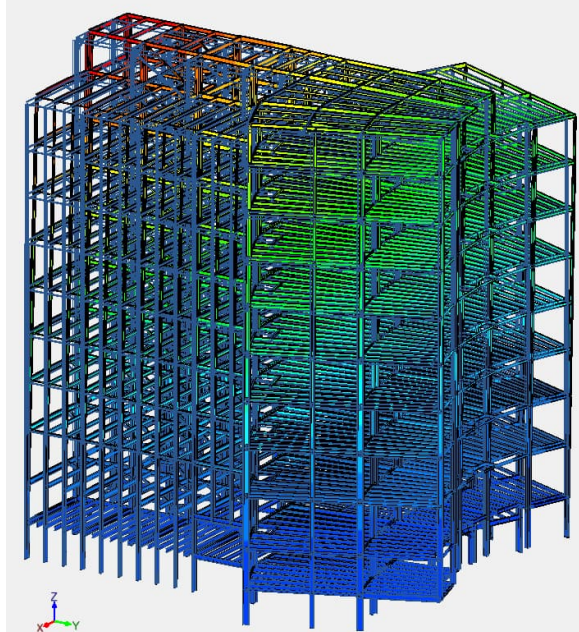
Comme la première approche, nous avons monté la structure dans notre logiciel de calcul (Advance Design) de la manière la plus réaliste possible en tenant compte de l'ensemble de liaisons entre les différents éléments en gardant les mêmes zones d'encastrement.

6.2 RESULTATS PRINCIPAUX

6.2.1 Grandeurs sismiques

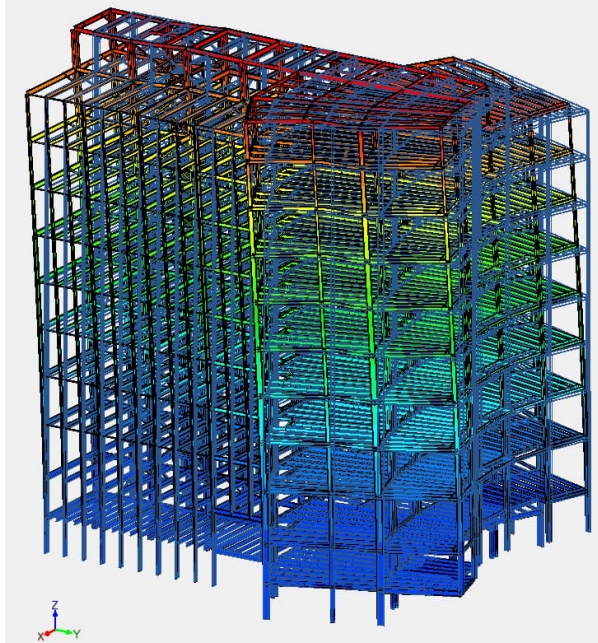
Les deux premiers modes principaux de l'analyse modale 3D pour la structure avec contreventement sont illustrés ci-après. Ces deux modes principaux sont relativement proches par rapport aux résultats de la structure existante seule.

Vue UTILISATEUR
Mode 3 Période (s) = 2.0 Pulsation (Rad/s) = 3.15 Fréquence (Hz) = 0.50



Mode 3 (sens X)

Vue UTILISATEUR
Mode 4 Période (s) = 1.5 Pulsation (Rad/s) = 4.08 Fréquence (Hz) = 0.65



Mode 4 (sens Y)

Les pourcentages de masses modales associées représentent plus de 90% de la masse totale, aussi bien pour une sollicitation orientée suivant X que suivant Y.

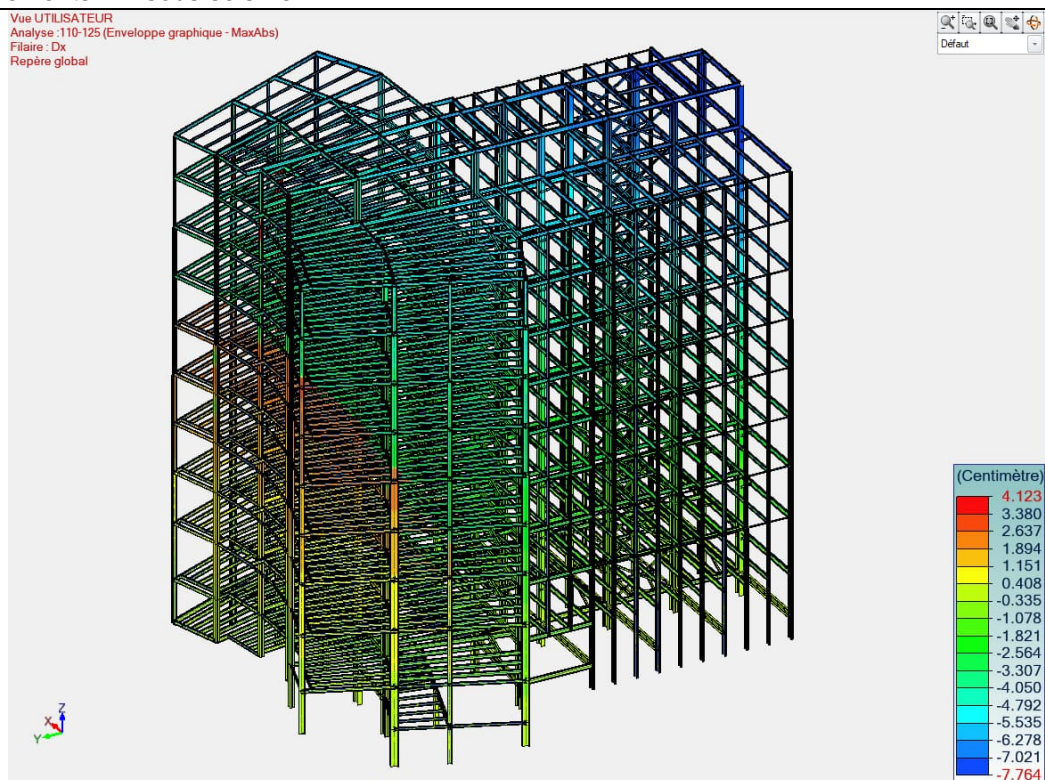
Valeurs modales							
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales		Amortissement (%)
					X kg (%)	Y kg (%)	
1	1,99	3,2	0,32	1,98	0 (0.00)	0 (0.00)	4
2	2,41	2,6	0,38	2,9	5127 (0.07)	0 (0.00)	4
3	3,15	2	0,5	4,95	4046813 (59.18)	141 (0.00)	4
4	4,08	1,5	0,65	8,32	0 (0.00)	4024624 (58.85)	4
5	5,49	1,1	0,87	15,05	274064 (4.01)	1617 (0.02)	4
6	6,46	1	1,03	20,84	0 (0.00)	0 (0.00)	4
7	6,86	0,9	1,09	23,51	0 (0.00)	1 (0.00)	4
8	9,54	0,7	1,52	45,52	0 (0.00)	0 (0.00)	4
9	12,2	0,5	1,94	74,38	962640 (14.08)	2 (0.00)	4
10	13,04	0,5	2,08	85,05	2085 (0.03)	253 (0.00)	4
11	13,18	0,5	2,1	86,83	1 (0.00)	0 (0.00)	4

Valeurs modales							
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales		Amortis- sement (%)
					X kg (%)	Y kg (%)	
12	13,38	0,5	2,13	89,5	1732 (0.03)	169 (0.00)	4
13	13,49	0,5	2,15	91,04	0 (0.00)	0 (0.00)	4
14	13,79	0,5	2,2	95,11	499 (0.01)	97 (0.00)	4
15	13,97	0,4	2,22	97,6	70 (0.00)	48 (0.00)	4
16	15,13	0,4	2,41	114,09	23 (0.00)	282 (0.00)	4
17	15,22	0,4	2,42	115,84	50 (0.00)	337 (0.00)	4
18	15,56	0,4	2,48	120,99	9 (0.00)	2 (0.00)	4
19	15,7	0,4	2,5	122,88	0 (0.00)	168 (0.00)	4
20	15,7	0,4	2,5	123,21	5 (0.00)	47 (0.00)	4
21	15,88	0,4	2,53	126,05	127 (0.00)	151 (0.00)	4
22	15,99	0,4	2,54	127,78	44 (0.00)	10 (0.00)	4
23	16,03	0,4	2,55	128,17	22 (0.00)	20 (0.00)	4
24	16,16	0,4	2,57	130,52	53 (0.00)	0 (0.00)	4
25	16,29	0,4	2,59	132,61	72 (0.00)	318 (0.00)	4
26	16,42	0,4	2,61	134,75	491 (0.01)	184 (0.00)	4
27	16,47	0,4	2,62	135,59	14 (0.00)	793 (0.01)	4
28	16,54	0,4	2,63	136,76	46 (0.00)	954 (0.01)	4
29	16,63	0,4	2,65	138,21	93 (0.00)	4 (0.00)	4
30	16,75	0,4	2,67	140,32	155 (0.00)	610 (0.01)	4
31	17,01	0,4	2,71	144,72	175 (0.00)	490 (0.01)	4
32	17,24	0,4	2,74	148,61	53 (0.00)	155 (0.00)	4
33	17,37	0,4	2,76	150,79	676 (0.01)	835 (0.01)	4
34	17,44	0,4	2,78	152,13	185 (0.00)	966 (0.01)	4
35	17,74	0,4	2,82	157,38	46 (0.00)	1799 (0.03)	4
36	17,76	0,4	2,83	157,76	2949 (0.04)	1139 (0.02)	4
37	18,17	0,3	2,89	165,1	585 (0.01)	2887 (0.04)	4
38	18,22	0,3	2,9	166,01	126 (0.00)	580 (0.01)	4
39	18,61	0,3	2,96	173,24	893 (0.01)	5677 (0.08)	4
40	18,86	0,3	3	177,8	140 (0.00)	2292 (0.03)	4
41	19,15	0,3	3,05	183,43	556 (0.01)	7748 (0.11)	4
42	19,39	0,3	3,09	187,91	2609 (0.04)	10862 (0.16)	4
43	19,71	0,3	3,14	194,24	168 (0.00)	88291 (1.29)	4
44	19,99	0,3	3,18	199,75	299 (0.00)	449971 (6.58)	4
45	20,1	0,3	3,2	201,93	334 (0.00)	262153 (3.83)	4
46	20,49	0,3	3,26	209,93	1680 (0.02)	255099 (3.73)	4
47	20,67	0,3	3,29	213,49	229 (0.00)	58924 (0.86)	4
48	21,18	0,3	3,37	224,04	103 (0.00)	18398 (0.27)	4
49	21,94	0,3	3,49	240,18	953 (0.01)	2757 (0.04)	4
50	22,02	0,3	3,5	242,13	176 (0.00)	9016 (0.13)	4
51	22,52	0,3	3,58	253,1	630 (0.01)	5485 (0.08)	4
52	23,41	0,3	3,73	273,87	344 (0.01)	196 (0.00)	4

Valeurs modales							
Mode N°	Pulsation (Rad/s)	Période (s)	Fréquence (Hz)	Énergie (J)	Masses modales		Amortis- sement (%)
					X kg (%)	Y kg (%)	
53	23,53	0,3	3,75	276,83	10786 (0.16)	1345 (0.02)	4
54	23,97	0,3	3,81	287,1	1697 (0.02)	4845 (0.07)	4
55	25,12	0,3	4	315,56	247365 (3.62)	9 (0.00)	4
56	25,33	0,2	4,03	320,76	47999 (0.70)	14247 (0.21)	4
57	25,58	0,2	4,07	325,69	843 (0.01)	447 (0.01)	4
58	26,8	0,2	4,27	359,03	211714 (3.10)	1948 (0.03)	4
59	27,99	0,2	4,45	391,04	1466 (0.02)	157 (0.00)	4
60	28,48	0,2	4,53	403,84	2637 (0.04)	1480 (0.02)	4
61	29,71	0,2	4,73	440,77	1979 (0.03)	33 (0.00)	4
62	30,77	0,2	4,9	470,7	175 (0.00)	15 (0.00)	4
63	32,24	0,2	5,13	519,28	93 (0.00)	780 (0.01)	4
64	34,25	0,2	5,45	583,49	20 (0.00)	1 (0.00)	4
65	35,04	0,2	5,58	613,4	403 (0.01)	1969 (0.03)	4
66	37,38	0,2	5,95	698,41	106979 (1.56)	1229 (0.02)	4
67	38,1	0,2	6,06	725,23	71474 (1.05)	9 (0.00)	4
68	38,9	0,2	6,19	754,57	1421 (0.02)	100 (0.00)	4
69	43,67	0,1	6,95	953,24	346 (0.01)	418860 (6.13)	4
70	46,33	0,1	7,37	1070,73	394 (0.01)	120 (0.00)	4
71	48,02	0,1	7,64	1152	3531 (0.05)	17839 (0.26)	4
72	48,28	0,1	7,68	1165,08	53555 (0.78)	609 (0.01)	4
73	55,05	0,1	8,76	1514,16	11853 (0.17)	167 (0.00)	4
74	55,66	0,1	8,86	1547,6	122868 (1.80)	323 (0.00)	4
75	61,07	0,1	9,72	1864,53	242 (0.00)	186414 (2.73)	4
76	65,86	0,1	10,48	2165,41	670 (0.01)	947 (0.01)	4
77	70,08	0,1	11,15	2453,56	82637 (1.21)	4901 (0.07)	4
78	74,96	0,1	11,93	2807,44	2601 (0.04)	136793 (2.00)	4
79	91,06	0,1	14,49	4131,56	70420 (1.03)	272 (0.00)	4
80	91,22	0,1	14,52	4151,37	28903 (0.42)	38 (0.00)	4
81	110,37	0,1	17,57	6078,02	2573 (0.04)	147185 (2.15)	4
82	133,54	0	21,25	8890,53	66064 (0.97)	98657 (1.44)	4
83	137,72	0	21,92	9426,59	1989 (0.03)	45891 (0.67)	4
84	143,73	0	22,88	10270,66	12964 (0.19)	248185 (3.63)	4
85	350,4	0	55,77	56143,81	298061 (4.36)	0 (0.00)	4
résiduel					63537 (0.93)	286031 (4.18)	
Total				130159,91	6838403 (100.00)	6838403 (100.00)	

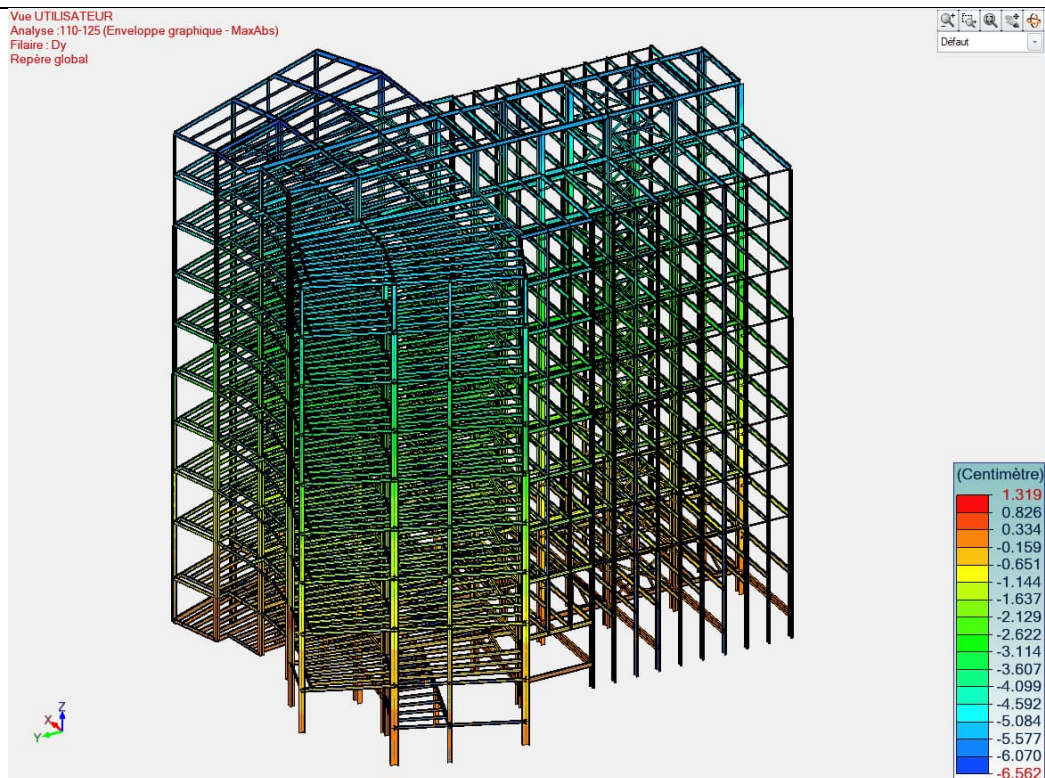
6.2.2 Déplacements sismiques

Déplacements DX sous séisme



Avec Déplacement Dx= 4.47cm (côté Bâtiment GM3)

Déplacements DY sous séisme



Avec Déplacement Dy= 5.37cm (côté Bâtiment HNA-HNB)

D'après ces résultats, on peut conclure que le système de contreventement proposé a amélioré le comportement sismique du bâtiment HC en passant des déplacements importants vers des valeurs plus faibles pour les trois directions.

Les valeurs des JD minimales à respecter entre les bâtiments :

- HC et HNA-HNB : $0,7 \times \sqrt{13,80^2 + 5,37^2} = 10,4\text{cm}$
- HC et GM3 : $0,7 \times \sqrt{5,60^2 + 4,47^2} = 7,2\text{cm}$
- HC et HE : le déplacement maximal du bâtiment HC au droit du JD avec le bâtiment HE est de l'ordre de 6cm. Alors, dans l'attente de la démolition du bâtiment HE, il n'y aura pas de préconisation.

6.3 VERIFICATION DE LA STABILITE DE LA STRUCTURE

Le calcul des efforts sismiques étage par étage et élément par élément est conduit en suivant les prescriptions de la NF EN 1998-1, Les éléments sont ensuite vérifiés au sens de la NF EN 1993-1-1, avec les combinaisons d'actions relatives aux situations sismiques et en service.

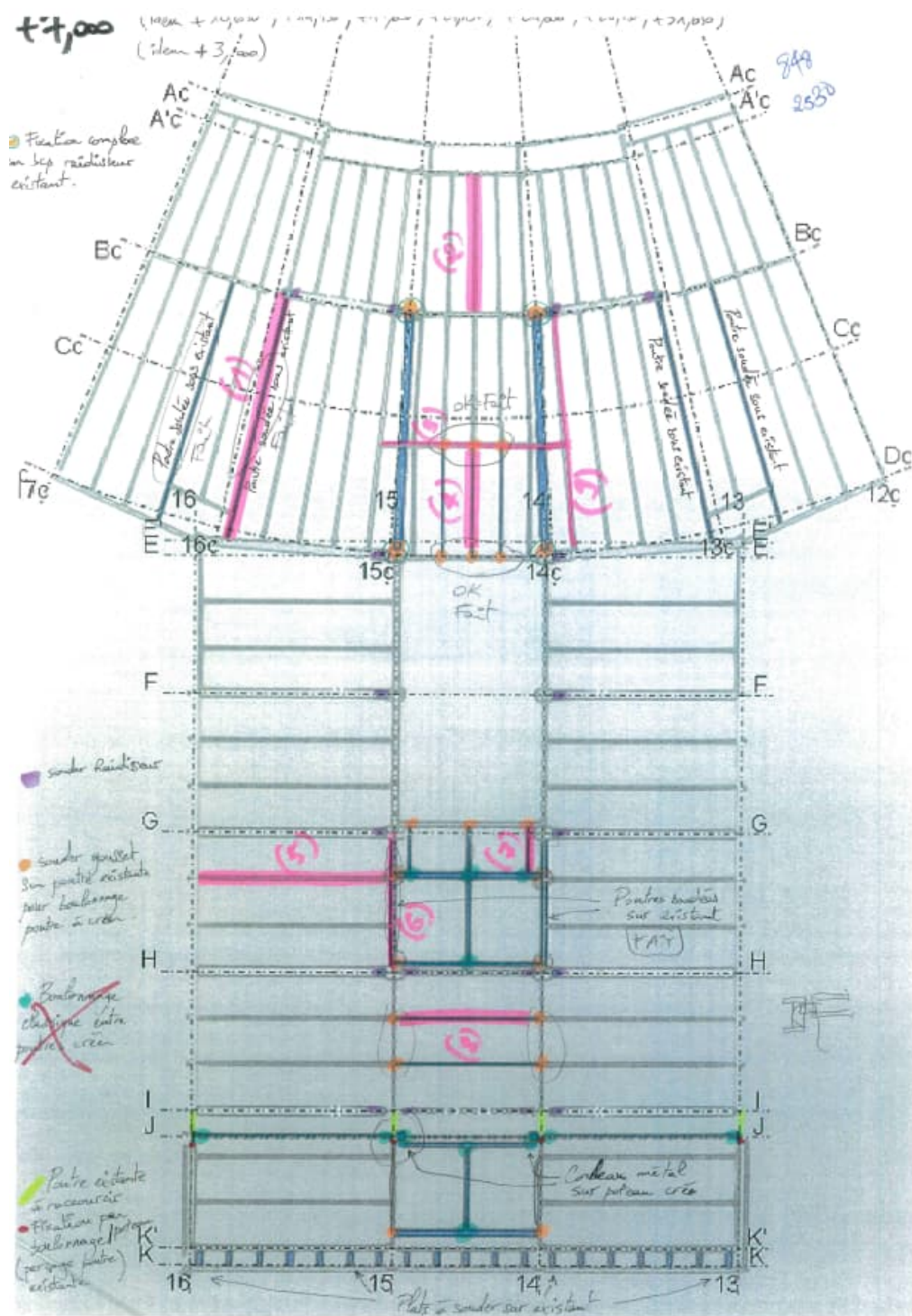
Les hypothèses de l'analyse des profilés métalliques sont les suivantes :

- Dimensionnement réalisé selon le règlement EC3 (AN Français).
- Le calcul a été mené en flexion composée-déviée.
- L'optimisation des profilés a été menée pour atteindre un taux de travail des éléments inférieur à 100%.
- Le nombre d'itérations pour chaque profilé est déterminé automatiquement
- L'optimisation a été menée par éléments.
- Le tri des fiches de profilés se fait sur le critère enveloppe.

6.3.1 Vérifications des poutres de planchers

Les solives de planchers sont vérifiées sous cas statiques ELU et ELS.

Exemple de repérage des poutres à vérifier (Niv 3) :



Les charges courantes appliquées sur les planchers sont les suivantes :

CP1 (dalle BA ép. 0.07m) = 175daN/m ² ;	CE1 (surcharges d'exploitation) = 250daN/m ² ;
CP2 (surcharges permanentes) = 120daN/m ² ;	CE2
CP3 (poids propre du profilé métallique)	CE3

ITC

P.A.T. LA PARDIEU – 9, rue Louis Rosier
Tel : 04 73 26 58 58 / Fax : 04 73 27 66 16
63063 Clermont-Ferrand cedex 1

1 - CARACTERISTIQUES D'UN PROFILE

Section
Grande inertie suivant y
Module de flexion suivant y
Petite inertie suivant z
Module de flexion suivant z
hauteur
largeur
Epaisseur de la semelle
Contrainte limite de calcul :
Module d'élasticité :

(Zone plancher courant)=

	poutre (1)	poutre (2)	poutre (3)	poutre (4)	
	IPN260	IPN260	IPN340	IPN180	
A=	53,30	53,30	86,70	27,90	cm ²
I _y =	5740,0	5740,0	15700,0	1450,0	cm ⁴
W _{el,y} =	441,5	441,5	923,5	161,1	cm ³
I _z =	288,0	288,0	674,0	81,3	cm ⁴
W _{el,z} =	51,0	51,0	98,4	19,8	cm ³
h=	26,00	26,00	34,00	18,00	cm
b=	11,30	11,30	13,70	8,20	cm
t _f =	1,41	1,41	1,83	1,04	cm
f _y =	21,5	21,5	21,5	23,5	daN/mm ²
E=	21000	21000	21000	21000	daN/mm ²

2 - CHARGEMENT

(poids propre de la dalle BA ép. 7cm)	CP1=	175,0	175,0	198,7	175,0	daN/m ²
	CP2=	120,0	120,0	120,0	120,0	daN/m ²
(poids propre du profilé CM)	CP3=	38,3	55,8	19,8	22,9	daN/m ²
	CE1=	250,0	250,0	250,0	250,0	daN/m ²
	CE2=	0,0	0,0	0,0	0,0	daN/m ²
	CE3=	0,0	0,0	0,0	0,0	daN/m ²
(largeur de la charge) L1=		1,31	0,90	4,14	1,15	m
	CP=	436,7	315,7	1399,3	365,5	daN/m
	CE=	327,5	225,0	1033,8	287,5	daN/m

3 - VERIFICATION DE LA POUTRE ELU/ELS

	q _{ELU} =	1080,7	763,7	3439,7	924,7	daN/m
	q _{ELS} =	764,2	540,7	2433,0	653,0	daN/m
(portée de la poutre) L2=		8,70	5,35	6,50	3,80	m
Verification du moment de flexion	My,ELU=	10225,1	2732,4	18165,7	1669,1	daN.m
	c1=My,ELU/W _{el,y} =	23,2	6,2	19,7	10,4	daN/mm ²
	c1/f _y =	108%	29%	91%	44%	
Verification de la flèche	flèche,ELS=5qL ⁴ /384EI	0,04729	0,00479	0,01715	0,00582	m
	c2=L2/200	0,04350	0,02675	0,03250	0,01900	m
	flèche,ELS/c2=	109%	18%	53%	31%	

ITC

P.A.T. LA PARDIEU – 9, rue Louis Rosier
Tel : 04 73 26 58 58 / Fax : 04 73 27 66 16
63063 Clermont-Ferrand cedex 1

1 - CARACTERISTIQUES D'UN PROFILE

Section

Grande inertie suivant y

Module de flexion suivant y

Petite inertie suivant z

Module de flexion suivant z

hauteur

largeur

Epaisseur de la semelle

Contrainte limite de calcul :

Module d'élasticité :

(Zone plancher courant)=	poutre (5)	poutre (6)	poutre (7)	poutre (8)	poutre (9)	
	IPN260	IPN300	IPE220	IPN260	IPN340	
A=	53,30	69,00	33,40	53,30	86,70	cm ²
I _y =	5740,0	9800,0	2772,0	5740,0	15700,0	cm ⁴
wel,y=	441,5	653,3	252,0	441,5	923,5	cm ³
I _z =	288,0	451,0	205,0	288,0	674,0	cm ⁴
wel,z=	51,0	72,2	37,3	51,0	98,4	cm ³
h=	26,00	30,00	22,00	26,00	34,00	cm
b=	11,30	12,50	11,00	11,30	13,70	cm
t _f =	1,41	1,62	0,92	1,41	1,83	cm
f _y =	21,5	21,5	23,5	23,5	21,5	daN/mm ²
E=	21000	21000	21000	21000	21000	daN/mm ²

2 - CHARGEMENT

(poids propre de la dalle BA ép. 7cm)	CP1=	175,0	192,7	175,0	175,0	182,8	daN/m ²
	CP2=	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	daN/m ²
(poids propre du profilé CM)	CP3=	31,8	19,3	25,2	31,8	19,4	daN/m ²
	CE1=	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	daN/m ²
	CE2=	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	daN/m ²
	CE3=	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	daN/m ²
(largeur de la charge) L1=		1,58	3,37	1,25	1,58	4,22	m
	CP=	516,3	2407,2	400,2	516,3	1359,3	daN/m
	CE=	395,0	841,3	312,5	395,0	1055,0	daN/m

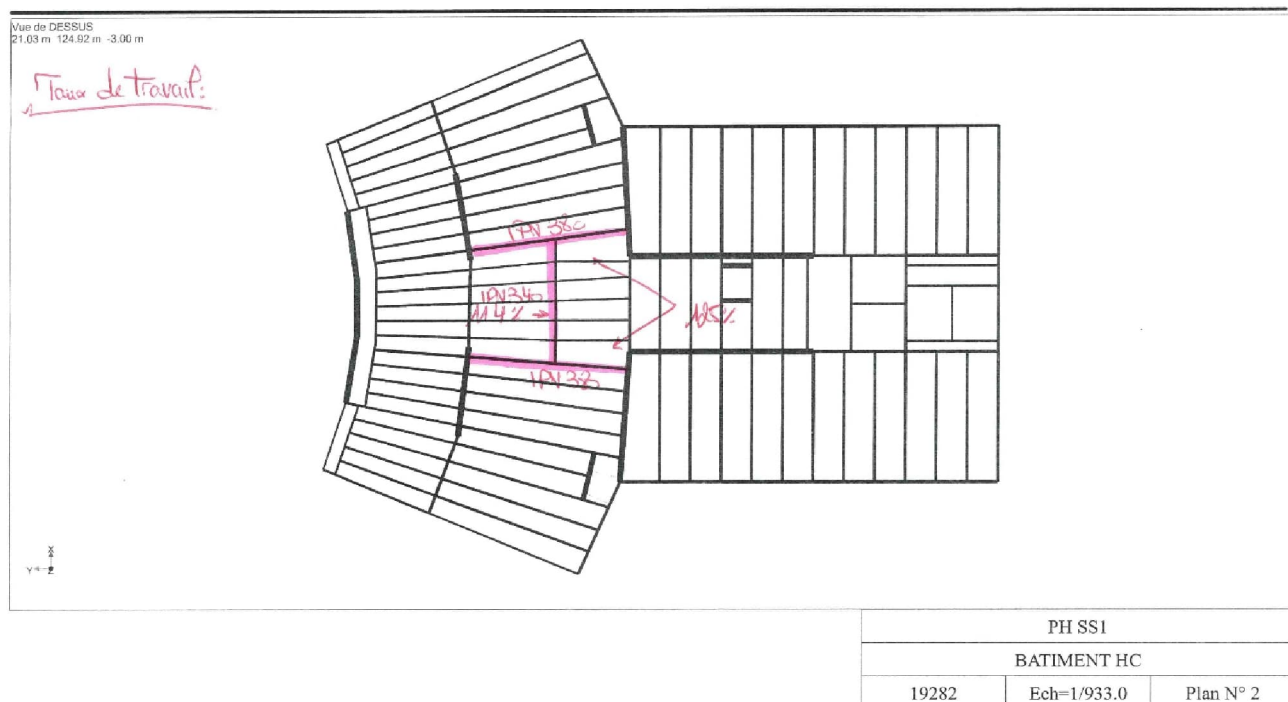
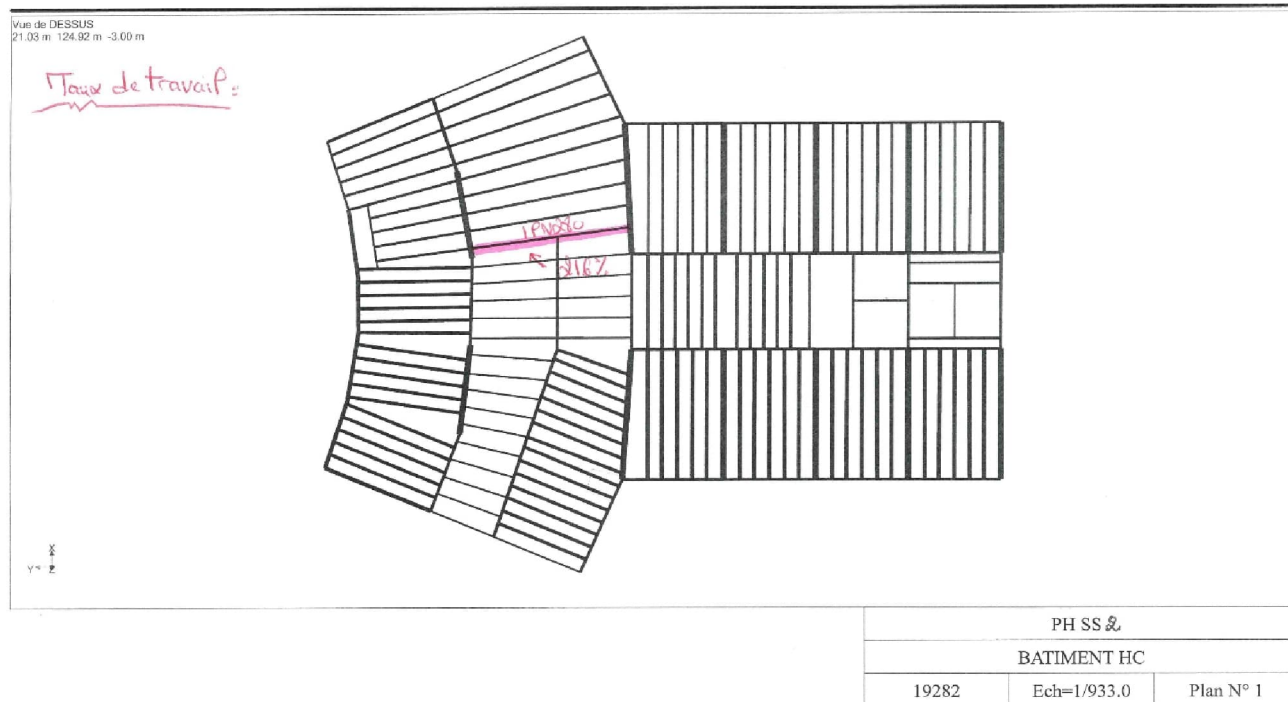
3 - VERIFICATION DE LA POUTRE ELU/ELS

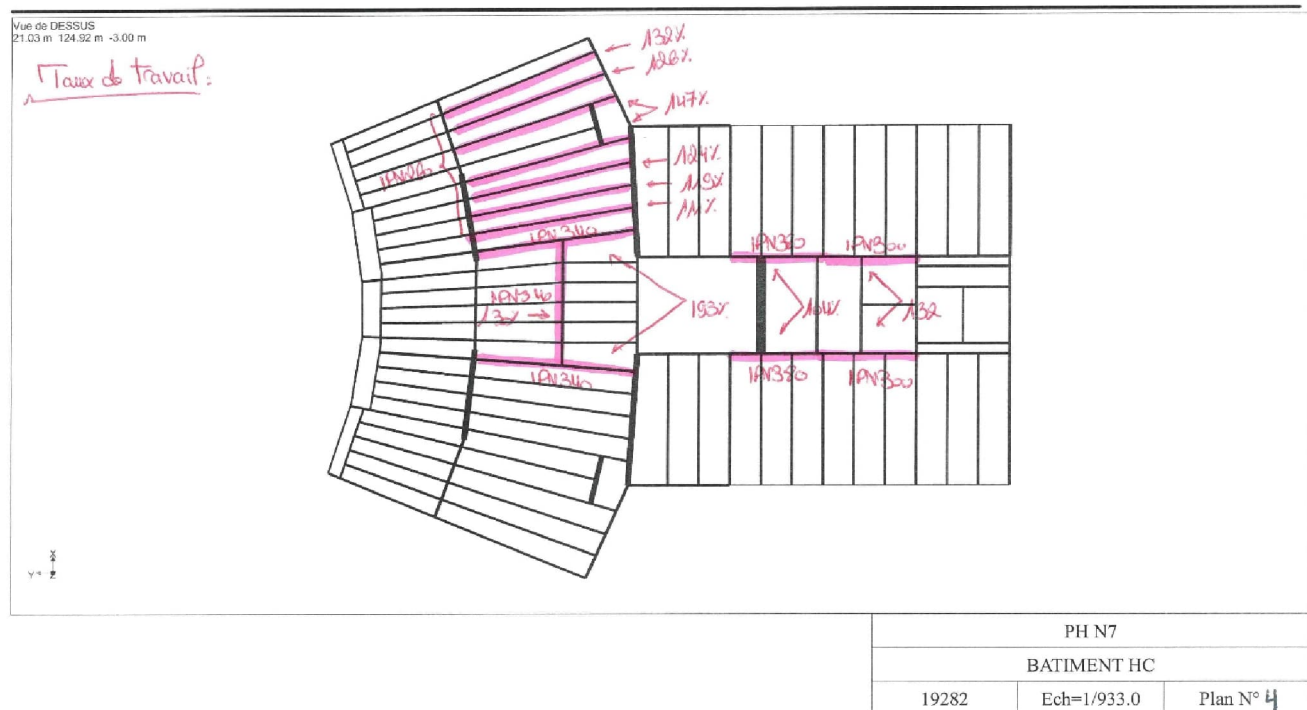
q _{ELU} =	1289,5	4511,6	1009,0	1289,5	3417,6	daN/m
q _{ELS} =	911,3	3248,5	712,7	911,3	2414,3	daN/m
(portée de la poutre) L2=	6,73	4,73	1,75	5,00	8,26	m
Verification du moment de flexion						
M _{y,ELU} =	7300,7	12617,2	386,3	4029,7	29147,0	daN.m
c1=M _{y,ELU} /W _{el,y} =	16,5	19,3	1,5	9,1	31,6	daN/mm ²
c1/f _y =	77%	90%	7%	39%	147%	
Verification de la flèche						
flèche,ELS=5qL ⁴ /384EI	0,02019	0,01029	0,00015	0,00615	0,04439	m
c2=L2/200	0,03365	0,02365	0,00875	0,02500	0,04130	m
flèche,ELS/c2=	60%	43%	2%	25%	107%	

Repérage des poutres à renforcer :

Les poutres et les solives sont vérifiées sous les différentes sollicitations séisme. Les portiques de contreventement existant ne nécessitent pas de renforcement sous sollicitations sismiques.

Les éléments illustrés ci-après nécessitent un renforcement.





6.3.2 Vérifications des poteaux

Taux de travail des poteaux :

TAUX DE TRAVAIL MAXIMUM - STABILITE : PAR SECTION							
SECTION	VÉRIFIÉ	XY XZ	XLT	TAUX DE TRAVAIL N (%)	TAUX DE TRAVAIL MY (%)	TAUX DE TRAVAIL MZ (%)	TAUX DE TRAVAIL (%)
HEA200	6.61	0.99	1.00	23	4	21	48
	6.62	0.92		25	2	31	59
IPN380	6.61	1.00	0.89	69	61	6	136
	6.62	0.91		76	40	20	137
IPN320	6.61	1.00	0.87	51	59	4	115
	6.62	0.88		58	35	13	106
HEA400	6.61	1.00	1.00	91	2	1	94
	6.62	0.98		93	1	1	95
HEA500	6.61	1.00	1.00	112	2	1	115
	6.62	1.00		112	1	1	114
HEA260	6.61	1.00	1.00	44	3	27	74
	6.62	0.96		46	2	43	91
HEA550	6.61	1.00	1.00	86	7	4	98
	6.62	1.00		86	4	8	98
HEA300	6.61	1.00	1.00	81	3	15	99
	6.62	1.00		81	2	23	106
IPN180	6.61	0.99	0.69	5	53	0	58
	6.62	0.57		9	28	0	37
IPN260	6.61	1.00	1.00	48	3	1	51
	6.62	0.72		66	2	1	69
IPN280	6.61	1.00	1.00	37	0	0	37
	6.62	0.75		50	0	0	50
IPN300	6.61	1.00	1.00	84	3	5	93
	6.62	0.87		97	2	8	107
IPN450	6.61	1.00	1.00	51	4	1	56
	6.62	0.93		55	2	1	58
HEA450	6.61	1.00	1.00	41	9	2	53
	6.62	0.98		42	5	4	51
IPN360	6.61	1.00	1.00	15	2	0	17
	6.62	0.83		18	1	0	20
HEA240	6.61	1.00	1.00	13	6	55	74
	6.62	0.95		14	3	82	99
IPN340	6.61	1.00	1.00	20	2	0	23
	6.62	0.82		25	1	1	27
IPN500	6.61	1.00	1.00	22	5	0	27
	6.62	0.88		25	2	0	27
IPN400	6.61	1.00	1.00	17	6	0	23
	6.62	0.85		20	3	0	23
HEA320	6.61	1.00	1.00	35	2	1	39
	6.62	0.98		36	1	2	39
IPN200	6.61	0.99	1.00	1	0	5	6
	6.62	0.63		2	0	7	9
HEA340	6.61	1.00	1.00	15	30	7	52
	6.62	0.98		15	17	11	43

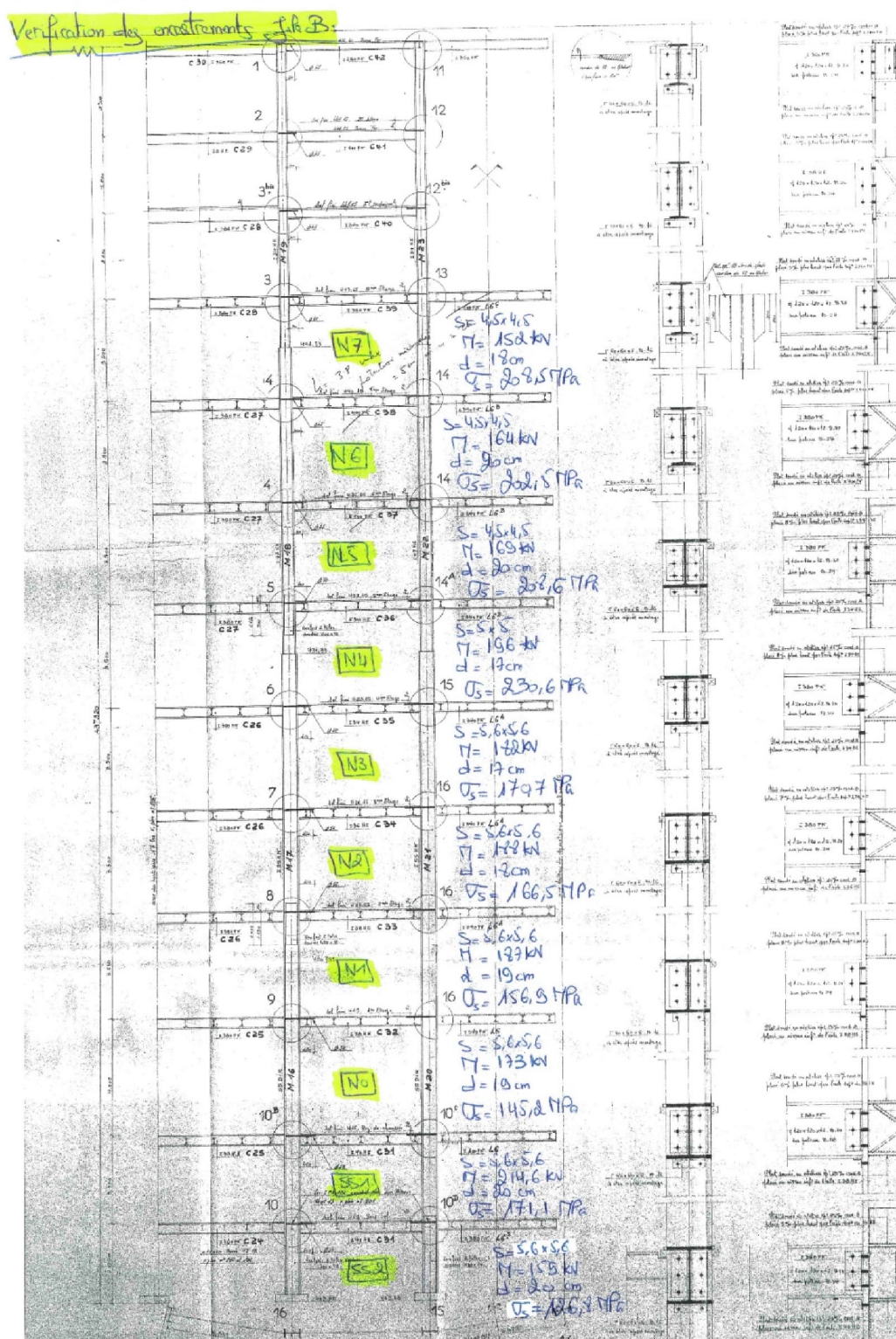
Repérage des poteaux à renforcer :

Une vérification a été faite sur la base des sollicitations de l'ensemble des poteaux et cela a donné des instabilités au niveau de certains poteaux entre le niveau Sous-sol 2 et le N0.

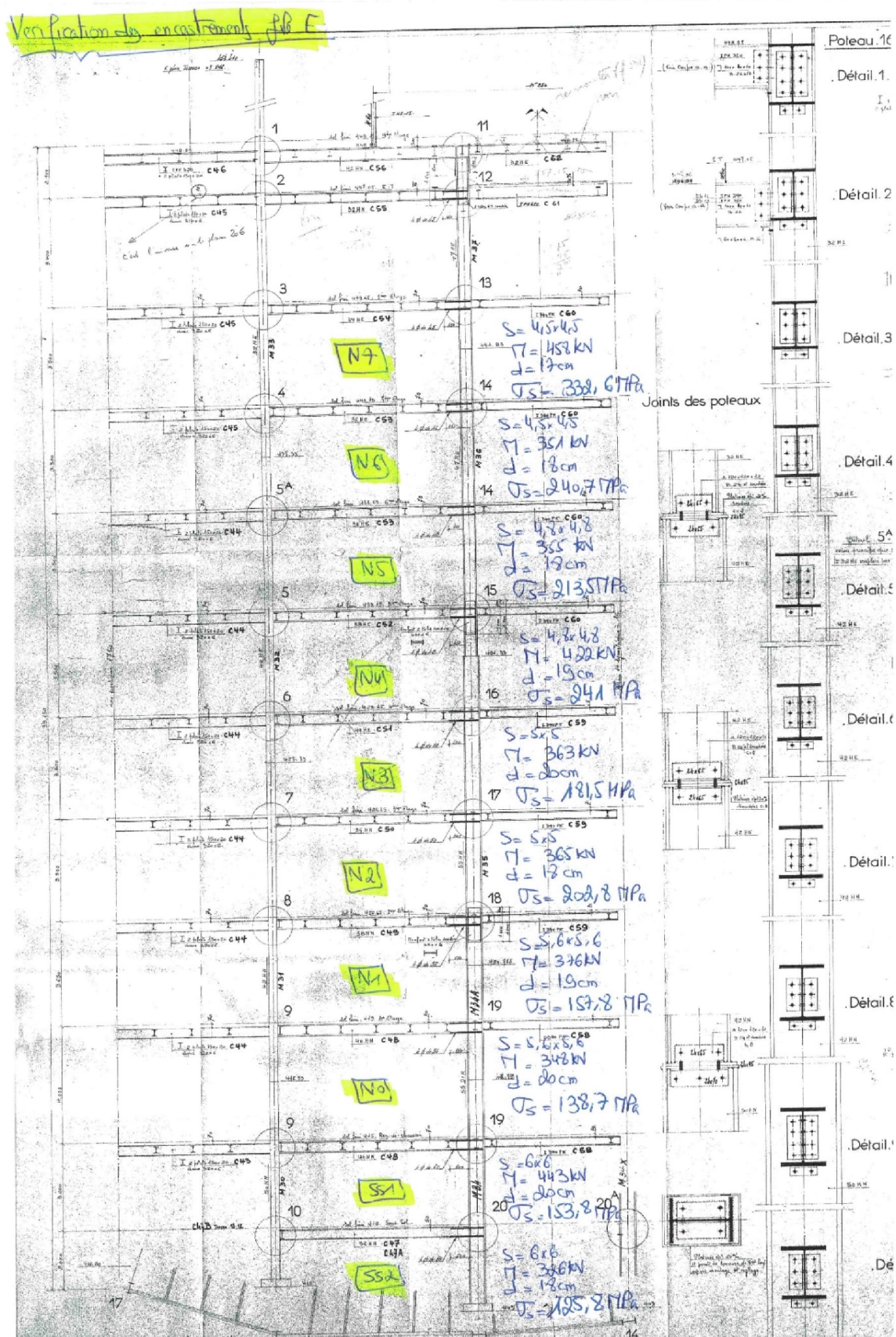
En ce qui concerne les poteaux non stables vis-à-vis l'ensemble des sollicitations, une deuxième vérification en tenant compte de la section béton (amélioration des caractéristiques des profilés) a permis de vérifier la stabilité de ces poteaux.

6.3.3 Vérification des encastremements

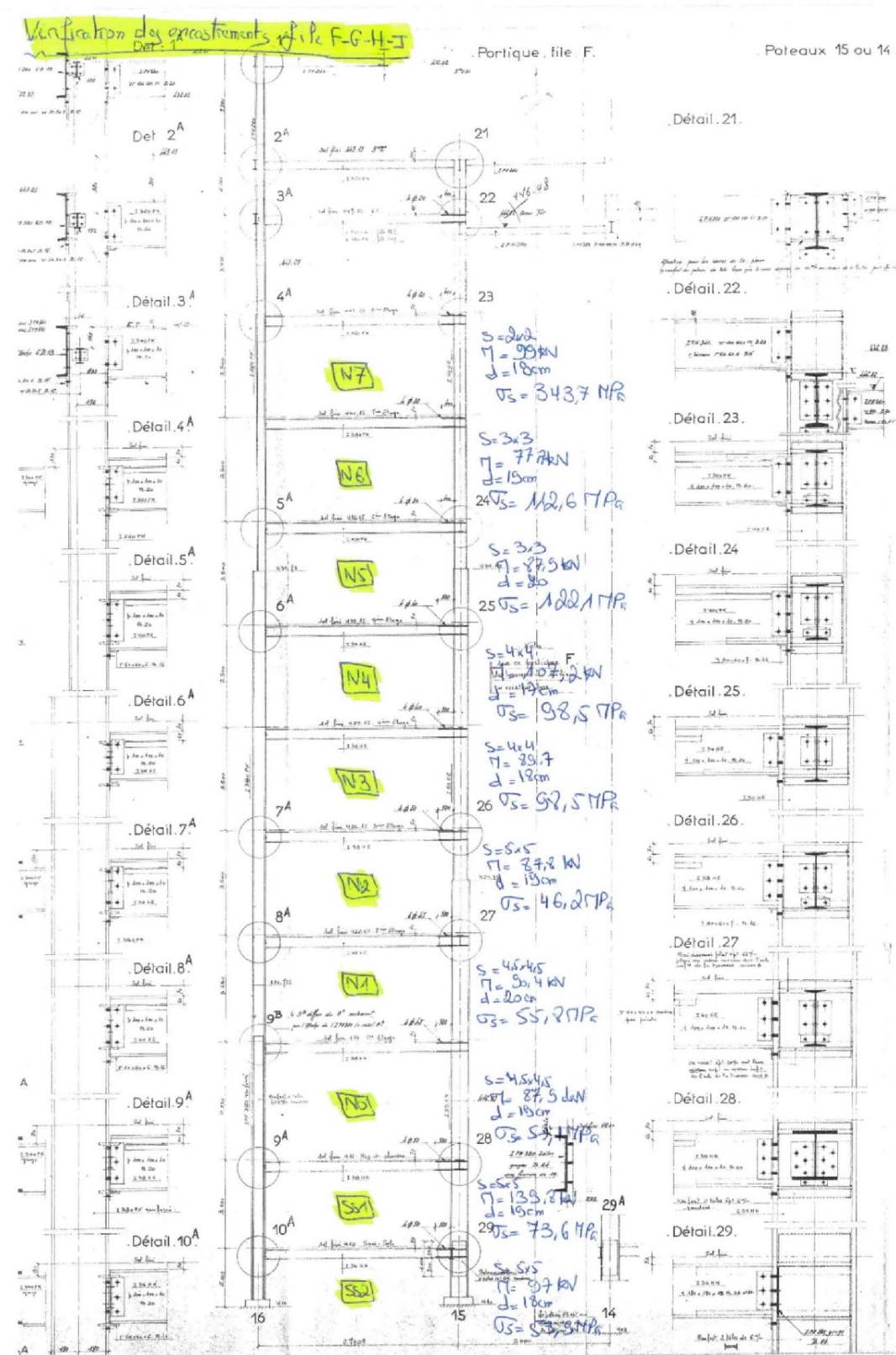
La contrainte agissante sur chaque encastrement doit être inférieure à la contrainte admissible de 215MPa. Dans le cas contraire un renfort d'encastrement est nécessaire pour la section concernée.



Un renfort d'encastrement est nécessaire pour les encastremements du PH N+3. Ce principe sera appliqué sur l'ensemble des Niveaux.



Un renfort d'encastrement est nécessaire pour les encastrement du PH N+3, N+5, N+6. Ce principe sera appliqué sur l'ensemble des Niveaux.



Un renfort d'encastrement est nécessaire pour les encastresments du PH N+6. Ce principe sera appliqué sur l'ensemble des Niveaux.

6.3.4 Vérifications de la résistance des croix de contreventement

Une vérification a été faite sur la base des sollicitations de l'ensemble des croix TCA120/10 et cela a donné ci-après.


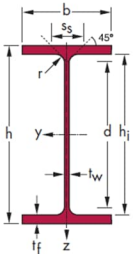
Croix de contreventement :

Enveloppes d'enveloppes efforts des filaires (repère local)							
Env.	Cas de charges	FX(kN)	FY(kN)	FZ(kN)	MX(kN*m)	MY(kN*m)	MZ(kN*m)
Max(FX)	123	283,9	-0,3	29,9	0,0	0,0	0,0
Min(FX)	115	-312,5	-0,2	0,8	0,0	0,0	0,0
Max(FY)	120	-7,4	1,8	2,4	0,0	0,0	0,0
Min(FY)	112	-2,5	-1,8	2,6	0,0	0,0	0,0
Max(FZ)	118	256,2	0,0	34,1	0,0	0,0	0,0
Min(FZ)	114	-208,6	-0,4	-34,4	0,0	0,0	0,0
Max(MX)	117	-56,4	0,7	-1,1	0,0	0,0	0,0
Min(MX)	122	196,2	1,4	28,5	0,0	0,0	0,0
Max(MY)	118	256,2	0,0	34,1	0,0	0,0	0,0
Min(MY)	114	-208,7	-0,4	-34,2	0,0	0,0	0,0
Max(MZ)	112	-2,4	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
Min(MZ)	120	-7,5	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0

VERIFICATION AU FLAMBEMENT			
		P.A.T. LA PARDIEU – 9, rue Louis Rosier Tel : 04 73 26 58 58 / Fax : 04 73 27 66 16 63063 Clermont-Ferrand cedex 1	
1 - CARACTERISTIQUES D'UN PROFILE			
Section	TCA120/10	A=	43,52 cm ²
Grande inertie suivant y		Iy=	870,3 cm ⁴
Module de flexion suivant y		wel,y=	145,1 cm ³
Petite inertie suivant z		Iz=	870,3 cm ⁴
Module de flexion suivant z		wel,z=	145,1 cm ³
hauteur		h=	12,00 cm
largeur		b=	12,00 cm
Epaisseur de la semelle		tf=	1,00 cm
Contrainte limite de calcul :		fy=	23,5 daN/mm ²
Module d'élasticité :		E=	21000 daN/mm ²
2 - CHARGEMENT			
Effort de Compression		Ned=	31250,0 daN
3 - GEOMETRIE			
Longueur de flambement du profil suivant la grande inertie			5,66 m
Longueur de flambement du profil suivant la petite inertie			5,66 m
4 - FLAMBEMENT			
Effort Normal critique suivant la grande inertie		Ncr=	56306,06 daN
Elancement réduit		lambda=	1,35
Choix courbe de flambement		(a0; a; b; c; d?)	a
Facteur d'imperfection		alpha=	0,21
		phi=	1,53
Coefficient de réduction		chi=	0,44
Résistance au flambement		Nb,rd=	45450,76 daN
Flambement suivant y	0,69	<	1 OK
Effort Normal critique suivant la petite inertie		Ncr=	56306,06 daN
Elancement réduit		lambda=	1,35
Choix courbe de flambement		(a0; a; b; c; d?)	a
Facteur d'imperfection		alpha=	0,21
		phi=	1,53
Coefficient de réduction		chi=	0,44
Résistance au flambement		Nb,rd=	45450,76 daN
Flambement suivant z	0,69	<	1 OK

Contreventement en K (bracons d'encastrement) :

Enveloppes d'enveloppes efforts des filaires (repère local)							
Env.	Cas de charges	FX(kN)	FY(kN)	FZ(kN)	MX(kN*m)	MY(kN*m)	MZ(kN*m)
Max(FX)	104	226,3	0	0	0	0	0
Min(FX)	155	-658,7	0	0	0	0	0
Max(FY)	121	-204,2	0	0	0	0	0
Min(FY)	106	27,8	0	0	0	0	0
Max(FZ)	123	45,8	0	0	0	0	0
Min(FZ)	119	-129,5	0	0	0	0	0
Max(MX)	122	39,1	0	0	0	0	0
Min(MX)	115	41,3	0	0	0	0	0
Max(MY)	119	-129,5	0	0	0	0	0
Min(MY)	104	88,4	0	0	0	0	0
Max(MZ)	121	-204	0	0	0	0	0
Min(MZ)	106	27,8	0	0	0	0	0

VERIFICATION AU FLAMBEMENT				
		P.A.T. LA PARDIEU – 9, rue Louis Rosier Tel : 04 73 26 58 58 / Fax : 04 73 27 66 16 63063 Clermont-Ferrand cedex 1		
1 - CARACTERISTIQUES D'UN PROFILE				
	Section	TCA120/10		
	Grande inertie suivant y	A=	43,52	cm ²
	Module de flexion suivant y	I _y =	870,3	cm ⁴
	Petite inertie suivant z	W _{el,y} =	145,1	cm ³
	Module de flexion suivant z	I _z =	870,3	cm ⁴
	hauteur	W _{el,z} =	145,1	cm
	largeur	h=	12,00	cm
	Epaisseur de la semelle	b=	12,00	cm
	Contrainte limite de calcul :	t _f =	1,00	cm
	Module d'élasticité :	f _y =	23,5	daN/mm ²
	E=	21000	daN/mm ²	
2 - CHARGEMENT				
Effort de Compression		Ned=	65870,0 daN	
3 - GEOMETRIE				
Longueur de flambement du profil suivant la grande inertie			2,08 m	
Longueur de flambement du profil suivant la petite inertie			2,08 m	
4 - FLAMBEMENT				
Effort Normal critique suivant la grande inertie		N _{cr} =	416928,28 daN	
Elancement réduit		λ=	0,50	
Choix courbe de flambement		(a0;a;b;c;d?)	a	
Facteur d'imperfection		α=	0,21	
		φ=	0,65	
Coefficient de réduction		χ=	0,93	
Résistance au flambement		N _{b,rd} =	94676,50 daN	
Flambement suivant y 0,70 < 1 OK				
Effort Normal critique suivant la petite inertie		N _{cr} =	416928,28 daN	
Elancement réduit		λ=	0,50	
Choix courbe de flambement		(a0;a;b;c;d?)	a	
Facteur d'imperfection		α=	0,21	
		φ=	0,65	
Coefficient de réduction		χ=	0,93	
Résistance au flambement		N _{b,rd} =	94676,50 daN	
Flambement suivant z 0,70 < 1 OK				

6.3.5 Justification des voiles en béton

Efforts sismiques dans les voiles :

Les voiles de contreventement seront vérifiés sous les sollicitations suivantes :

Note :

- Av : Acier de traction (réparti sur tout le voile) :
- Af, Aft et Afc : Acier de flexion (aux abouts du voile) :
- Ah : aciers de cisaillement (sur la hauteur du voile si nécessaire)
- Ag : Aciers de glissement au niveau des reprises de bétonnage

Niveau SS2 :

40	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	0,69	Mpa
VR7	4,80	2,65	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm ²)	Aft(cm ²)	Afc(cm ²)			
ELU	224,65								
ELAmax	162,12	246,72	31,04	Av(cm ² /m)	Ah(cm ² /m)	Ag(cm ²)	Ag(cm ² /ml)		
ELAmin	125,89	-246,72	-31,04						
2267	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	2,26	Mpa
VR6	5	2,65	0,12				ratio =	102	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm ²)	Aft(cm ²)	Afc(cm ²)			
ELU	589,60								
ELAmax	378,81	395,71	106,14	Av(cm ² /m)	Ah(cm ² /m)	Ag(cm ²)	Ag(cm ² /ml)		
ELAmin	300,64	-395,71	-106,14		6,08				

Niveau SS1 :

205	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	0,75	Mpa
VR7	4,80	3,00	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm ²)	Aft(cm ²)	Afc(cm ²)			
ELU	213,42								
ELAmax	151,34	213,70	33,86	Av(cm ² /m)	Ah(cm ² /m)	Ag(cm ²)	Ag(cm ² /ml)		
ELAmin	124,90	-213,70	-33,86						
206	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	1,74	Mpa
VR6	5,85	3	0,12				ratio =	88	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm ²)	Aft(cm ²)	Afc(cm ²)			
ELU	239,38			6,47	6,47				
ELAmax	209,51	412,55	96,22	Av(cm ² /m)	Ah(cm ² /m)	Ag(cm ²)	Ag(cm ² /ml)		
ELAmin	89,94	-412,55	-96,22		4,69	10,84	1,95		
207	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	0,82	Mpa
VR2	4,80	3,00	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm ²)	Aft(cm ²)	Afc(cm ²)			
ELU	228,21								
ELAmax	164,18	246,58	36,85	Av(cm ² /m)	Ah(cm ² /m)	Ag(cm ²)	Ag(cm ² /ml)		
ELAmin	129,30	-246,58	-36,85						
208	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	1,71	Mpa
VR1	5,85	3,00	0,12				ratio =	87	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm ²)	Aft(cm ²)	Afc(cm ²)			
ELU	232,42			6,22	6,22				
ELAmax	205,14	407,00	94,53	Av(cm ² /m)	Ah(cm ² /m)	Ag(cm ²)	Ag(cm ² /ml)		
ELAmin	83,78	-407,00	-94,53		4,61	10,17	1,83		
2268	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	2,76	Mpa
VR5	5,00	3,00	0,12				ratio =	113	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm ²)	Aft(cm ²)	Afc(cm ²)			
ELU	645,40								
ELAmax	415,39	379,73	129,92	Av(cm ² /m)	Ah(cm ² /m)	Ag(cm ²)	Ag(cm ² /ml)		
ELAmin	330,35	-379,73	-129,92		7,44				

Niveau N0 :

228	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	1,35	Mpa
VR7	5,85	4,00	0,12				ratio =	83	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	239,57			5,09	5,09				
ELAmix	209,41	388,96	74,32	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	88,42	-388,96	-74,32			1,98	0,36		
229	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	0,83	Mpa
VR6	4,8	4	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	213,46								
ELAmix	150,89	219,73	37,44	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	125,10	-219,73	-37,44						
230	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	0,75	Mpa
VR2	4,80	4,00	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	202,61								
ELAmix	143,72	205,58	34,02	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	120,98	-205,58	-34,02						
231	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	1,37	Mpa
VR1	5,85	4,00	0,12				ratio =	85	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	241,80			5,51	5,51				
ELAmix	211,06	394,07	75,71	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	92,70	-394,07	-75,71			2,96	0,53		
2269	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	2,08	Mpa
VR5	5,00	4,00	0,12				ratio =	98	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	634,54								
ELAmix	408,40	295,31	97,67	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	330,32	-295,31	-97,67		5,59				

Niveau N1 :

235	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	0,70	Mpa
VR7	4,80	3,65	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	188,66								
ELAmix	134,02	181,54	31,81	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	109,44	-181,54	-31,81						
236	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	1,05	Mpa
VR6	5,85	3,65	0,12				ratio =	74	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	227,45			2,06	2,06				
ELAmix	188,93	321,21	57,89	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	94,04	-321,21	-57,89						
237	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	1,05	Mpa
VR2	5,85	3,65	0,12				ratio =	74	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	228,35			2,28	2,28				
ELAmix	189,41	322,98	58,07	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	98,06	-322,98	-58,07						
238	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	0,66	Mpa
VR1	4,80	3,65	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	181,89								
ELAmix	130,51	176,31	29,90	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	107,10	-176,31	-29,90						
2383	LONG(m)	HT(m)	EP(m)				$\tau^* =$	1,49	Mpa
VR5	5,00	3,65	0,12				ratio =	72	K/m3
	N (T)	M (T.m)	V (T)	Af(cm²)	Aft(cm²)	Afc(cm²)			
ELU	551,44								
ELAmix	354,06	227,36	70,30	Av(cm²/m)	Ah(cm²/m)	Ag(cm²)	Ag(cm²/ml)		
ELAmix	285,29	-227,36	-70,30						

Repérage des voiles à renforcer :

Il convient que l'aire de la section des armatures verticales soit comprise entre $A_{s,vmin}$ et $A_{s,vmax}$. (EC2).

- Pour les voiles de 12cm d'épaisseur : % mini 2,4 cm²/ml

Il convient que l'aire de la section de ces armatures ne soit pas inférieure à $A_{s,hmin}$ (EC2).

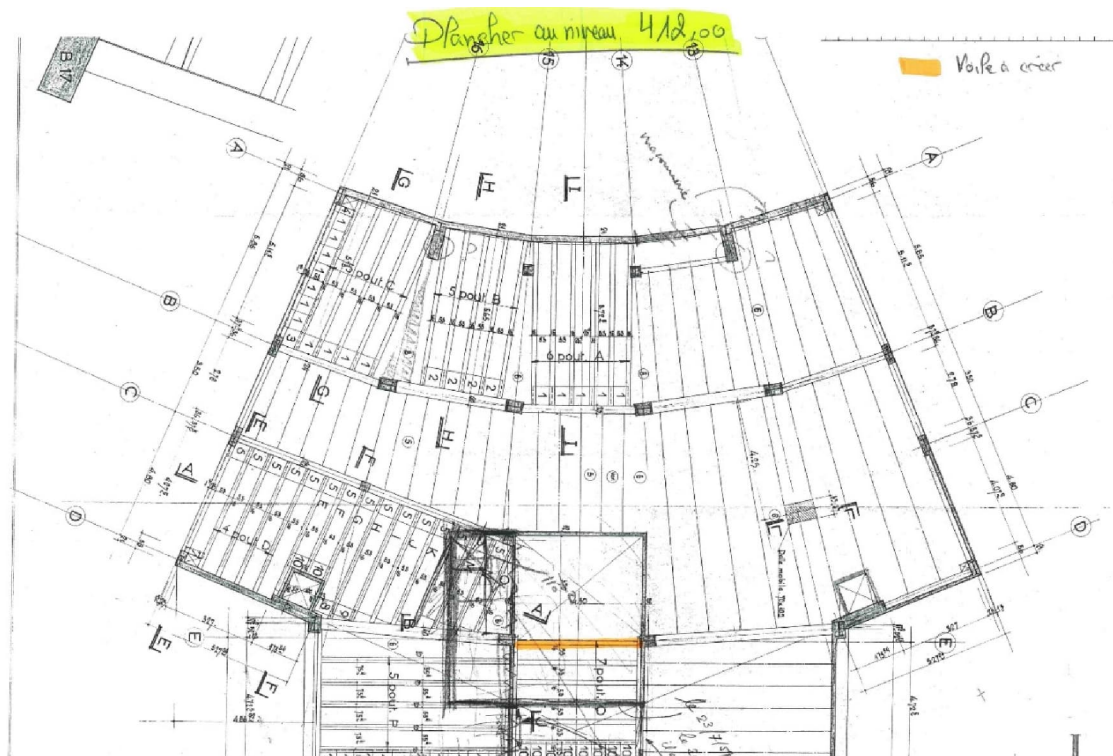
- Pour les voiles de 12cm d'épaisseur : % mini 1,2 cm²/ml

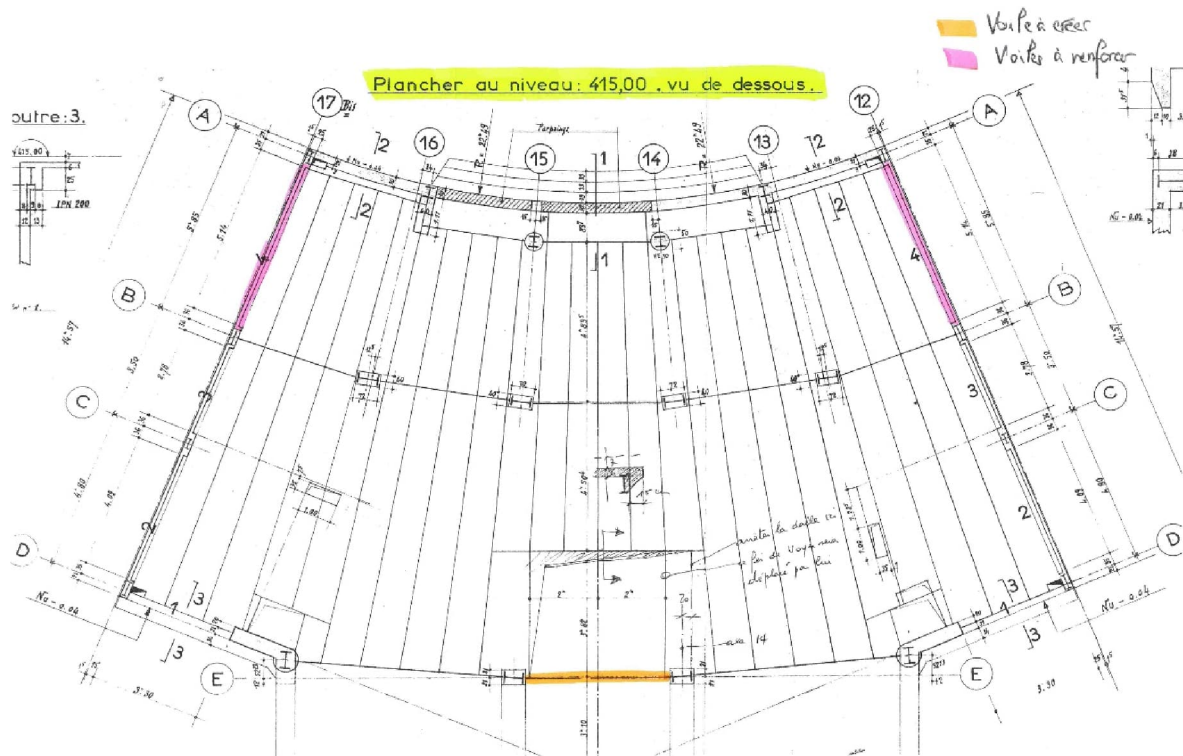
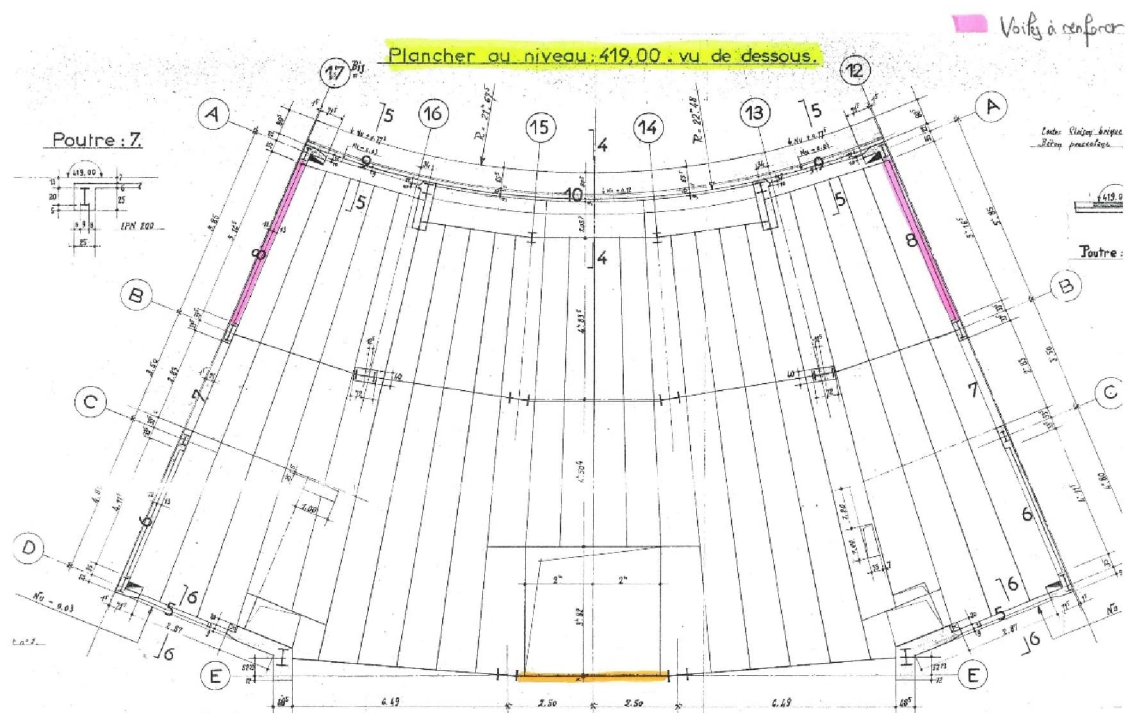
Selon les plans d'exécutions en notre possession :

- Voiles entre la file A et B sur la file 12 et 17 : $A_v=2,38$ cm²/ml et $A_h=3,71$ cm²/ml
- Voiles sur la file E entre la file 14 et 15 : $A_v=2,38$ cm²/ml et $A_h=2,38$ cm²/ml

La vérification de l'ensemble des voiles de contreventement sous les différentes sollicitations à montrer qu'il faut :

- Renforcer les deux voiles entre la file A et B sur la file 12 et 17 et ceci pour le niveau SS1 et N0.
- Renforcer le voile sur la file E entre la file 14 et 15 dans le niveau N0.
- Créer deux voiles sur la file E entre la file 14 et 15 dans le niveau SS2 et SS1.

Niveau SS2 :

Niveau SS1 :**Niveau N0 :**

6.3.6 Vérification des fondations

Efforts sur les fondations :

Massifs	Dimensions			CP	CE	VENT			NEIGE	EX			EY		
	L (m)	I (m)	h (m)	FZ(T)	FZ(T)	FX (T)	FY (T)	FZ(T)	FZ(T)	FX (T)	FY (T)	FZ(T)	FX (T)	FY (T)	FZ(T)
A 12	2,30	2,15	0,80	111,31	24,69	5,43	25,99	38,31	0,77	11,25	37,99	42,09	30,87	86,30	175,91
A 13	1,50	1,35	0,80	116,58	35,02	7,34	6,20	0,63	1,80	20,29	9,27	1,44	8,03	26,31	1,43
A 14	1,24	1,11	0,80	87,71	33,78	9,12	3,03	1,66	5,25	23,91	2,99	0,43	2,44	22,74	0,62
A 15	1,24	1,11	0,80	86,93	27,13	8,90	2,81	0,47	1,66	23,49	2,92	0,21	2,12	21,98	0,23
A 16	1,50	1,35	0,80	128,39	37,23	6,92	6,37	0,53	1,71	19,49	9,58	0,79	8,41	26,62	1,26
A 17	2,40	2,30	0,80	126,30	28,99	5,26	26,80	39,43	1,19	12,12	40,15	43,62	30,64	86,01	177,41
B 12	2,30	2,15	0,83	125,51	40,43	0,11	0,89	34,01	1,19	0,61	2,43	37,72	0,84	2,06	156,95
B 13	2,75	2,60	0,83	192,62	115,67	0,82	0,76	10,14	3,70	2,08	2,26	21,71	1,50	2,84	3,02
B 14	2,95	2,80	0,83	199,11	110,20	0,47	0,29	9,24	0,79	1,06	1,75	21,49	1,12	2,60	3,81
B 15	2,85	2,75	1,03	176,85	101,20	0,37	0,38	9,71	4,03	0,36	0,70	21,41	1,52	0,08	2,61
B 16	2,65	2,55	1,33	197,67	101,18	0,36	0,30	9,50	4,29	0,85	1,20	21,72	0,66	2,99	1,94
B 17	2,20	2,10	0,83	117,77	34,80	0,03	0,28	35,18	1,58	0,24	2,23	39,19	0,96	1,70	159,12
C 12	2,30	2,15	0,83	80,18	18,31	1,38	3,86	17,59	0,69	3,21	8,05	17,43	4,61	14,75	86,10
C 15	1,00	0,80	0,80	18,82	18,75	0,49	0,28	0,05	0,00	4,41	1,05	0,16	0,21	0,21	0,14
C 16	1,00	0,80	0,80	19,09	14,86	0,15	0,12	0,04	0,00	3,53	0,62	0,23	0,01	1,95	0,19
C 17	2,20	2,10	0,83	48,69	9,41	0,00	0,13	16,57	0,26	2,34	1,24	17,43	0,09	1,86	76,39
D 12	2,30	2,15	0,80	143,29	36,73	0,79	3,68	22,39	1,42	2,04	8,25	21,40	2,96	6,80	104,74
D 17	2,40	2,30	0,80	167,61	37,66	2,88	7,02	21,33	1,54	5,08	14,75	22,10	9,60	24,20	95,10
E 13	2,25	2,15	0,80	283,79	111,06	1,34	0,88	4,79	4,00	7,16	2,47	8,43	0,49	1,63	1,05
E 14	2,25	2,15	0,80	329,71	146,44	11,97	0,23	133,38	6,27	38,61	1,20	276,05	0,91	3,22	3,17
E 15	2,25	2,15	0,80	329,82	133,81	14,23	0,04	133,25	6,07	44,93	0,34	276,69	0,67	0,95	3,05
E 16	2,25	2,15	0,80	257,02	87,60	0,42	0,08	3,92	3,54	4,12	0,20	7,65	0,55	0,51	1,43
F 13	1,85	1,55	0,80	94,69	40,50	0,50	0,26	1,98	1,47	4,02	1,16	3,73	0,35	1,71	0,56
F 14	2,15	2,05	0,80	221,35	92,40	1,00	0,06	1,56	4,08	9,46	0,32	2,49	1,05	1,28	2,19
F 15	2,15	2,05	0,80	216,51	82,23	0,26	0,81	1,74	4,04	0,66	3,73	2,19	0,29	1,10	2,09
F 16	1,85	1,55	0,80	107,11	36,41	0,15	0,02	2,02	1,74	2,18	0,05	3,89	0,05	0,06	1,27
G 13	1,50	1,40	0,80	45,27	16,65	0,04	0,03	2,19	0,64	0,62	0,13	4,35	0,25	1,13	1,17
G 14	2,40	2,30	0,83	214,38	98,99	0,19	1,16	24,62	3,78	0,51	2,92	36,82	0,50	4,05	66,93
G 15	2,40	2,30	0,83	210,85	88,38	0,60	1,51	22,59	3,71	1,73	3,27	35,61	0,45	3,36	67,75
G 16	1,50	1,40	0,80	42,11	12,12	0,07	0,01	2,02	0,63	2,10	0,01	4,36	0,05	0,03	1,26
H 13	1,60	1,30	0,80	45,51	16,53	0,05	0,06	2,30	0,65	2,08	0,16	4,59	0,22	1,05	1,12
H 14	2,45	2,35	0,80	234,93	107,53	4,34	0,06	31,58	4,27	13,42	0,66	51,31	1,65	4,36	67,78
H 15	2,45	2,35	0,80	230,86	97,11	5,04	0,21	32,03	4,19	17,23	0,45	52,89	1,96	3,48	67,05
H 16	1,60	1,30	0,83	41,91	12,62	0,12	0,01	2,32	0,64	1,02	0,01	4,63	0,05	0,03	1,06
I 13	2,20	2,00	0,86	42,27	18,13	0,12	0,06	2,53	0,35	0,63	0,45	5,25	0,54	0,62	0,36
I 14	2,70	2,50	1,03	240,61	108,47	4,88	0,05	38,42	2,07	14,11	0,61	76,15	0,57	2,17	1,74
I 15	2,70	2,50	1,03	240,18	99,61	5,09	0,09	38,28	1,92	15,45	0,17	76,18	0,72	1,05	1,71
I 16	2,20	2,00	0,86	39,24	13,04	0,23	0,01	2,56	0,33	0,35	0,01	5,30	0,09	0,03	0,28
Interm	2,20	2,00	0,86	48,35	20,22	0,20	0,11	0,35	0,78	2,03	0,51	0,55	0,19	0,83	1,29

Stabilité des fondations :

Selon le rapport géotechnique G2-PRO Dossier N° TEA220292_P001_VA, les contraintes au sol admissible :

- qELS = 1,00 MPa
- qELU = 1,65 MPa

- $q_{ELUA} = 1,9 \text{ MPa}$

Une vérification a été faite pour les massifs les plus sollicités par rapports aux efforts donnés sur les anciens plans de fondations.

Massifs	Dimensions			ELUS			Vérification de la contrainte au sol			Soulevement (T)
	L (m)	I (m)	h (m)	FX (T)	FY (T)	FZ (T)	$R_{v;d} / (A'B')$	$\frac{k_p \cdot p_{le} / \gamma R_{v;d}}{\gamma R_{dv} \cdot i_{\delta} \cdot i_{\beta}}$	Sécurité	
A 12	2,30	2,15	0,80	188,53	188,53	314,66	63,63	132,24	2,08	52,59
A 13	1,50	1,35	0,80	32,34	32,34	139,46	68,87	132,39	1,92	
A 14	1,24	1,11	0,80	26,52	26,52	108,72	78,99	132,38	1,68	
A 15	1,24	1,11	0,80	25,93	25,93	103,50	75,20	132,38	1,76	
A 16	1,50	1,35	0,80	32,76	32,76	152,23	75,18	132,41	1,76	
A 17	2,40	2,30	0,80	190,49	190,49	334,19	60,54	132,24	2,18	50,09
B 12	2,30	2,15	0,83	168,27	168,27	318,03	64,31	132,25	2,06	25,84
B 13	2,75	2,60	0,83	22,62	22,62	284,64	39,81	132,81	3,34	
B 14	2,95	2,80	0,83	22,64	22,64	287,87	34,85	132,82	3,81	
B 15	2,85	2,75	1,03	22,19	22,19	259,76	33,14	132,77	4,01	
B 16	2,65	2,55	1,33	22,31	22,31	280,69	41,54	132,81	3,20	
B 17	2,20	2,10	0,83	170,87	170,87	309,52	67,00	132,25	1,97	40,98
C 12	2,30	2,15	0,83	91,33	91,33	182,49	36,90	132,26	3,58	
C 15	1,00	0,80	0,80	4,61	4,61	30,27	37,83	132,51	3,50	
C 16	1,00	0,80	0,80	3,73	3,73	28,29	35,36	132,56	3,75	
C 17	2,20	2,10	0,83	81,62	81,62	135,95	29,43	132,23	4,49	21,76
D 12	2,30	2,15	0,80	111,16	111,16	276,49	55,91	132,30	2,37	
D 17	2,40	2,30	0,80	101,73	101,73	291,94	52,89	132,32	2,50	
E 13	2,25	2,15	0,80	8,75	8,75	359,18	74,25	134,03	1,81	
E 14	2,25	2,15	0,80	277,00	277,00	694,57	143,58	132,30	0,92	
E 15	2,25	2,15	0,80	277,60	277,60	687,70	142,16	132,30	0,93	
E 16	2,25	2,15	0,80	8,08	8,08	317,66	65,67	133,97	2,04	
F 13	1,85	1,55	0,80	4,45	4,45	122,88	42,85	133,51	3,12	
F 14	2,15	2,05	0,80	9,80	9,80	279,94	63,51	133,55	2,10	
F 15	2,15	2,05	0,80	4,13	4,13	268,67	60,96	134,72	2,21	
F 16	1,85	1,55	0,80	4,27	4,27	133,23	46,46	133,66	2,88	
G 13	1,50	1,40	0,80	4,70	4,70	59,95	28,55	132,82	4,65	
G 14	2,40	2,30	0,83	77,97	77,97	351,75	63,72	132,40	2,08	
G 15	2,40	2,30	0,83	78,43	78,43	342,31	62,01	132,39	2,13	
G 16	1,50	1,40	0,80	4,74	4,74	54,11	25,77	132,76	5,15	
H 13	1,60	1,30	0,80	4,93	4,93	60,35	29,01	132,80	4,58	
H 14	2,45	2,35	0,80	83,17	83,17	382,62	66,46	132,41	1,99	
H 15	2,45	2,35	0,80	82,92	82,92	372,05	64,62	132,40	2,05	
H 16	1,60	1,30	0,83	4,95	4,95	54,43	26,17	132,74	5,07	
I 13	2,20	2,00	0,86	5,36	5,36	58,50	13,30	132,73	9,98	
I 14	2,70	2,50	1,03	76,67	76,67	382,37	56,65	132,43	2,34	
I 15	2,70	2,50	1,03	76,69	76,69	376,64	55,80	132,42	2,37	
I 16	2,20	2,00	0,86	5,39	5,39	52,45	11,92	132,67	11,13	
Interm	2,20	2,00	0,86	2,22	2,22	61,94	14,08	133,53	9,49	

On remarque des soulèvements des massifs C-17, B-17, A-17, B-12 et A-12.

La file A est liée par des voiles de fondation ainsi que des voiles au niveau du sous-sol 1 non modélisés qui équilibrait ces efforts et par ailleurs la file 17 et 12 sont liées respectivement avec la file A-C par des voiles de fondations, donc l'ensembles des massifs C-17, B-17, A-17, B-12 et A-12 sont stables.

Globalement, l'ensemble des massifs ne présentent pas des soulèvements, donc on peut juger que l'ensemble du bâtiment est stable vis-à-vis des soulèvements.

7. INTERACTION DE HC AVEC HNA-HNB :

Des travaux ont été réalisés sur les bâtiments HNA-HNB en 2011.

Les travaux principaux concernant le projet GM3 sont la démolition des trois niveaux supérieurs du bâtiment HC et la création d'un joint de dilatation au droit de la file J.

Actuellement le bâtiment HC s'imbrique dans le bâtiment HNA-HNB, et ne permet pas aux deux bâtiments un libre déplacement sous séisme (risque d'entrechoquement).

Les travaux de renforcement de HC permettent sa mise aux normes parasismiques (pour une accélération réduite applicable aux bâtiments existants).

Le déplacement du joint de dilatation entre HC et HNA/HNB permet de palier au risque d'entrechoquement.

Le déplacement du joint de dilatation est réalisé en rattachant la zone de HC en incise à HNA-HNB.

Une note complémentaire a été réalisée afin de d'évaluer l'incidence de ces travaux sur le bâtiment HNA/HNB

Voir NOTE :

110148NCTNGO - Evaluation de l'incidence des travaux du Bât. HC sur la vulnérabilité au séisme de HNA-HNB

En conclusion de cette note, il est noté que les travaux prévus ne nécessitent pas de conforter le bâtiment HNA-HNB pour que celui-ci résiste au séisme de niveau défini par l'arrêté du 22/10/2010 modifié.

8. PRECONISATIONS DE RENFORCEMENT

Les travaux envisagés dans HC n'augmentent pas la vulnérabilité du bâtiment au sens de l'Eurocode 8. Ainsi suivant l'arrêté du 22 octobre 2010, il ne serait pas nécessaire de le rendre parasismique.

A la demande du maître d'ouvrage, ce dernier doit être mis aux normes parasismiques.

Ce renforcement a été effectuée avec une accélération du sol réglementaires applicable aux bâtiments existants qui correspond à 60% de l'accélération prise pour les ouvrages neufs et un coefficient de comportement de $q=1,5$.

Pour l'étude, nous nous sommes basés sur les plans de l'EXE du bâtiment HC fournis par le maître d'ouvrage. Ces plans définissent la géométrie des ouvrages mais, malheureusement, il n'est pas indiqué sur ces plans les caractéristiques mécaniques des éléments de charpentes ni des éléments en béton. Pour la suite des études, il est nécessaire de connaître les différentes caractéristiques des matériaux. Alors, il serait judicieux de réaliser des essais sur la structure pour vérifier les hypothèses prisent en compte.

8.1 PRINCIPE DE CONFORTEMENT SISMIQUE DU BATIMENT HC :

Concernant les structures, le système de contreventement actuel se compose des portiques métalliques encastrés et disposés sur la partie courbe ainsi que la partie droite. Ceux-ci sont conservés, et complétés afin d'améliorer le comportement sismique du bâtiment HC.

Longitudinalement, le bâtiment sera renforcé par :

- L'ajout de stabilités en croix métalliques TCA120/10 disposés d'une manière judicieuse entre G et H sur la file 14 et 15 pour ne pas interférer avec l'aménagement du bâtiment et l'ensemble des réseaux existants et à créer.
- Conserver les voiles au droit du JD avec le bâtiment HE et le futur bâtiment GM3 pour contreventer la partie courbe du bâtiment HC et renforcer les deux voiles par un contre voile sur le niveau SS1 et N0 entre A et B sur la file 12 et 17.

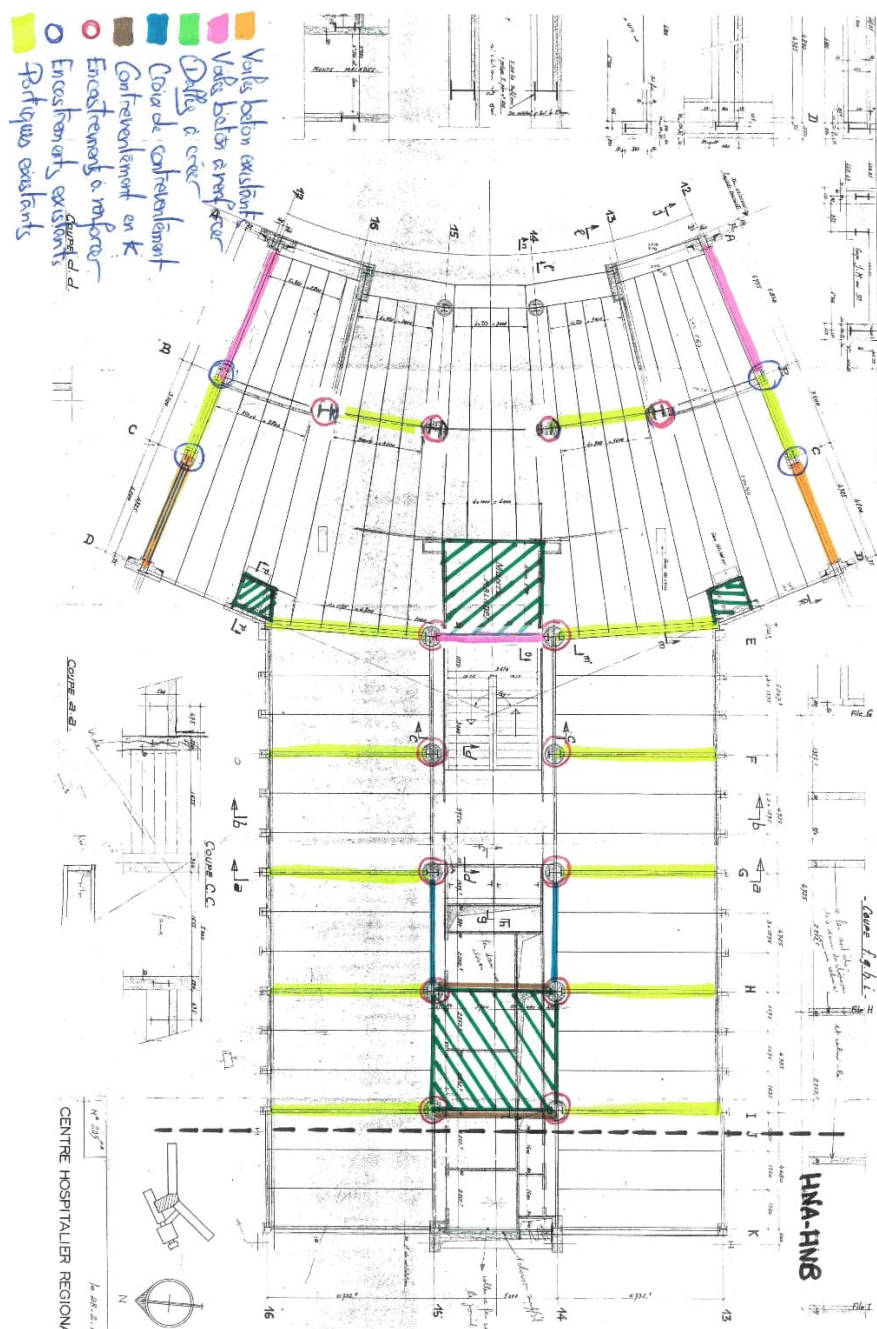
Transversalement, le renforcement consiste à :

- L'ajout de stabilités en K par des barres TCA120/10 disposés à l'entrée des ascenseurs entre la file 14 et 15 sur H et I et ceci sur tous les étages sauf le SS2.
- Le renforcement des encastremets existants entre la file 14 et 15 sur l'ensembles des files E, F, G, H- et I par des braquons métalliques TCA120/10 fixées sur la semelle inferieures des poutres et les poteaux de la file 14 et 15 ainsi que l'ajout des plats soudés sur la semelle supérieure des poutres métalliques sur la file E, F, G, H et I.
- Conserver le voile entre E-14 et E-15 de la cage d'escalier et les faires descendre jusqu'au niveau SS2 et le fondé, cela vaut dire créer un voile entre E-14 et E-15 sur le niveau SS1 et SS2, pour contreventer la partie droite du bâtiment HC et renforcer le voile du niveau N0 par un contre voile.

Sur toute hauteur, les dalles seront renforcées en remplaçant la chape non structurelle par une dalle structurelle de 7cm pour améliorer le diaphragme.

Fermer et renforcer le vide d'ascenseur existant entre la file C et E par la continuité des solives existantes. En plus de renforcement des solives existantes, en ajoutant des poutres HEB340 entre B et E sur la file 14 et 15.

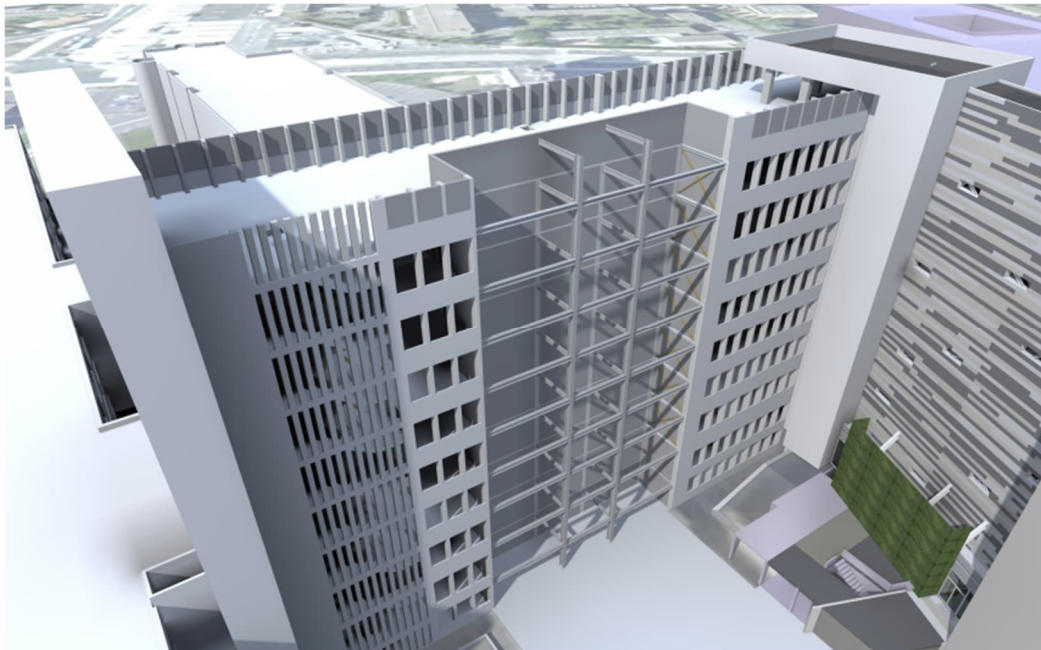
L'aménagement de l'ascenseur entre G et H consistera à supprimer les barres existantes à l'intérieur de la cage d'ascenseur existant et d'ajouter une barre intermédiaire entre la file 14 et 15 qui va porter les murs en maçonneries. En plus, les deux poutres entre G et H sur la file 14 et 15 seront renforcées afin de pouvoir porter la charge des murs en maçonneries de la cage d'ascenseur.



Les principes de renforcements sont détaillés dans la Notice de Confortement Sismique du Bâtiment HC – Annexes N° CLF8-PRO-1.10.147-ITC-HC-NDC-GOE-A.

8.2 INTERACTION AVEC HNA-HNB :

Le bâtiment HNA-HNB a été conforté en 2011 en considérant HC démolì et en rendant continu la file J à travers le bâtiment HC :



(Perspective du projet de 2009 : cabinet SEXTANT architecture)

Pour que les bâtiments HC, HNA -HNB ne s'entrechoquent pas, il est impératif de couper la partie incise du bâtiment HC dans HNA-HNB de façon à créer un JD dimensionné pour reprendre les déplacements des deux ouvrages et finaliser les travaux engagés en 2011.

Ce JD sera disposé entre la file I et J :

- La file I appartenant à HC
- La file J appartenant à HNA-HNB

Pour se faire, nous proposons de démolir la partie de HC entre les files I et K et de la reconstruire pour la lier à HNA-HNB comme prévu lors du renforcement de ce dernier en 2011. Une solution intermédiaire serait de créer une file J en sous œuvre, étage par étage.

NOTE :

A cause de problématique d'intervention sur le niveau SS2 et tous les réseaux existants, Le JD à créer entre la file I et J commence du niveau SS1 et continu sur tous les étages supérieurs. En plus, on garde le JD existant entre le bâtiment HC et le bâtiment NHA/HNB sur le niveau SS2.

Cependant, le choix de cette démarche posera les contraintes suivantes :

- Adapter la méthodologie de démolition ainsi que son intégration dans le phasage des travaux.
- Déviation des réseaux existant pour la reconstruction des portiques files K et J, et les planchers : voir la photo ci-après



D'abord, en décale les poteaux J-14 et J-15 pour s'éloigner du réseau existant du SS2. En plus on va créer des poteaux sur J-13 et J16 sur toute hauteur. Après, le scellement des poteaux HNA-HNB de la file K avec une dalle de liaison renforcée par des plats soudés sur les semelles des poutres existantes de la file K et K'.