

SITE DU CHU PELLEGRIN A BORDEAUX

BATIMENT PHARMACIE

AGRANDISSEMENT DES SURFACES PAR SURELEVATION DE L'EXISTANT

ETUDE DE FAISABILITE STRUCTURELLE - indA

1. GÉNÉRALITÉS	4
1.1. OBJET DU DOCUMENT	4
1.2. LOCALISATION	4
2. DESCRIPTION DU BATIMENT EXISTANT	4
3. DIAGNOSTIC VISUEL	5
3.1. REPERAGE DES DESORDRES	5
3.2. FERRAILLAGE APPARENT	5
3.3. FISSURES APPARENTES	6
4. HYPOTHESES SUR LES FUTURS LOCAUX	8
4.1. CAS 1 : SURELEVATION 1 NIVEAU	8
4.2. CAS 2 : SURELEVATION 2 NIVEAUX	8
5. ETUDE DE FAISABILITE STRUCTURELLE	10
5.1. ANALYSE STRUCTURELLE (ELU/ELS) : CAS 1	10
5.1.1. <i>Modélisation des blocs – Numérotation des porteurs</i>	<i>10</i>
5.1.1.1. Bloc A	10
5.1.1.2. Bloc B	10
5.1.2. <i>Efforts dans les porteurs verticaux et DDC - EDL</i>	<i>11</i>
5.1.2.1. Bloc A	11
5.1.2.2. Bloc B	12
5.1.2.3. Fondations au droit du joint de dilatation	15
5.1.3. <i>Efforts dans les porteurs verticaux et DDC - Projet (après travaux)</i>	<i>15</i>
5.1.3.1. Bloc B	15
5.1.3.2. Fondations au droit du joint de dilatation	17
5.1.4. <i>Efforts dans les porteurs horizontaux – EDL (Bloc B)</i>	<i>18</i>
5.1.4.1. Poutres	18
5.1.4.2. Planchers	20
5.1.5. <i>Efforts dans les porteurs horizontaux – PROJET (Après travaux – Bloc B)</i>	<i>20</i>
5.1.5.1. Poutres	20
5.1.5.2. Plancher	21
5.1.6. <i>Détermination des éléments à renforcer</i>	<i>22</i>
5.1.6.1. Bloc A	22
5.1.6.2. Bloc B + Joint de dilatation	22
5.1.6.3. Repérage sur plan des éléments à renforcer	25
5.2. ANALYSE STRUCTURELLE (ELU/ELS) : CAS 2	27
5.2.1. <i>Modélisation des blocs – Numérotation des porteurs</i>	<i>27</i>
5.2.1.1. Bloc A	27
5.2.2. <i>Efforts dans les porteurs verticaux et DDC – EDL</i>	<i>27</i>
5.2.3. <i>Efforts dans les porteurs verticaux et DDC - Projet (après travaux)</i>	<i>27</i>
5.2.3.1. Bloc B	28
5.2.3.2. Fondations au droit du joint de dilatation	29
5.2.4. <i>Efforts dans les porteurs horizontaux – EDL (Bloc B)</i>	<i>30</i>
5.2.4.1. Poutres	30
5.2.4.2. Planchers	33
5.2.5. <i>Efforts dans les porteurs horizontaux – PROJET (Après travaux – Bloc B)</i>	<i>33</i>
5.2.5.1. Poutres	33
5.2.5.2. Plancher	34
5.2.6. <i>Détermination des éléments à renforcer</i>	<i>35</i>
5.2.6.1. Fondations	35
5.2.6.2. PHSS – Poutres	35
5.2.6.3. PHRDC – Poutres	36
5.2.6.4. PHSS – Poteaux	37
5.2.6.5. PHRDC – Poteaux	37
5.2.6.6. PHSS – Plancher	37

5.2.6.7.	PHSS – Voiles	38
5.2.6.8.	PHRDC – Plancher	38
5.2.6.9.	Repérage sur plan des éléments à renforcer	38
5.3.	ANALYSE STRUCTURELLE – SEISME (ACC) : CAS 1	40
5.3.1.	Calcul de la masse du niveau supportant la surélévation (PHRDC) :	40
5.3.2.	Calcul de l'étage ajouté (PHR+1) – surface 148m ² :	40
5.3.3.	Calcul de l'étage ajouté (PHR+1) – surface maximale pour respect réglementation sismique (un SEUL PARAMETRE modifié)	41
5.4.	ANALYSE STRUCTURELLE – SEISME (ACC) : CAS 2	42
5.4.1.	Limitation par les seuils forfaitaires du cahier technique	42
5.4.1.1.	Calcul de la masse du niveau supportant la surélévation (PHSS)	42
5.4.1.2.	Calcul de la masse du niveau supportant la surélévation (PHRDC)	43
5.4.1.3.	Calcul de l'étage ajouté (PHR+1) :	43
5.4.1.4.	Calcul de l'étage ajouté en PHRDC	43
5.4.2.	Analyse spécifique	44
5.4.2.1.	EDL – Bloc B	44
5.4.2.2.	Projet – Bloc B	47
5.4.2.3.	Analyse comparative des résultats	51
5.5.	RECOMMANDATIONS POUR LE RENFORCEMENT	52
5.5.1.	Renforcement des Poteaux BA	52
5.5.2.	Renforcement des voiles	53
5.5.3.	Renforcement des poutres	53
5.5.4.	Renforcement des planchers	54
5.5.5.	Renforcement des fondations isolées	56
5.6.	STABILITE AU FEU	56
5.7.	ANALYSE ECONOMIQUE	57
5.7.1.	CAS 1	57
5.7.1.1.	Rehausse R+1 de 148m ²	57
5.7.1.2.	Rehausse R+1 de 550 m ²	57
5.7.2.	CAS 2	57
5.7.2.1.	Rehausse R+1 (270m ²) + rehausse RDC (49m ²)	57
5.7.2.2.	Rehausse R+1 (400m ²) + rehausse RDC (49m ²)	57
6.	CONCLUSION	58

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. OBJET DU DOCUMENT

Le présent rapport a pour objet l'étude de faisabilité structurelle pour la construction d'une surélévation du bâtiment existant afin d'y accueillir des zones de production et les locaux associés tertiaires, de contrôle et de stockage avant distribution.

Une demande complémentaire consistant

1.2. LOCALISATION

L'opération se déroule sur le site du Groupe Hospitalier Pellegrin, situé à Bordeaux, dans le bâtiment Pharmacie (coordonnées GPS : 44.8288113, -0.6082129).



2. DESCRIPTION DU BATIMENT EXISTANT

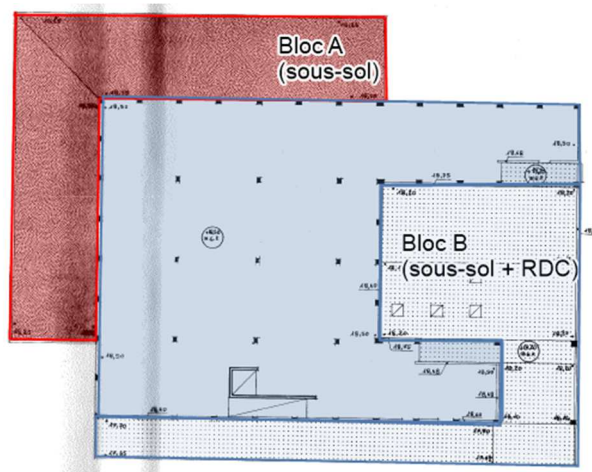
Documents en notre possession :

- Les plans de structure phase APD :
 - o Fondations
 - o Façades et coupes
 - o Planchers terrasses,
- Les plans de structure phase EXE,
 - o Fondations
 - o PHSS – Plan maçonnerie
 - o PHSS – Plan
 - o PHSS – Coupes
 - o PHSS – Poutres (ferraillage),
 - o PHRDC – Plan
 - o PHRDC – Coupes
 - o PHRDC – Poutres (ferraillage),
- Plans EDL – architectes

Selon les documents évoqués ci-dessus, la structure porteuse du bâtiment en BA réalisées dans les années 1984 est composée de :

- Deux blocs désolidarisés par des JD de 2cm : 1 niveau semi-enterré et un niveau RDC.
- Dallage BA en plancher bas du sous-sol.
- Système de fondations superficielles (semelles isolées et filantes) fondées au bon sol avec un taux de travail au sol de 1,5 bar,

- Dalles en planchers haut préfabriquées
- Poteaux béton armé carrés, rectangulaires et en forme de "L" au droit du joint de dilatation,
- Retombées de poutres (coulées en place ou préfabriquées avec partie supérieure coulées en place suivant élément),
- Voiles béton armé (ép. 0.20 et 0.25m en superstructure, assurant le contreventement des blocs et le soutien des terres en partie enterrée.



3. DIAGNOSTIC VISUEL

Suite à la visite du bâtiment, quelques désordres sont visibles et nécessiteront des reprises afin de conserver un bâtiment sain.

3.1. REPERAGE DES DESORDRES



Niveau RDC

3.2. FERRAILLAGE APPARENT

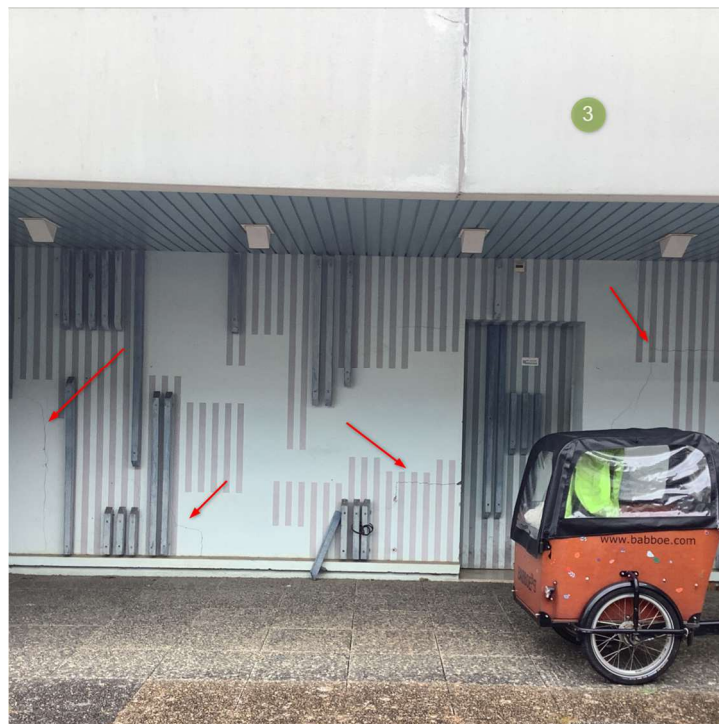
Au droit des repères 1 et 2 des ferrillages sont apparents.



Traitement proposé :

- Piquage pour retirer le béton effrité
- Brossage des aciers pour suppression de la rouille apparente
- Nettoyage
- Mise en place de mortier de réparation pour reconstitution de l'enrobage des aciers.

3.3. FISSURES APPARENTES



Ici, d'après le plan EXE, le mur n'est pas porteur (fissures liées à la déformation du plancher haut/plancher bas).

Traitement proposé pour traitement des fissures :

- Creuser la fissure à l'aide d'un grattoir
- Nettoyage de la fissure
- Brossage des aciers pour suppression de la rouille apparente
- Mise en place de mortier de réparation pour reconstitution de l'enrobage des aciers
- Reprise de l'enduit/peinture de façade.



Ici, les murs sont porteurs. Les fissures sont dues à un tassement du bâtiment (différent en fonction des zones). La fissure verticale a été déjà traitée, nous recommandons un suivi de l'état de la fissure.

Concernant la fissure horizontale, le traitement proposé est identique, à savoir :

- Creuser la fissure à l'aide d'un grattoir
- Nettoyage de la fissure
- Brossage des aciers pour suppression de la rouille apparente
- Mise en place de mortier de réparation pour reconstitution de l'enrobage des aciers
- Reprise de l'enduit/peinture de façade.

Repère 5 : la fissure existante semble être traitée avec un silicone. Il existe un système de reprise de fissure par mise en place de mastic acrylique. Celui-ci est suffisant. En revanche, si la fissure n'est pas traitée sous le carrelage de la douche, il serait judicieux de reprendre cette réparation afin d'éviter les infiltrations d'eau et la corrosion des aciers dans le mur béton.

Toutes les fissures devront être contrôlées dans le temps.

Les fissures laissent sous-entendre un tassement inégal du bâtiment. Etant donné que celui-ci date de 1984, les fissures devraient ne plus s'agrandir. Afin de s'en assurer, un fissuromètre serait adapté pour surveiller les dimensions de celle-ci.

4. HYPOTHESES SUR LES FUTURS LOCAUX

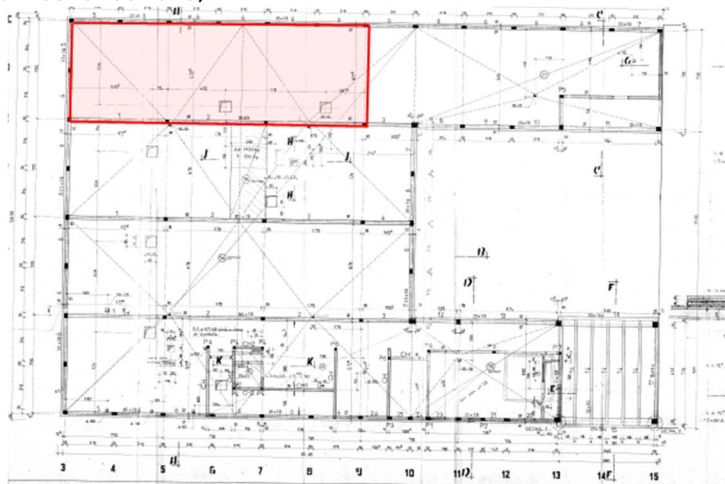
4.1. CAS 1 : SURELEVATION 1 NIVEAU

Aucune donnée sur les futurs locaux n'a été renseignée dans le cahier des charges.

La surface de la surélévation n'est pas fixée. La position de la/des surélévation(s) n'est (ne sont) pas renseignées.

Les hypothèses qui ont été prises dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Surélévation en structure légère (ex : bois),
- Toiture de la surélévation plate en structure légère (ex : bois),
- Locaux pris en compte dans cette surélévation avec surcharges d'exploitation de 250 kg/m² (bureau/stockage léger),
- Surface de la surélévation : 148m² (hypothèse initiale).
- Localisation en toiture R+1 (voir repérage ci-dessous), le positionnement est envisagé comme repéré ci-après afin :
 - o D'éviter la dépose/dévoilement des équipements actuellement présents en toiture,
 - o D'éviter les renforts des poutres en console présente en PHSS (au-dessus des quais de livraison),
 - o De limiter les renforts au droit des fondations (position de la surélévation en PHRC et non en PHSS car plus favorable pour les fondations).



Localisation surélévation envisagée (148m²)

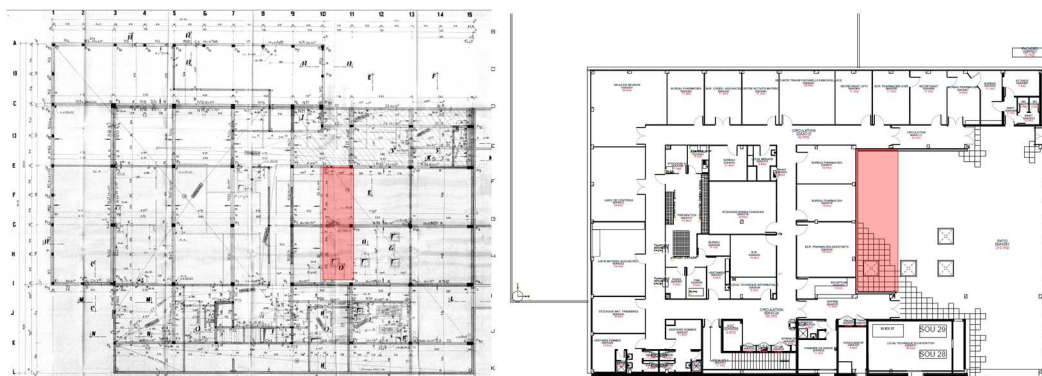
4.2. CAS 2 : SURELEVATION 2 NIVEAUX

Aucune donnée sur les futurs locaux n'a été renseignée dans le cahier des charges.

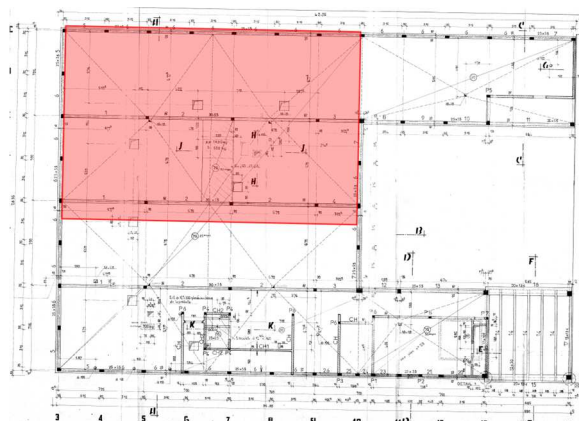
Les extensions sont localisées en toiture PHRDC ainsi qu'en toiture PHSS.

Les hypothèses qui ont été prises dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Surélévation en structure légère (ex : bois),
- Toiture de la surélévation plate en structure légère (ex : bois),
- Locaux pris en compte dans cette surélévation avec surcharges d'exploitation de 250 kg/m² (bureau/stockage léger),
- Surface de la surélévation : 400m² (R+1) + 49m² (RDC)
- Localisation en toiture R+1 (voir repérage ci-dessous), et en toiture RDC. Les positionnements envisagés sont repérés ci-après :



Localisation surélévation – terrasse RDC

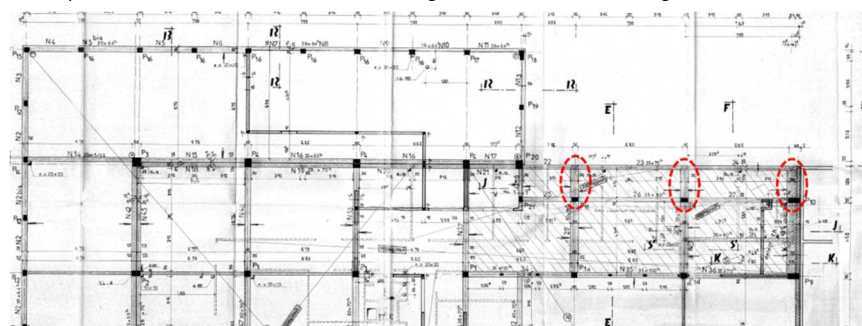


Localisation surélévation – terrasse R+1

NB : Dans les deux cas, il n'est pas préconisé de réaliser une rehausse sur le bloc A :

- aucun élément de contreventement n'est présent sur ce bloc, l'ajout de masse aggraverait la vulnérabilité du bâtiment vis-à-vis du séisme.
- le renfort des fondations serait bien plus conséquent que par rapport à la surélévation du bloc B. En effet, le pourcentage de dépassement de charge est plus élevé ici.

En plancher du sous-sol du bloc B, sont présentes des poutres en console au droit de la zone livraison (extrait de plan ci-dessous + photo). Afin d'éviter des renforts complexes et coûteux sur ces ouvrages, la surface d'emprise de la surélévation envisagée évite la surcharge de ces éléments structuraux.



5. ETUDE DE FAISABILITE STRUCTURELLE

La présente étude traite uniquement l'aspect structurel du projet. La faisabilité fonctionnelle devra être vérifiée et validée par la MOA.

Les deux blocs du bâtiment pharmacie sont concernés par l'étude.

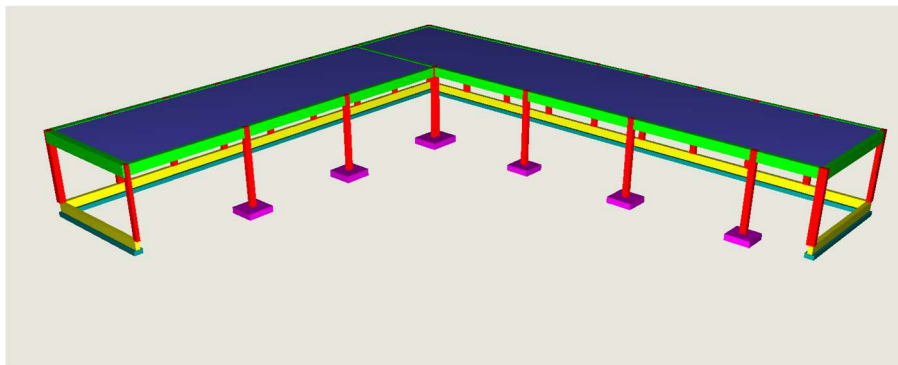
5.1. ANALYSE STRUCTURELLE (ELU/ELS) : CAS 1

5.1.1. MODELISATION DES BLOCS – NUMEROTATION DES PORTEURS

5.1.1.1. Bloc A

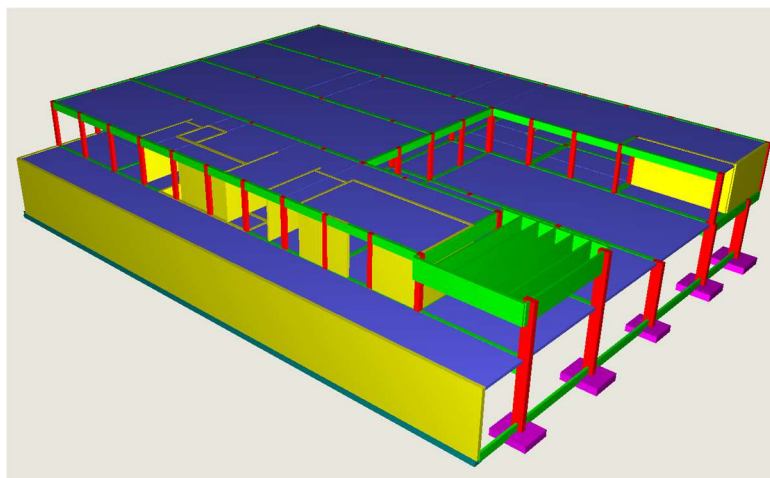
Le bloc A est identique à l'état des lieux et à l'état projet (la rehausse est prévue en toiture PHRDC).

Modèle EDL et projet :

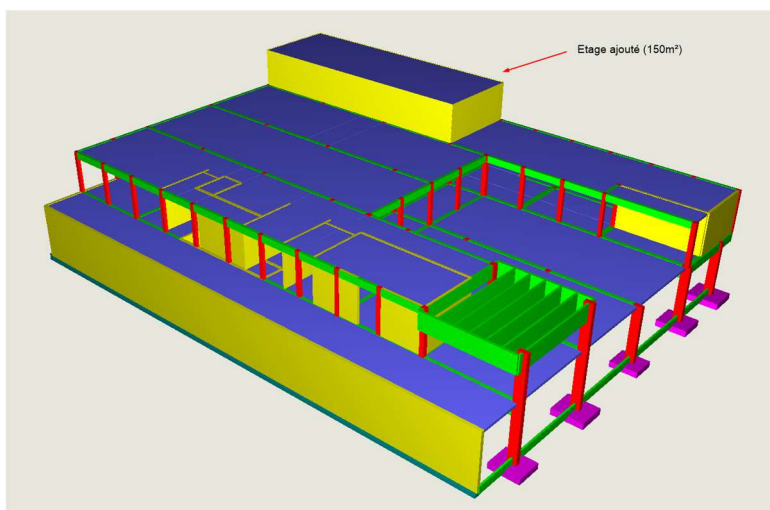


5.1.1.2. Bloc B

Modèle EDL :



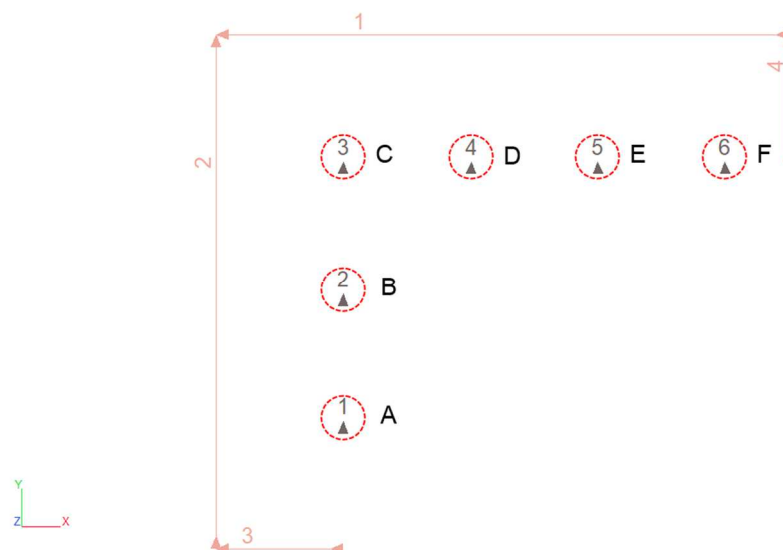
Modèle Projet – Cas 1 :



5.1.2. EFFORTS DANS LES PORTEURS VERTICAUX ET DDC - EDL

5.1.2.1. Bloc A

Réactions au niveau des fondations en T à ELS :



* : entourés en rouge, les semelles isolées qui sont communes aux 2 blocs.

Semelles filantes :

	G (T/ml)	Q (T/ml)
1	3,7	0,3
2	3,5	0,3
3	2,2	0,2
4	1,4	0,1

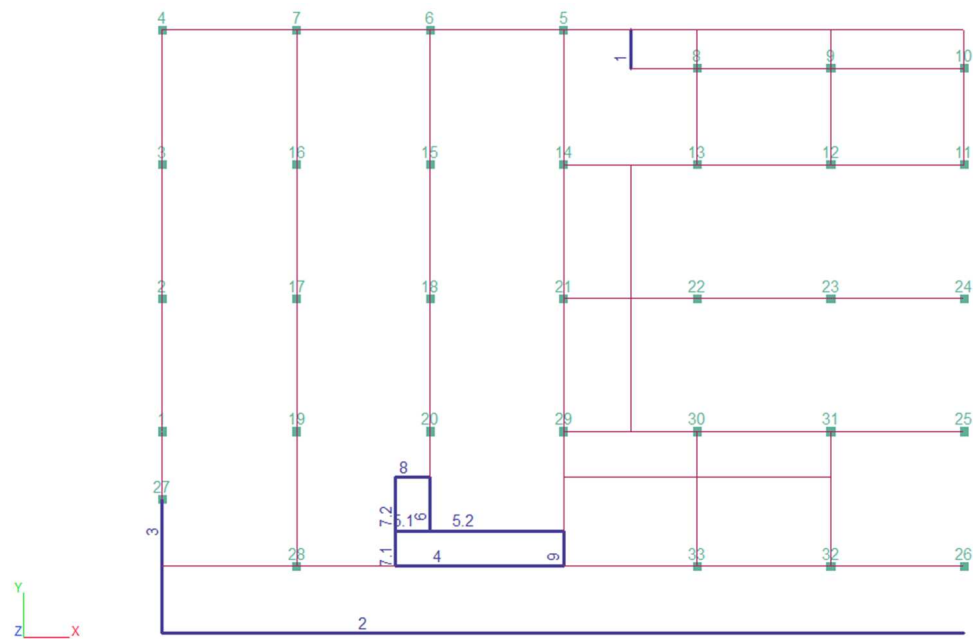
Semelles isolées :

	G (T)	Q (T)
1	19,8	2,7
2	20,5	2,8
3	28,3	3,8
4	17,5	2,3
5	18,9	2,6
6	15,6	2,1

* : en gris, les semelles isolées qui sont communes aux 2 blocs.

5.1.2.2. Bloc B

Efforts normaux dans les poteaux/voiles en T à ELS – PHSS-1 :



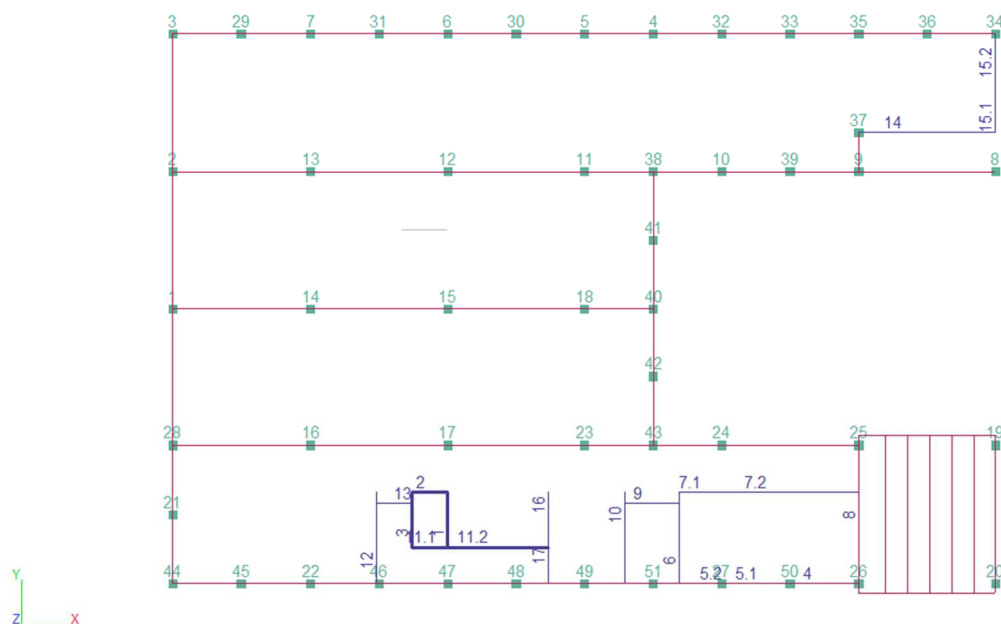
Poteaux	G (T)	Q (T)
1	35,8	7,6
2	46	11,4
3	47,2	11,5
4	24,4	4,4
5	38,6	7,3
6	45,9	9,4
7	49,8	9,7
8	54,7	10,5
9	77,3	15,8
10	42,5	8
11	29,4	7,4
12	58,2	18,4
13	58,7	17,7
14	82,8	22,5
15	84,4	24,1
16	90	25,3
17	82	21,9

Poteaux	G (T)	Q (T)
18	83,3	23,8
19	88,7	23,9
20	55,3	14,3
21	77,1	19,6
22	59,7	22,3
23	42,7	21,5
24	18,8	7,8
25	30,5	8,2
26	29,6	6,1
27	10,2	2,3
28	72,5	12,7
29	76,7	21,7
30	93,9	23,4
31	75,2	23,1
32	85,9	17,7
33	100,1	19,7

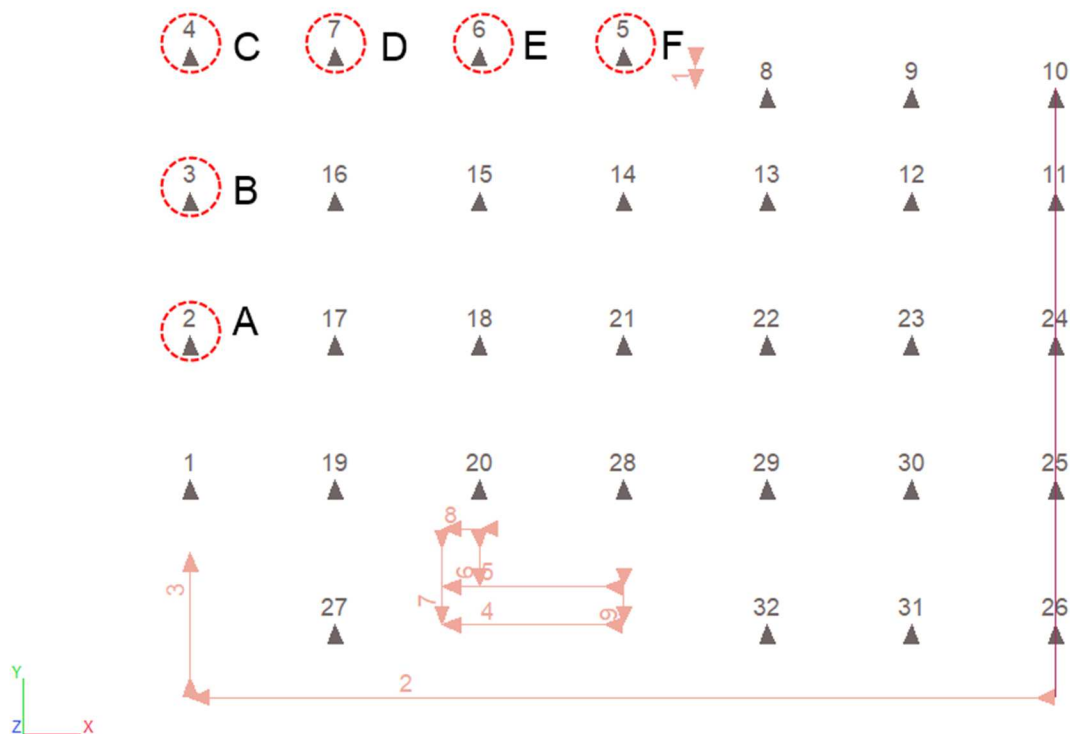
Voiles	G (T/ml)	Q (T/ml)
1	9,3	1,3
2	5,2	0,7
3	6,8	0,9
4	9,2	1,2
5.1	7,1	0,4
5.2	6,9	0,8

Voiles	G (T/ml)	Q (T/ml)
6	7,7	2
7.1	8	1,1
7.2	7,3	0,9
8	6,2	1,2
9	16,8	4,7

Efforts normaux dans les poteaux/voiles en T à ELS – PHRDC :



Réactions au niveau des fondations en T à ELS+ :



* : entourés en rouge, les semelles isolées qui sont communes aux 2 blocs.

Semelles filantes :

	G (T/ml)	Q (T/ml)
1	9,5	1,3
2	5,5	0,7
3	8,6	1,2
4	9,5	1,2
5	7,3	0,8
6	8,4	2,2
7	8,1	1,1
8	6,8	1,4
9	17	4,7

Semelles isolées :

SI	G (T)	Q (T)
1	35,9	7,6
2	46,1	11,4
3	47,3	11,5
4	24,5	4,4
5	38,7	7,3
6	46	9,4
7	49,9	9,7
8	54,8	10,5
9	77,4	15,8
10	45,4	8
11	39,4	7,4
12	58,4	18,4
13	58,8	17,7
14	83	22,5
15	84,6	24,1
16	90,2	15,3

SI	G (T)	Q (T)
17	82,2	21,9
18	83,5	23,8
19	88,9	23,9
20	55,5	14,3
21	77,3	19,6
22	59,8	22,3
23	42,9	21,5
24	29,3	7,8
25	41,3	8,3
26	38,7	6,1
27	72,7	12,7
28	76,9	21,7
29	94,1	23,4
30	76	23,1
31	86	17,7
32	100,3	19,7

* : en gris, les semelles isolées qui sont communes aux 2 blocs.

5.1.2.3. FONDATIONS AU DROIT DU JOINT DE DILATATION

Réactions au niveau des fondations en T à ELS+ :

	G (T)	Q (T)
A	65,9	14,1
B	67,8	14,3
C	52,8	8,2
D	67,4	12
E	64,9	12
F	54,3	9,4

5.1.3. EFFORTS DANS LES PORTEURS VERTICAUX ET DDC - PROJET (APRES TRAVAUX)

Modifications apportées par le projet :

- Ajout de charges au dernier niveau (charges du niveau ajouté sur une surface de 148 m² : charges permanentes et d'exploitation modifiées).
- Création d'une ouverture dans le plancher pour accès au nouveau niveau.

5.1.3.1. Bloc B

Efforts normaux dans les poteaux/voiles en T à ELS – PHSS-1 :

Poteaux	G (T)	Q (T)	Poteaux	G (T)	Q (T)
1	35,9	7,6	18	83,3	23,8
2	45,8	11,4	19	88,7	23,9
3	56,7	14	20	55,3	14,3
4	33,6	6,8	21	77,1	19,6
5	48,6	10,4	22	59,7	22,3
6	70,8	15,9	23	42,7	21,5
7	74,7	16,7	24	18,8	7,8
8	54,7	10,6	25	30,5	8,2
9	77,3	15,8	26	29,6	6,1
10	42,5	8	27	10,2	2,3
11	29,4	7,4	28	72,5	12,7
12	58,3	18,4	29	76,7	21,7
13	58,7	17,4	30	93,9	23,4
14	91,1	25,4	31	75,2	23,1
15	109,2	30,6	32	85,9	17,7
16	114,9	32,2	33	100,1	19,7
17	82	21,9			

Efforts normaux dans les poteaux/voiles en T à ELS – PHRDC :

Poteaux	G (T)	Q (T)
1	23,9	1,9
2	34,7	4,4
3	18,2	2,1
4	13,3	1,1
5	24,1	3,1
6	39	5,8
7	38,9	5,8
8	10,7	1
9	25,6	2,5
10	15,6	1,5
11	44,3	7,3
12	68,4	11,7
13	72,4	12,6
14	47,3	5,6
15	42,8	5
16	47,1	5,5
17	33,8	4,1

Poteaux	G (T)	Q (T)
18	36	4,2
19	11,3	0
20	11,3	0
21	4,3	0,1
22	14	1,2
23	32,3	4,1
24	31,4	2,5
25	22,2	1
26	15,6	0,5
27	15,3	1,2
28	22,6	1,9
29	15,9	3,5
30	14,3	3,2
31	14,1	3,1
32	12,5	1,3
33	12,8	1,2
34	5,4	0,5

Poteaux	G (T)	Q (T)
35	12,2	1,2
36	14,3	1,4
37	0,9	0
38	11,5	0,6
39	6,7	0,6
40	8,1	0,5
41	5,4	0,1
42	5,4	0,1
43	8,8	0,7
44	7,2	0,4
45	16	1,4
46	13,3	1,1
47	6,6	0,3
48	7	0,4
49	12,1	1,2
50	17,5	1,4
51	14,3	1,3

Voiles	G (T/ml)	Q (T/ml)
1	2,1	0,3
2	2,7	0,3
3	2,2	0,3
11.1	3,4	0,3
11.2	4,2	0,3

Réactions au niveau des fondations en T à ELS+ :

Semelles filantes

	G (T/ml)	Q (/mlT)
1	8	0,9
2	5,5	0,7
3	8,6	1,2
4	9,5	1,2
5	7,3	0,8
6	8,4	2,2
7	8,1	1,1
8	6,8	1,4
9	17	4,7

Semelles isolées :

SI	G (T)	Q (T)	SI	G (T)	Q (T)
1	35,9	7,6	17	82,2	21,9
2	45,9	11,4	18	83,5	23,8
3	56,8	14	19	88,9	23,9
4	33,6	6,8	20	55,5	14,3
5	48,7	10,4	21	77,3	19,6
6	70,9	15,9	22	59,8	22,3
7	74,8	16,7	23	42,9	21,5
8	54,8	10,6	24	29,3	7,8
9	77,4	15,8	25	41,3	8,2
10	45,4	8	26	38,7	6,1
11	39,4	7,4	27	72,7	12,7
12	58,4	18,4	28	76,9	21,7
13	58,9	17,4	29	94,1	23,4
14	91,3	25,4	30	75,4	23,1
15	109,4	30,6	31	86	17,7
16	115,1	32,2	32	100,3	19,7

* : en gris, les semelles isolées qui sont communes aux 2 blocs.

5.1.3.2. FONDATIONS AU DROIT DU JOINT DE DILATATION

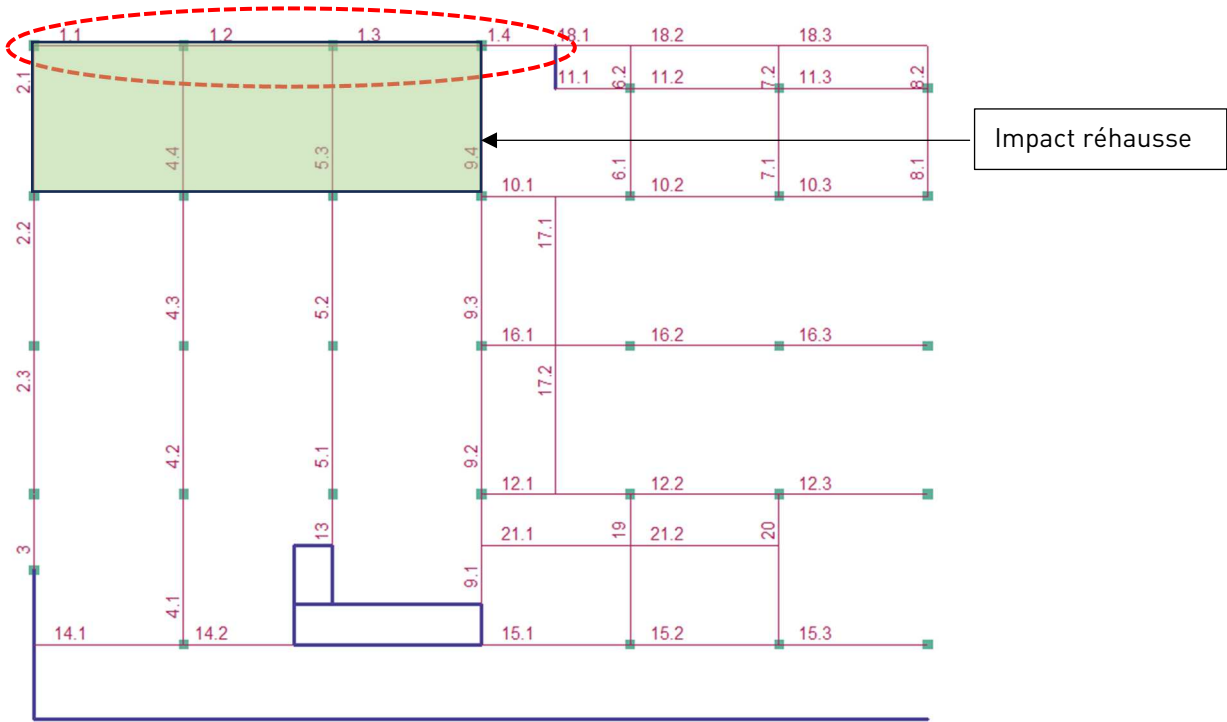
	G (T)	Q (T)
A	65,7	14,1
B	77,8	16,8
C	62,4	10,6
D	93,7	19
E	91,1	18,5
F	65,1	12,5

5.1.4. EFFORTS DANS LES PORTEURS HORIZONTAUX – EDL (BLOC B)

L’extension étant prévue en PHRDC, seuls les éléments horizontaux impactés sont étudiés dans ce paragraphe.

5.1.4.1. POUTRES

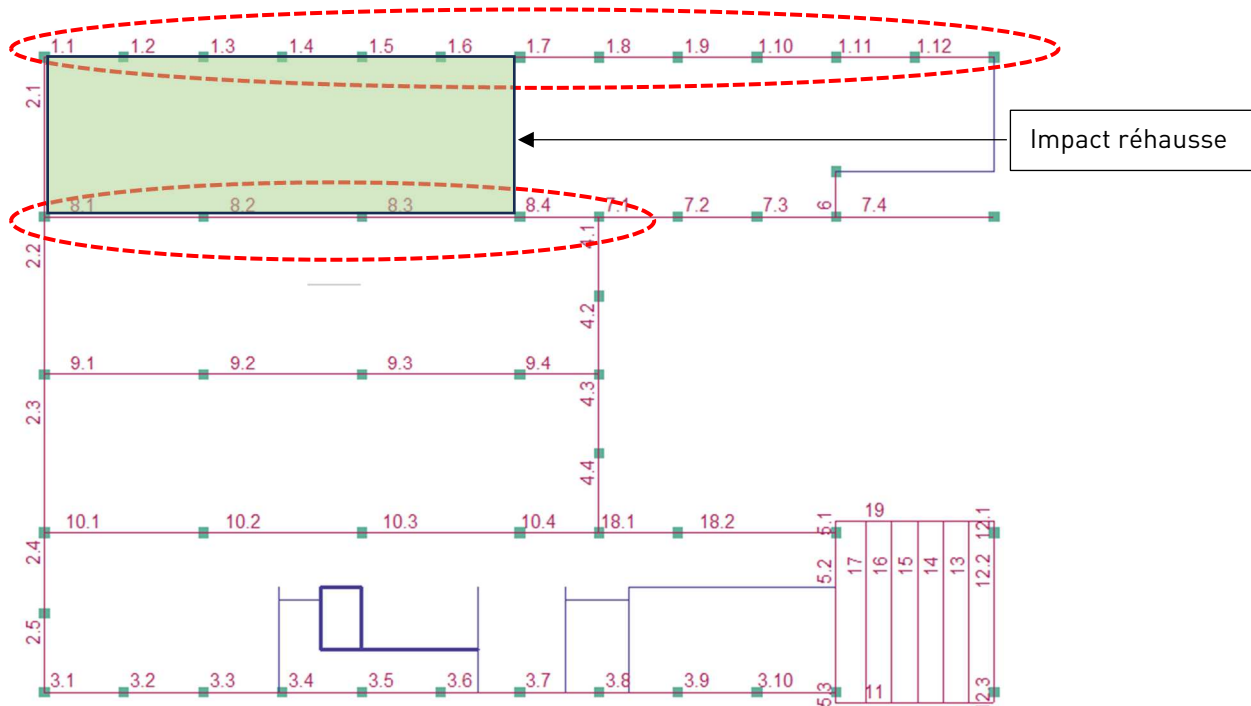
PHSS :



La poutre 1 est étudiée dans le cadre de cette faisabilité.

EDL - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	35,4	11,4	-18,2
1.2	21,6	14,4	-12,8
1.3	27,1	14,3	-12,6
1.4	-11,8	4,7	2,5
Appui			
1	-5,3		
2	-22,7		
3	-17		
4	-11,8		
5	-0,2		

PHRDC :



Les poutres 1 et 8 sont étudiées dans le cadre de cette faisabilité.

La poutre 1 est étudiée dans son intégralité car celle-ci est considérée comme continue.

EDL - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	6,1	7,3	-11,1
1.2	3,8	9,9	-9
1.3	4,2	9,2	-9,4
1.4	4,1	9,3	-9,3
1.5	4,1	9,3	-9,3
1.6	4,1	9,3	-9,3
1.7	4,2	9,4	-9,2
1.8	3,6	8,5	-8,3
1.9	3,7	8,3	-8,4
1.10	3,8	8,5	-8,3
1.11	3,3	8	-8,8
1.12	5,5	9,9	-6,7
Appui			
1	-0,9		
2	-4,7		
3	-3,3		
4	-3,5		
5	-3,5		
6	-3,5		
7	-3,5		
8	-3,4		
9	-3,1		
10	-3,2		
11	-2,9		
12	-4,2		
13	-0,8		

EDL - Poutre 8			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	39,7	25,3	-37
1.2	23,8	33	-33,1
1.3	29	32,4	-30,1
1.4	5,4	21,9	-8,1
Appui			
1	-5,9		
2	-36,3		
3	-29		
4	-21,6		
5	-0,8		

5.1.4.2. PLANCHERS

PHSS :

Pas d'impact sur les planchers du plancher haut sous-sol car les locaux RDC sont inchangés. Ces planchers ne sont pas étudiés.

PHRDC :

Les charges appliquées sur le plancher existant sont indiquées sur les plans EXE :

CP :

- Etanchéité : 60 kg/m²
- Plafond : 20 kg/m²
- Protection : 100 kg/m²

SE :

- Exploitation : 100 kg/m²

5.1.5. EFFORTS DANS LES PORTEURS HORIZONTAUX – PROJET (APRES TRAVAUX – BLOC B)

5.1.5.1. POUTRES

PHSS :

Projet - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	41,2	13,1	-20,7
1.2	25,8	16,5	-14,8
1.3	32,4	16,6	-14,8
1.4	-14,1	5,4	3,2
Appui			
1	-6,2		
2	-26,1		
3	-20,1		
4	-14,1		
5	-0,3		

PHRDC :

Projet - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	7,3	8,6	-12,9
1.2	4,8	11,7	-10,8
1.3	5,1	10,9	-11,1
1.4	5	11,1	-11
1.5	5	11	-11,1
1.6	5,4	11,4	-12
1.7	4,1	9,7	-9,1
1.8	3,7	8,4	-8,3
1.9	3,7	8,3	-8,4
1.10	3,8	8,5	-8,3
1.11	3,3	8	-8,8
1.12	5,5	9,9	-6,7
Appui			
1	-1,1		
2	-5,6		
3	-4		
4	-4,3		
5	-4,2		
6	-4,4		
7	-4,3		
8	-3,3		
9	-3,1		
10	-3,2		
11	-2,9		
12	-4,2		
13	-0,8		

Projet - Poutre 8			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	44,5	28,3	-41
1.2	27,3	36,7	-36,7
1.3	32,7	36	-33,6
1.4	5,5	22,6	-8,1
Appui			
1	-6,7		
2	-40,5		
3	-32,6		
4	-24,2		
5	-0,8		

5.1.5.2. PLANCHER

PHRDC :

Les charges appliquées sur le nouveau plancher sont les suivantes :

CP : 100 kg/m² *

SE : 250 kg/m² (y compris locaux de stockage/stockage « léger »)

** Le complexe de toiture existant est considéré déposé (étanchéité + protection).*

5.1.6. DETERMINATION DES ELEMENTS A RENFORCER

Les éléments à renforcer décrits dans cette partie concerne la rehausse étudiée de 148m², localisée comme détaillé dans le chapitre 4.1. Une adaptation de ces renforts devra être faite si la position ou la surface vient à être modifiée.

5.1.6.1. BLOC A

Les éléments verticaux du bloc A ne sont pas à renforcer, aucune surcharge n'est appliquée.

Seules les fondations au droit du JD sont à renforcer, voir article 5.1.6.2.

5.1.6.2. BLOC B + JOINT DE DILATATION

L'augmentation des sollicitations (ELU) des éléments porteurs (poteaux) suivants dépasse le seuil de 10% acceptable :

- 24,55ml de poutres en PHSS :

N°	EDL - Poutre 1			Projet - Poutre 1			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
1.1	35,4	11,4	-18,2	39,9	12,7	-20,1	12,7%	11,4%	10,4%
1.2	21,6	14,4	-12,8	25	16,1	-14,4	15,7%	11,8%	12,5%
1.3	27,1	14,3	-12,6	31,3	16,1	-14,4	15,5%	12,6%	14,3%
1.4	-11,8	4,7	2,5	-13,7	5,3	3,1	16,1%	12,8%	24,0%
Appui									
1	-5,3			-6			13,2%		
2	-22,7			-25,3			11,5%		
3	-17			-19,5			14,7%		
4	-11,8			-13,7			16,1%		
5	-0,2			-0,3			50,0%		

- 8 Poteaux en PHSS-1 :

Poteaux PHSS	EDL			PROJET			Comparaison ELU
	G (T)	Q (T)	Combi ELU	G (T)	Q (T)	Combi ELU	
3	47,2	11,5	81,0	56,7	14	97,5	20,47%
4	24,4	4,4	39,5	33,6	6,8	55,6	40,52%
5	38,6	7,3	63,1	48,6	10,4	81,2	28,78%
6	45,9	9,4	76,1	70,8	15,9	119,4	57,01%
7	49,8	9,7	81,8	74,7	16,7	125,9	53,94%
14	82,8	22,5	145,5	91,1	25,4	161,1	10,69%
15	84,4	24,1	150,1	109,2	30,6	193,3	28,80%
16	90	25,3	159,5	114,9	32,2	203,4	27,57%

- 8 Fondations :

Semelles isolées	EDL			PROJET			Comparaison ELU
	G (T)	Q(T)	Combi ELU	G (T)	Q(T)	Combi ELU	
B	67,8	14,3	113,0	77,3	16,8	129,6	14,67%
C	52,8	8,2	83,6	61,9	10,6	99,5	19,01%
D	67,4	12	109,0	92,3	19	153,1	40,48%
E	64,9	12	105,6	89,8	18,5	149,0	41,06%
F	54,3	9,4	87,4	64,3	12,5	105,6	20,77%
14	83	22,5	145,8	91,3	25,4	161,4	10,67%
15	84,6	24,1	150,4	109,4	30,6	193,6	28,75%
16	90,2	15,3	144,7	115,1	32,2	203,7	40,74%

- 35,05ml de poutres en PHRDC :

N°	EDL - Poutre 1			Projet - Poutre 1			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
1.1	6,1	7,3	-11,1	7	8,3	-12,5	14,8%	13,7%	12,6%
1.2	3,8	9,9	-9	4,7	11,3	-10,4	23,7%	14,1%	15,6%
1.3	4,2	9,2	-9,4	5	10,6	-10,7	19,0%	15,2%	13,8%
1.4	4,1	9,3	-9,3	4,9	10,7	-10,6	19,5%	15,1%	14,0%
1.5	4,1	9,3	-9,3	4,8	10,6	-10,7	17,1%	14,0%	15,1%
1.6	4,1	9,3	-9,3	5,2	11	-11,6	26,8%	18,3%	24,7%
Appui									
1	-0,9			-1,1			22,2%		
2	-4,7			-5,4			14,9%		
3	-3,3			-3,9			18,2%		
4	-3,5			-4,1			17,1%		
5	-3,5			-4			14,3%		
6	-3,5			-4,2			20,0%		
7	-3,5			-4,2			20,0%		

N°	EDL - Poutre 8			Projet - Poutre 8			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
8.1	39,7	25,3	-37	43,5	27,6	-40,1	9,6%	9,1%	8,4%
8.2	23,8	33	-33,1	26,8	35,9	-36	12,6%	8,8%	8,8%
8.3	29	32,4	-30,1	32	35,2	-32,8	10,3%	8,6%	9,0%
8.4	5,4	21,9	-8,1	5,6	22,5	-8,2	3,7%	2,7%	1,2%
Appui									
1	-5,9			-6,5			10,2%		
2	-36,3			-39,6			9,1%		
3	-29			-31,9			10,0%		
4	-21,6			-23,7			9,7%		
5	-0,8			-0,8			0,0%		

- 11 Poteaux en PHRDC :

Poteaux PHRDC	EDL			PROJET			Comparaison ELU
	G (T)	Q (T)	Combi ELU	G (T)	Q (T)	Combi ELU	
2	25,2	2	37,0	34,7	4,4	53,4	44,37%
3	9	0,5	12,9	18,2	2,1	27,7	114,88%
5	14,2	1,2	21,0	24,1	3,1	37,2	77,32%
6	14,1	1,2	20,8	39	5,8	61,4	194,46%
7	13,8	1,2	20,4	38,9	5,8	61,2	199,63%
11	36,1	4,2	55,0	44,3	7,3	70,8	28,56%
12	43,6	5,2	66,7	68,4	11,7	109,9	64,85%
13	47,5	5,6	72,5	72,4	12,6	116,6	60,83%
29	16	1,4	23,7	15,9	3,5	26,7	12,72%
30	14,1	1,2	20,8	14,3	3,2	24,1	15,69%
31	14,2	1,2	21,0	14,1	3,1	23,7	12,95%

- 148m² du PHRDC à renforcer :

	Moment Max (T.m)	
	ELS	ELU
EDL	-5,68	-7,76
Projet	-6,54	-9,06
Dépassement	15,1%	16,8%

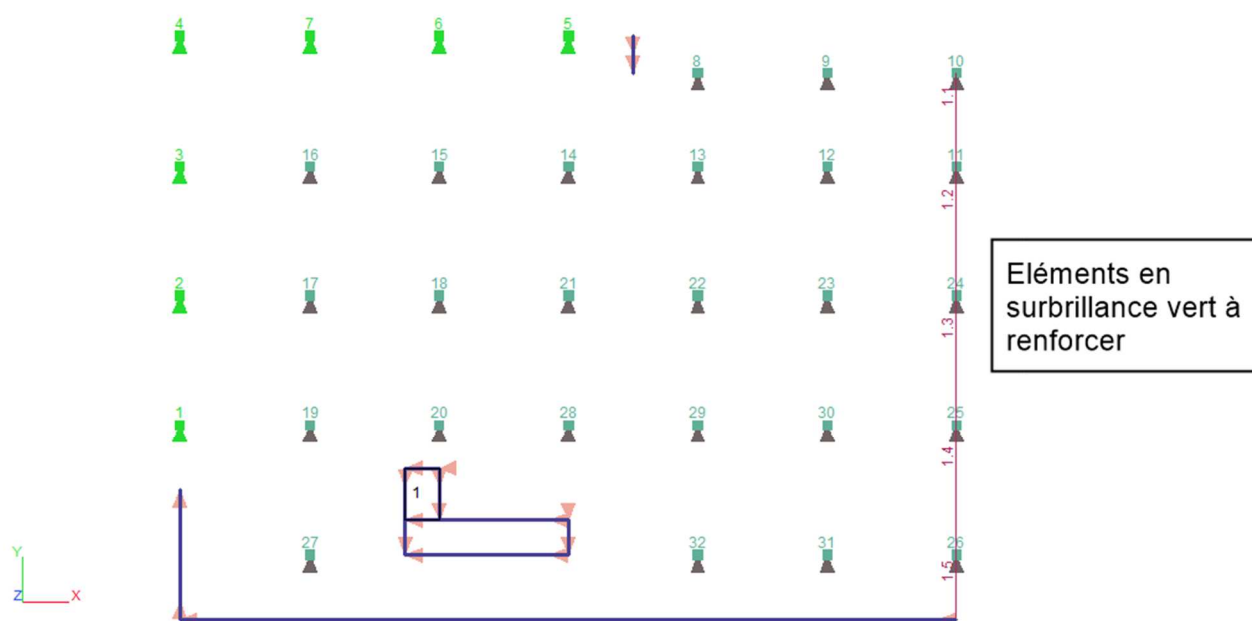
	Section acier (cm ² /ml)
EDL	9,88
Projet	11,64
Renfort à prévoir (cm ² /ml)	1,76

Un renforcement de ces éléments est nécessaire pour justifier une reprise de la nouvelle descente de charges aux états limites ultimes (ELU).

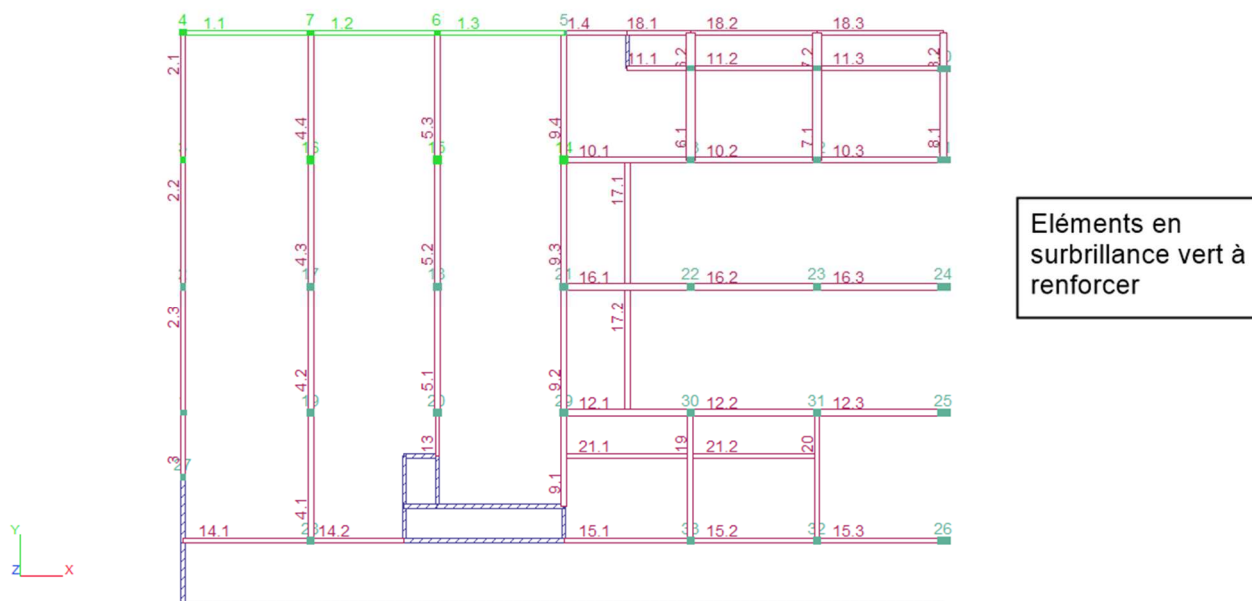
- Aucun renforcement de voiles.

5.1.6.3. REPERAGE SUR PLAN DES ELEMENTS A RENFORCER

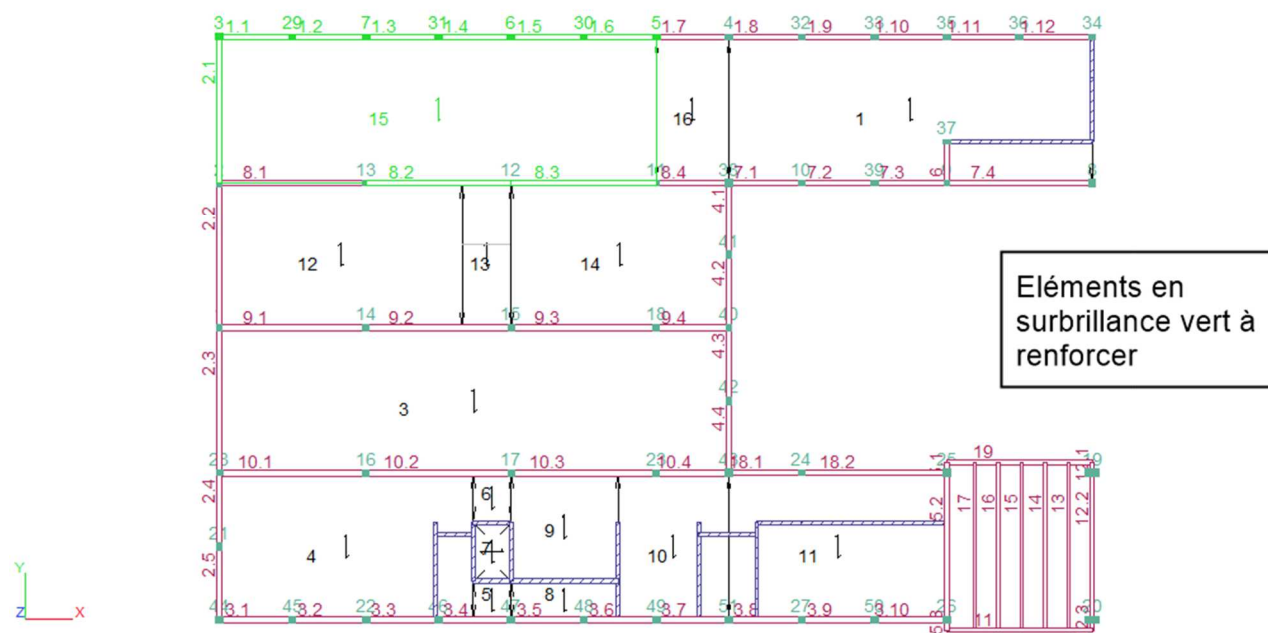
Fondations :



PHSS :



PHRDC :



5.2. ANALYSE STRUCTURELLE (ELU/ELS) : CAS 2

Dans le cas 2, les surélévations envisagées sont (comme décrit au chapitre 4.2) :

- 400² (R+1)
- 49m² (RDC)

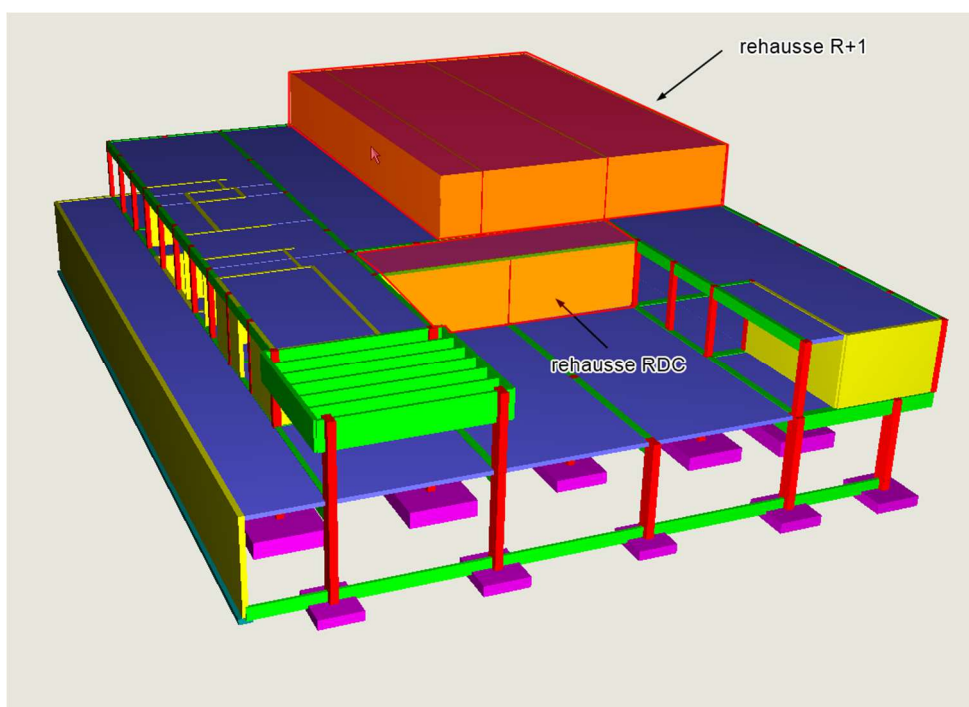
5.2.1. MODELISATION DES BLOCS – NUMEROTATION DES PORTEURS

5.2.1.1. Bloc A

Le bloc A est identique à l'état des lieux et à l'état projet (la rehausse est prévue en toiture PHRDC).

Modèle EDL et projet : voir chapitre 5.1.1

Modèle Projet – Cas 2 :



5.2.2. EFFORTS DANS LES PORTEURS VERTICAUX ET DDC – EDL

Voir chapitre 5.1.2.

5.2.3. EFFORTS DANS LES PORTEURS VERTICAUX ET DDC - PROJET (APRES TRAVAUX)

Modifications apportées par le projet, suite à l'ajout de rehausse à 2 niveaux :

- Ajout de charges au dernier niveau – toiture R+1 (charges du niveau ajouté sur une surface de 400m² : charges permanentes et d'exploitation modifiées).
- Ajout de charges à l'avant-dernier niveau – toiture RDC : charges permanentes et d'exploitation modifiées).

5.2.3.1. Bloc B

Efforts normaux dans les poteaux/voiles en T à ELS – PHSS-1 :

Poteaux	G (T)	Q (T)	Poteaux	G (T)	Q (T)
1	36,8	7,8	18	93,1	27,6
2	52,1	13,1	19	89,1	24
3	52,8	15	20	55,7	14,4
4	27,4	6,9	21	88	23,1
5	43,8	11,7	22	67,6	22
6	51,4	15,6	23	41,9	21,6
7	56,1	16,7	24	18,9	7,8
8	55	10,6	25	30,5	8,1
9	77,3	15,8	26	29,6	6,1
10	42,5	8	27	9,9	2,2
11	29,6	7,4	28	72,5	12,7
12	57,8	18,5	29	77,6	21,7
13	62	16,9	30	96,5	22,6
14	92,8	28,9	31	75	23,2
15	93,6	32,8	32	85,9	17,7
16	101	35	33	100	19,7
17	93,1	26,1			

Voiles	G (T/ml)	Q (T/ml)	Voiles	G (T/ml)	Q (T/ml)
1	10,4	1,2	6	7,7	2
2	5,2	0,7	7.1	8	1,1
3	6,8	0,9	7.2	7,3	0,9
4	9,2	1,2	8	6,2	1,2
5.1	7,1	0,4	9	16,8	4,7
5.2	6,9	0,8			

Efforts normaux dans les poteaux/voiles en T à ELS – PHRDC :

Poteaux	G (T)	Q (T)	Poteaux	G (T)	Q (T)	Poteaux	G (T)	Q (T)
1	30,2	3,6	18	44,5	7,5	35	12,2	1,2
2	30,8	5,4	19	11,3	0	36	14,3	1,4
3	12	2,2	20	11,3	0	37	0,9	0
4	15,6	1,4	21	4,1	0	38	14,3	1,4
5	19,6	4,3	22	14	1,2	39	6,6	0,6
6	19,8	5,5	23	32,7	4,2	40	11,8	1,6
7	20,2	5,8	24	32,5	3	41	7,9	0,8
8	10,7	1	25	22,2	1	42	8,1	1
9	25,7	2,5	26	15,6	0,5	43	9,4	1
10	16,9	2	27	15,3	1,2	44	7,2	0,5
11	44,7	10,6	28	23,5	2,2	45	16	1,4
12	52,8	13,8	29	15,9	3,5	46	13,3	1,1
13	58,1	15,3	30	13,9	3,2	47	6,6	0,3
14	58,4	9,8	31	14,1	3,1	48	7	0,4
15	52,6	8,7	32	12,8	1,3	49	12,1	1,2
16	47,6	5,6	33	12,8	1,2	50	17,5	1,4
17	34,3	4,2	34	5,4	0,5	51	14,3	1,3

Réactions au niveau des fondations en T à ELS+ :

Semelles filantes

	G (T/ml)	Q (/mlT)
1	10,7	1,2
2	5,5	0,7
3	8,5	1,2
4	9,5	1,2
5	7,3	0,8
6	8,4	2,2
7	8,1	1,1
8	6,8	1,4
9	17	4,7

Semelles isolées :

SI	G (T)	Q (T)	SI	G (T)	Q (T)
1	36,8	7,8	17	93,3	26,1
2	52,2	13,1	18	93,3	27,6
3	52,9	15	19	89,3	24
4	27,4	6,9	20	55,9	14,4
5	44	11,7	21	88,2	23,1
6	51,5	15,6	22	67,8	22
7	56,2	16,7	23	42,1	21,6
8	55,1	10,6	24	29,5	7,8
9	77,4	15,8	25	41,3	8,1
10	45,4	8	26	38,7	6,1
11	39,5	7,4	27	72,7	12,7
12	58	18,5	28	77,8	21,7
13	62,1	16,9	29	96,7	22,6
14	93	28,9	30	75,2	23,2
15	93,8	32,8	31	86	17,7
16	101	35	32	100	19,7

* : en gris, les semelles isolées qui sont communes aux 2 blocs.

5.2.3.2. FONDATIONS AU DROIT DU JOINT DE DILATATION

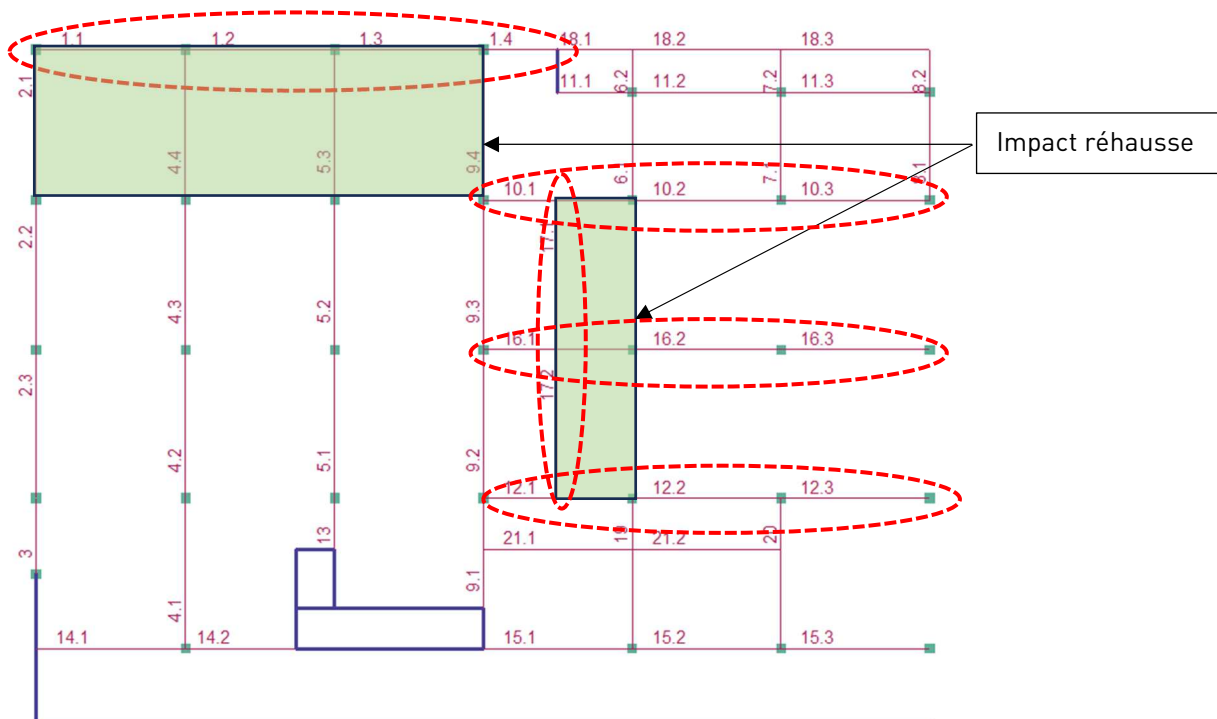
	G (T)	Q (T)
A	72	15,8
B	73,4	17,8
C	55,7	10,7
D	73,7	19
E	70,4	18,2
F	59,6	13,8

5.2.4. EFFORTS DANS LES PORTEURS HORIZONTAUX – EDL (BLOC B)

Les extensions étant prévues en PHSS et en PHRDC, les éléments horizontaux impactés sont étudiés dans ce paragraphe.

5.2.4.1. POUTRES

PHSS :



Les poutres 1, 10, 12, 16 et 17 sont étudiées dans le cadre de cette faisabilité.

EDL - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	35,4	11,4	-18,2
1.2	21,6	14,4	-12,8
1.3	27,1	14,3	-12,6
1.4	-11,8	4,7	2,5
Appui			
1	-5,3		
2	-22,7		
3	-17		
4	-11,8		
5	-0,2		

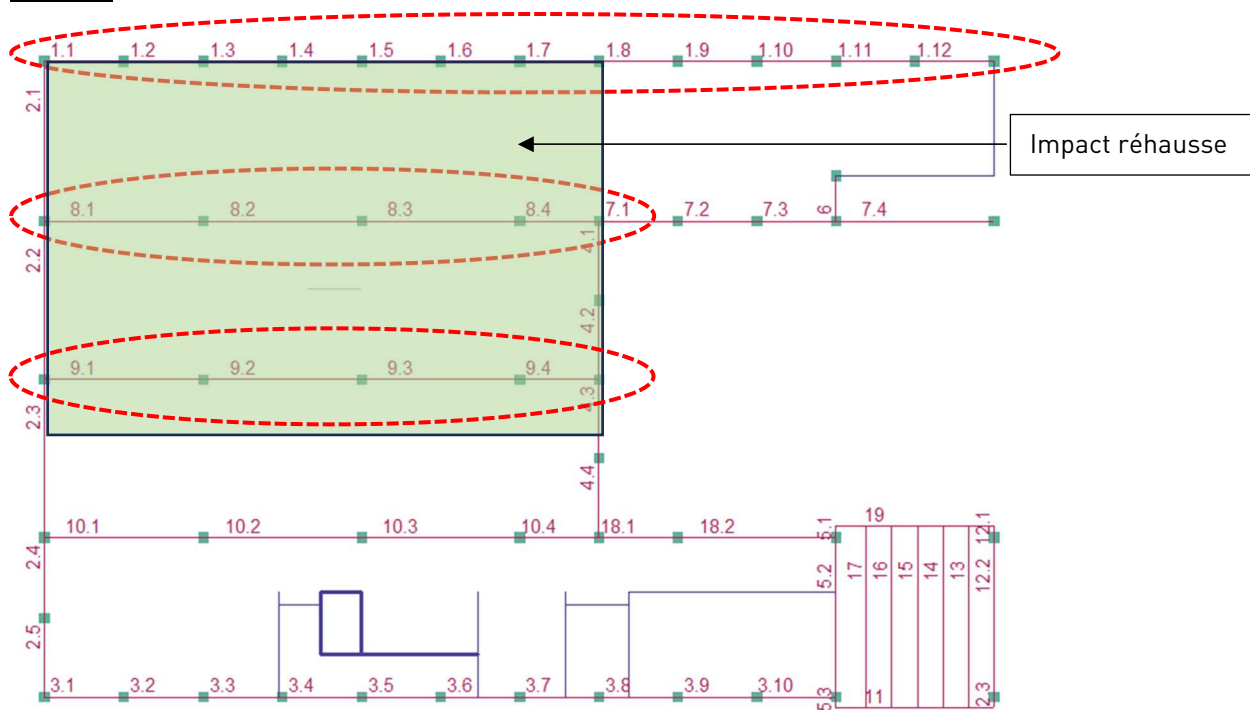
EDL - Poutre 10			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
10.1	51,4	17,1	-39,8
10.2	22,4	31,9	-28,2
10.3	30,2	29,7	-18,3
Appui			
1	-7,7		
2	-47,1		
3	-34,7		
4	-4,5		

EDL - Poutre 12			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
12.1	49,2	15,9	-34,7
12.2	6,9	23,2	-25,4
12.3	55,2	47,6	-32,6
Appui			
1	-7,4		
2	-35,5		
3	-45,3		
4	-8,3		

EDL - Poutre 16			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
16.1	91,9	28,1	-66,6
16.2	19,3	46,3	-40,1
16.3	54,3	49,1	-32,3
Appui			
1	-13,8		
2	-72,4		
3	-51,6		
4	-8,1		

EDL - Poutre 17			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
17.1	21	11,4	-20
17.2	21	20	-11,4
Appui			
1	-3,1		
2	-28,2		
3	-3,1		

PHRDC :



Les poutres 1, 8 et 9 sont étudiées dans le cadre de cette faisabilité.

La poutre 1 est étudiée dans son intégralité car celle-ci est considérée comme continue.

EDL - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	6,1	7,3	-11,1
1.2	3,8	9,9	-9
1.3	4,2	9,2	-9,4
1.4	4,1	9,3	-9,3
1.5	4,1	9,3	-9,3
1.6	4,1	9,3	-9,3
1.7	4,2	9,4	-9,2
1.8	3,6	8,5	-8,3
1.9	3,7	8,3	-8,4
1.10	3,8	8,5	-8,3
1.11	3,3	8	-8,8
1.12	5,5	9,9	-6,7
Appui			
1	-0,9		
2	-4,7		
3	-3,3		
4	-3,5		
5	-3,5		
6	-3,5		
7	-3,5		
8	-3,4		
9	-3,1		
10	-3,2		
11	-2,9		
12	-4,2		
13	-0,8		

EDL - Poutre 8			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	39,7	25,3	-37
1.2	23,8	33	-33,1
1.3	29	32,4	-30,1
1.4	5,4	21,9	-8,1
Appui			
1	-5,9		
2	-36,3		
3	-29		
4	-21,6		
5	-0,8		

EDL - Poutre 9			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
9.1	36,8	24,3	-37,9
9.2	17,1	33	-31,9
9.3	24,1	32,5	-29,9
9.4	4,2	23,1	-7,2
Appui			
1	-5,5		
2	-43,3		
3	-34,5		
4	-25,9		
5	-0,6		

5.2.4.2. PLANCHERS

PHSS :

Les charges appliquées sur le plancher existant sont indiquées sur les plans EXE :

CP :

- Etanchéité : 40 kg/m²
- Sable : 36 kg/m²
- Chape béton : 88 kg/m²
- Dalles sur plots : 100 kg/m²

SE :

- Exploitation : 400 kg/m²

PHRDC :

Les charges appliquées sur le plancher existant sont indiquées sur les plans EXE :

CP :

- Etanchéité - isolation : 60 kg/m²
- Plafond : 20 kg/m²
- Protection : 100 kg/m²

SE :

- Exploitation : 100 kg/m²

5.2.5. EFFORTS DANS LES PORTEURS HORIZONTAUX – PROJET (APRES TRAVAUX – BLOC B)

5.2.5.1. POUTRES

PHSS :

Projet - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	37,7	12,1	-20,8
1.2	21,2	16,3	-14,3
1.3	27,8	16,1	-14
1.4	-15,8	5,9	3,7
Appui			
1	-5,7		
2	-30,3		
3	-23,1		
4	-14,4		
5	-0,4		

Projet - Poutre 10			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
10.1	57	18,7	-40,5
10.2	21,4	32,3	-27,7
10.3	30,4	29,6	-18,4
Appui			
1	-8,6		
2	-49		
3	-33,7		
4	-4,6		

Projet - Poutre 12			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
12.1	51,3	16,5	-34,4
12.2	6,4	23,3	-25,2
12.3	55,2	47,5	-32,7
Appui			
1	-7,7		
2	-35,9		
3	-45		
4	-8,3		

Projet - Poutre 16			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
16.1	104,1	31,3	-68,2
16.2	17,8	47	-39,2
16.3	54,8	48,9	-32,5
Appui			
1	-15,6		
2	-76,5		
3	-50,5		
4	-8,2		

Projet - Poutre 17			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
17.1	25,5	12,6	-22,7
17.2	26,6	23	-12,9
Appui			
1	-3,8		
2	-33,3		
3	-4		

PHRDC :

Projet - Poutre 1			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
1.1	6,6	8	-12,9
1.2	3,6	11,4	-10,4
1.3	4,1	10,6	-10,8
1.4	3,9	10,7	-10,7
1.5	4	10,7	-10,7
1.6	3,9	10,6	-10,6
1.7	3,6	10,1	-9,9
1.8	3,1	9,4	-8,5
1.9	2,9	8,4	-8,4
1.10	3,1	8,5	-8,3
1.11	2,5	7,9	-8,9
1.12	5,2	10,2	-6,4
Appui			
1	-1		
2	-6,7		
3	-4,9		
4	-5,2		
5	-5,1		
6	-5,1		
7	-5		
8	-4,5		
9	-4		
10	-4		
11	-3,7		
12	-5,2		

Projet - Poutre 8			
N°	My (T.m)	Fz (T)	
		+	-
Travée			
8.1	39,3	25,7	-39,8
8.2	19,9	35,1	-34,8
8.3	25,9	34,3	-31,6
8.4	4,8	23,6	-7,4
Appui			
1	-5,9		
2	-45,9		
3	-37,2		
4	-27,4		
5	-0,7		

5.2.5.2. PLANCHER

PHSS :

Les charges appliquées sur le plancher réhabilité sont de :

CP : 100 kg/m² *

SE : 250 kg/m² (bureaux/circulation)

SE : 400 kg/m² (escalier)

* Le complexe de toiture existant est considéré déposé (étanchéité + protection).

PHRDC :

Les charges appliquées sur le nouveau plancher sont les suivantes :

CP : 100 kg/m² *

SE : 250 kg/m² [y compris locaux de stockage/stockage « léger »]

* Le complexe de toiture existant est considéré déposé (étanchéité + protection).

5.2.6. DETERMINATION DES ELEMENTS A RENFORCER

Les éléments verticaux du bloc A ne sont pas à renforcer, aucune surcharge n'est appliquée.

Seules les fondations au droit du JD sont à renforcer, voir article 5.1.6.2.

L'augmentation des sollicitations (ELU) des éléments porteurs (poteaux, poutres, voiles, planchers) suivants dépasse le seuil de 10% acceptable.

5.2.6.1. FONDATIONS

Renforcement de 10 Fondations :

Semelles isolées	EDL			PROJET			Comparaison ELU
	G (T)	Q(T)	Combi ELU	G (T)	Q(T)	Combi ELU	
B	67,8	14,3	113,0	73,4	17,8	125,8	11,34%
D	67,4	12	109,0	73,7	19	128,0	17,44%
E	64,9	12	105,6	70,4	18,2	122,3	15,84%
F	54,3	9,4	87,4	59,6	13,8	101,2	15,74%
14	83	22,5	145,8	93	28,9	168,9	15,84%
15	84,6	24,1	150,4	93,8	32,8	175,8	16,94%
16	90,2	15,3	144,7	100,7	35	188,4	30,21%
17	82,2	21,9	143,8	93,3	26,1	165,1	14,80%
18	83,5	23,8	148,4	93,3	27,6	167,4	12,75%
21	77,3	19,6	133,8	88,2	23,1	153,7	14,93%

5.2.6.2. PHSS – POUTRES

N°	EDL - Poutre 1			Projet - Poutre 1			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
1.1	35,4	11,4	-18,2	37,7	12,1	-20,8	6,5%	6,1%	14,3%
1.2	21,6	14,4	-12,8	21,2	16,3	-14,3	-1,9%	13,2%	11,7%
1.3	27,1	14,3	-12,6	27,8	16,1	-14	2,6%	12,6%	11,1%
1.4	-11,8	4,7	2,5	-15,8	5,9	3,7	33,9%	25,5%	48,0%
Appui									
2	-22,7			-30,3			33,5%		
3	-17			-23,1			35,9%		
4	-11,8			-14,4			22,0%		
5	-0,2			-0,4			100,0%		

La poutre 1 doit être renforcée sur les travées de 1 à 4, soit sur 24,55ml (moments en travée et sur appuis + efforts tranchants).

N°	EDL - Poutre 10			Projet - Poutre 10			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
10.1	51,4	17,1	-39,8	57	18,7	-40,5	10,9%	9,4%	1,8%
Appui									
1	-7,7			-8,6			11,7%		

La poutre 10 doit être renforcée sur la travée 1, soit sur **6.63ml** (moments en travée et sur appuis).

N°	EDL - Poutre 16			Projet - Poutre 16			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
16.1	91,9	28,1	-66,6	104,1	31,3	-68,2	13,3%	11,4%	2,4%
Appui									
1	-13,8			-15,6			13,0%		

La poutre 16 doit être renforcée sur la travée 1, soit sur **6.63ml** (moments en travée et sur appuis).

N°	EDL - Poutre 17			Projet - Poutre 17			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
17.1	21	11,4	-20	25,5	12,6	-22,7	21,4%	10,5%	13,5%
17.2	21	20	-11,4	26,6	23	-12,9	26,7%	15,0%	13,2%
Appui									
1	-3,1			-3,8			22,6%		
2	-28,2			-33,3			18,1%		
3	-3,1			-4			29,0%		

La poutre 17 doit être renforcée sur les travées 1 et 2, soit sur **13.30ml** (moments en travée et sur appuis + effort tranchant).

Au total, les renforts des poutres du PHSS représentent 51,11ml.

5.2.6.3. PHRDC – POUTRES

N°	EDL - Poutre 1			Projet - Poutre 1			Analyse dépassement >10% ?		
	My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)		My (T.m)	Fz (T)	
		+	-		+	-		+	-
Travée									
1.1	6,1	7,3	-11,1	6,6	8	-12,9	8,2%	9,6%	16,2%
1.2	3,8	9,9	-9	3,6	11,4	-10,4	-5,3%	15,2%	15,6%
1.3	4,2	9,2	-9,4	4,1	10,6	-10,8	-2,4%	15,2%	14,9%
1.4	4,1	9,3	-9,3	3,9	10,7	-10,7	-4,9%	15,1%	15,1%
1.5	4,1	9,3	-9,3	4	10,7	-10,7	-2,4%	15,1%	15,1%
1.6	4,1	9,3	-9,3	3,9	10,6	-10,6	-4,9%	14,0%	14,0%

La poutre 1 doit être renforcée sur les travées de 1 à 5, soit sur **24.55ml** (vis-à-vis de l'effort tranchant).

Les poutres 8 et 9 ne doivent pas être renforcées.

Au total, les renforts des poutres du PHRDC représentent 24,55ml.

5.2.6.4. PHSS – POTEAUX

12 poteaux sont à renforcer au PHSS :

Poteaux PHSS	EDL			PROJET			Comparaison ELU
	G (T)	Q (T)	Combi ELU	G (T)	Q (T)	Combi ELU	
2	46	11,4	79,2	52,1	13,1	90,0	13,62%
3	47,2	11,5	81,0	52,8	15	93,8	15,82%
4	24,4	4,4	39,5	27,4	6,9	47,3	19,73%
5	38,6	7,3	63,1	43,8	11,7	76,7	21,60%
6	45,9	9,4	76,1	51,4	15,6	92,8	21,99%
7	49,8	9,7	81,8	56,1	16,7	100,8	23,24%
14	82,8	22,5	145,5	92,8	28,9	168,6	15,87%
15	84,4	24,1	150,1	93,6	32,8	175,6	16,97%
16	90	25,3	159,5	100,5	35	188,2	18,02%
17	82	21,9	143,6	93,1	26,1	164,8	14,83%
18	83,3	23,8	148,2	93,1	27,6	167,1	12,78%
21	77,1	19,6	133,5	88	23,1	153,5	14,96%

5.2.6.5. PHRDC – POTEAUX

21 poteaux sont à renforcer au PHRDC :

Poteaux PHRDC	EDL			PROJET			Comparaison ELU
	G (T)	Q (T)	Combi ELU	G (T)	Q (T)	Combi ELU	
1	24,1	2	35,5	30,2	3,6	46,2	29,93%
2	25,2	2	37,0	30,8	5,4	49,7	34,20%
3	9	0,5	12,9	12	2,2	19,5	51,16%
4	13,4	1,2	19,9	15,6	1,4	23,2	16,44%
5	14,2	1,2	21,0	19,6	4,3	32,9	56,94%
6	14,1	1,2	20,8	19,8	5,5	35,0	67,89%
7	13,8	1,2	20,4	20,2	5,8	36,0	76,06%
10	15,6	1,5	23,3	16,9	2	25,8	10,75%
11	36,1	4,2	55,0	44,7	10,6	76,2	38,54%
12	43,6	5,2	66,7	52,8	13,8	92,0	37,98%
13	47,5	5,6	72,5	58,1	15,3	101,4	39,79%
14	47,3	5,6	72,3	58,4	9,8	93,5	29,46%
15	42,8	5	65,3	52,6	8,7	84,1	28,77%
18	36	4,2	54,9	44,5	7,5	71,3	29,92%
29	16	1,4	23,7	15,9	3,5	26,7	12,72%
30	14,1	1,2	20,8	13,9	3,2	23,6	13,10%
31	14,2	1,2	21,0	14,1	3,1	23,7	12,95%
38	11,5	1	17,0	14,3	1,4	21,4	25,73%
40	8,1	0,5	11,7	11,8	1,6	18,3	56,87%
41	5,4	0,1	7,4	7,9	0,8	11,9	59,48%
42	5,4	0,1	7,4	8,1	1	12,4	67,14%

5.2.6.6. PHSS – PLANCHER

Aucun plancher n'est à renforcer au niveau PHSS.

5.2.6.7. PHSS – VOILES

Aucun voile ne doit être renforcé.

5.2.6.8. PHRDC – PLANCHER

400m² de plancher à renforcer au PHRDC.

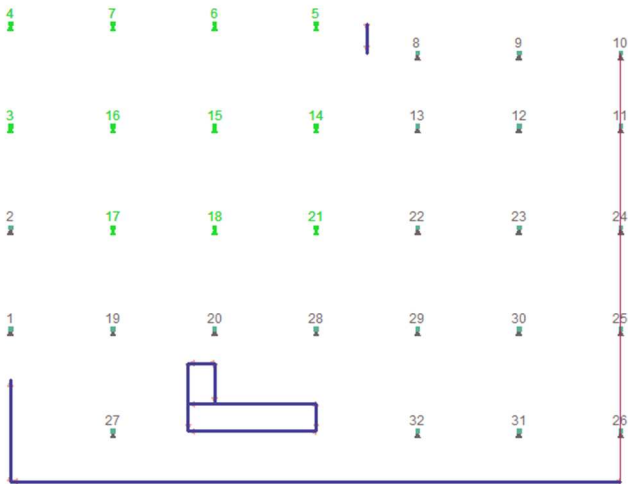
	Moment Max (T.m)			Section acier (cm²/ml)
	ELS	ELU		
EDL	-5,68	-7,76	EDL	9,88
Projet	-6,54	-9,06	Projet	11,64
Dépassement	15,1%	16,8%	Renfort à prévoir (cm²/ml)	1,76

Un renforcement de ces éléments est nécessaire pour justifier une reprise de la nouvelle descente de charges aux états limites ultimes (ELU).

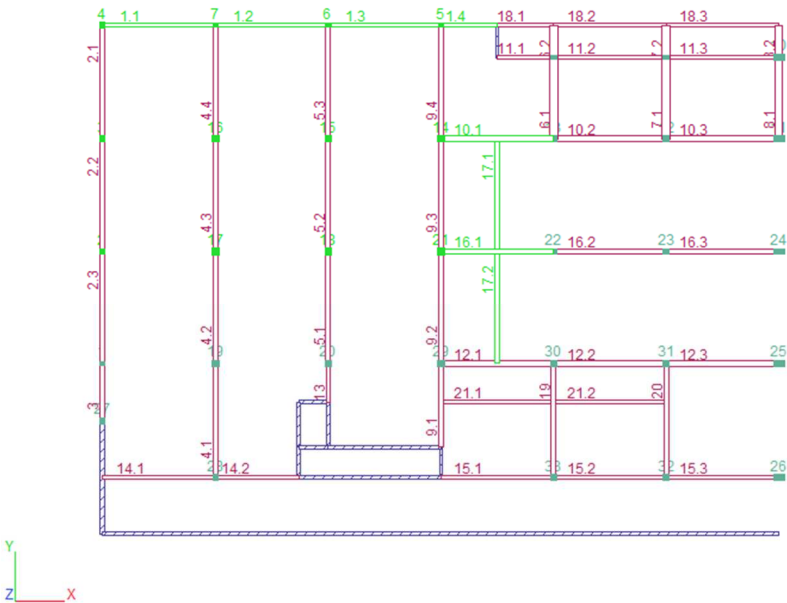
5.2.6.9. REPERAGE SUR PLAN DES ELEMENTS A RENFORCER

Les éléments en surbrillance verte doivent être renforcés.

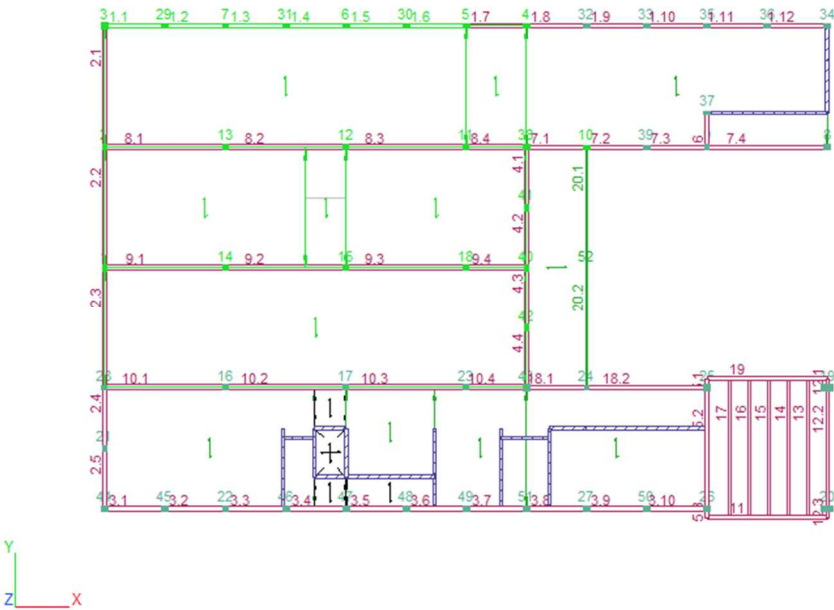
Fondations :



PHSS :



PHRDC :



5.3. ANALYSE STRUCTURELLE – SEISME (ACC) : CAS 1

Afin de ne pas aggraver la vulnérabilité du bâtiment vis-à-vis des efforts sismiques, les travaux doivent respecter le cahier technique N°35.

Dans le cas où l'étage créé est le seul impact réalisé sur le bâtiment, alors sa masse ne doit pas dépasser 10% de la masse de l'étage qui le supporte.

Dans le cas où un étage est créé en simultanée avec un autre paramètre aggravant la structure (comme par exemple la création d'une ouverture dans le plancher, l'ajout de masse sur un autre niveau du bâtiment, etc.), alors le seuil de dépassement sera limité.

Dans ce chapitre (étude du cas 1), seul le paramètre d'ajout d'une surélévation est étudié (1 paramètre aggravant).

La combinaison de deux facteurs aggravants la structure vis-à-vis du séisme sera étudiée au chapitre 5.4.

5.3.1. CALCUL DE LA MASSE DU NIVEAU SUPPORTANT LA SURELEVATION (PHRDC) :

La masse du niveau correspond aux masses qui génèrent les efforts sismiques, sous l'effet des accélérations imposées par le séisme dans la structure.

Dans le calcul sismique, on tient compte des masses qui ont une forte probabilité d'être excitées lors du séisme, c'est-à-dire les masses liées aux charges permanentes et une partie quasi permanente des charges variables.

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{avec} \quad \psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2i}$$

	Surface (m²)	Epaisseur (m)	Poids total (T)
Plancher	842,789	0,25	526,74
Voiles	375,682	0,2	187,84
	Surface (m²)	Poids surfacique (T/m²)	Poids total (T)
CP	842,789	0,18	151,70
SE	842,789	0,1	0*
	Volume (m³)	Poids total (T)	
Poteaux	14,097	35,24	
Poutres	37,711	94,28	

* Coefficient pour notre cas – toiture :

$$\varphi = 0,3$$

$$\psi_2 = 0$$

Masse du niveau	995,81	tonnes
------------------------	---------------	---------------

La masse acceptable est de 99,6 tonnes pour la surélévation d'un niveau.

5.3.2. CALCUL DE L'ETAGE AJOUTE (PHR+1) – SURFACE 148M² :

Comme décrit à l'article 3, la structure de la surélévation est envisagée en ossature légère (ossature bois), composée de façade à ossature bois (y compris isolation, menuiseries), et d'une toiture plate avec solivage bois (y compris complexe d'étanchéité).

	Surface (m²)	Poids surfacique (T/m²)	Poids total (T)
Plancher haut	148,4025	0,15	22,26
Divers	148,4025	0,02	2,97
MOB	196,7	0,075	14,75
CP -	148,4025	0,18	-26,71
SE -	148,4025	0,1	0,00*
CP +	148,4025	0,1	14,84
SE +	148,4025	0,25	3,34**
Masse du niveau		31,45	tonnes

** Coefficient pour notre cas – bureau :

$$\varphi = 0,3$$

$$\psi_2 = 0,3$$

5.3.3. CALCUL DE L'ETAGE AJOUTE (PHR+1) – SURFACE MAXIMALE POUR RESPECT REGLEMENTATION SISMIQUE (UN SEUL PARAMETRE MODIFIE)

Il est déterminé dans ce chapitre la surface maximale de surélévation constructible tout en respectant la réglementation du parasismique dans l'existant.

	Surface (m²)	Poids surfacique (T/m²)	Poids total (T)
Plancher haut	550	0,15	82,50
Divers	550	0,02	11,00
MOB	328,65	0,075	24,65
CP -	550	0,18	-99,00
SE -	550	0,1	0,00
CP +	550	0,1	55,00
SE +	550	0,25	12,38

<u>Masse du niveau</u>	86,52*	tonnes
------------------------	---------------	---------------

La surface de surélévation maximale serait d'environ 550m² en considérant les hypothèses décrites au début du rapport, à condition que le seul paramètre aggravant soit l'ajout de masse en toiture du bâtiment existant.

**Le seuil des 10% n'est pas atteint afin de conserver une marge pour l'ajout de poids pour la réalisation des renforts structuraux (poteaux, poutres, plancher, fondations...).*

Des renforcements structurels liés à la vulnérabilité au séisme du bâtiment ne sont pas nécessaires dans le cas 1 (respect des seuils forfaitaires décrits précédemment).

NB : les renforcements structurels liés aux descentes de charges verticales sont nécessaires.

5.4. ANALYSE STRUCTURELLE – SEISME (ACC) : CAS 2

Dans le cas 2, la modification de deux paramètres entre en jeu : ajout de masse sur deux niveaux.

De ce fait, afin de ne pas aggraver la vulnérabilité du bâtiment vis-à-vis des efforts sismiques, d'après le cahier technique N°35, si deux paramètres sont modifiés simultanément, alors les valeurs admissibles doivent être divisées par deux. A savoir :

- La masse ajoutée sur le dernier niveau d'un bâtiment est limitée à +5% de la masse du niveau (au lieu de +10% si c'est le seul paramètre modifié).
- La masse ajoutée sur l'avant dernier niveau d'un bâtiment est limitée à +12,5% de la masse du niveau (au lieu de +25% si c'est le seul paramètre modifié).

Si les seuils sont dépassés, alors une analyse spécifique devra être effectuée pour évaluer l'impact de ces travaux sur la vulnérabilité sismique du bâtiment :

Le principe des vérifications consiste à s'assurer que l'influence des travaux conduit à des écarts limités sur les paramètres censés représenter le comportement du bâtiment sous séisme :

- l'écart avant et après travaux doit rester limité à 10% pour les grandeurs représentatives du comportement global du bâtiment : période fondamentale de vibration, efforts à la base du bâtiment (poids propre, effort tranchant, moment fléchissant) et déplacements à chaque niveau,
- l'écart avant et après travaux doit rester limité à 25% pour les grandeurs représentatives du comportement local du bâtiment : déplacements inter-étages.

5.4.1. LIMITATION PAR LES SEUILS FORFAITAIRES DU CAHIER TECHNIQUE

5.4.1.1. CALCUL DE LA MASSE DU NIVEAU SUPPORTANT LA SURELEVATION (PHSS)

La masse du niveau correspond aux masses qui génèrent les efforts sismiques, sous l'effet des accélérations imposées par le séisme dans la structure.

Dans le calcul sismique, on tient compte des masses qui ont une forte probabilité d'être excitées lors du séisme, c'est-à-dire les masses liées aux charges permanentes et une partie quasi permanente des charges variables.

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{avec} \quad \psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2i}$$

	Surface (m²)	Epaisseur (m)	Poids total (T)
Plancher	934,91	0,2	467,46
	271,63	0,25	169,77
Voiles	308,19	0,2	154,10
	Surface (m²)	Poids surfacique (T/m²)	Poids total (T)
CP	934,91	0,1	93,49
SE	934,91	0,25	21,04**
	Volume (m³)	Poids total (T)	
Poteaux	14,780	36,95	
Poutres	72,950	182,38	

** Coefficient pour notre cas – bureaux RDC :

$$\varphi = 0,3$$

$$\psi_2 = 0,3$$

Masse du niveau	1125,17	tonnes
------------------------	----------------	---------------

25% de la masse du niveau PHSS représente 281,3 tonnes.

12,5% de la masse du niveau PHSS représente 140,7 tonnes.

5.4.1.2. CALCUL DE LA MASSE DU NIVEAU SUPPORTANT LA SURELEVATION (PHRDC)

Rappel chapitre 5.3.1 :

Masse du niveau	995,81	tonnes
------------------------	---------------	---------------

10% de la masse du niveau PHRDC représente 99,6 tonnes.

5% de la masse du niveau PHRDC représente 49,8 tonnes.

5.4.1.3. CALCUL DE L'ETAGE AJOUTE (PHR+1) :

Comme décrit à l'article 3, la structure de la surélévation est envisagée en ossature légère (ossature bois), composée de façade à ossature bois (y compris isolation, menuiseries), et d'une toiture plate avec solivage bois (y compris complexe d'étanchéité).

	Surface (m²)	Poids surfacique (T/m²)	Poids total (T)
Plancher haut	270	0,15	40,50
Divers	270	0,02	5,40
MOB	237,3	0,075	17,80
CP -	270	0,18	-48,60
SE -	270	0,1	0,00*
CP +	270	0,1	27,00
SE +	270	0,25	6,08**

** Coefficient pour notre cas – bureau :

$\varphi = 0,3$

$\psi_2 = 0,3$

Masse du niveau	48,17	tonnes
------------------------	--------------	---------------

Afin de respecter le seuil de +5% de la masse de l'étage, il faut que la surcharge appliquée reste inférieure 49,8tonnes. **La surface de surélévation du R+1 peut atteindre les 270m² en respectant le seuil imposé par la norme.**

5.4.1.4. CALCUL DE L'ETAGE AJOUTE EN PHRDC

L'extension en PHRDC doit être envisagée afin de permettre éventuellement une liaison avec la toiture R+1 actuelle.

La surface de cette surélévation est envisagée actuellement à 49m² (largeur d'une trame structurelle).

	Surface (m²)	Poids surfacique (T/m²)	Poids total (T)
Plancher haut	49	0,15	7,35
Divers	49	0,02	0,98
MOB	56	0,075	4,20
CP -	49	0,264	-12,94
SE -	49	0,4	0,00
CP +	49	0,1	4,90
SE +	49	0,1	0,44

Masse du niveau	4,94	tonnes
------------------------	-------------	---------------

Cet ajout de masse est largement inférieur à la limitation de 140,7 tonnes.

Une surface plus conséquente de surélévation au PHRDC peut être envisagée sans impact sur la limitation liée à la non aggravation du bâtiment vis-à-vis des efforts sismiques.

Conclusion :

Afin de respecter les seuils décrits dans le cahier technique, et afin de ne pas aggraver la vulnérabilité du bâtiment vis-à-vis des efforts sismiques, les surfaces d'extension peuvent être de :

- 270m² en PHRDC (toiture R+1)
- Largement supérieur à 50m² en PHSS (toiture RDC).

Des renforcements structurels liés à la vulnérabilité au séisme du bâtiment ne sont pas nécessaires.

Le paragraphe suivant comprend l'étude de calcul dynamique afin de vérifier l'impact du dépassement des seuils forfaitaires.

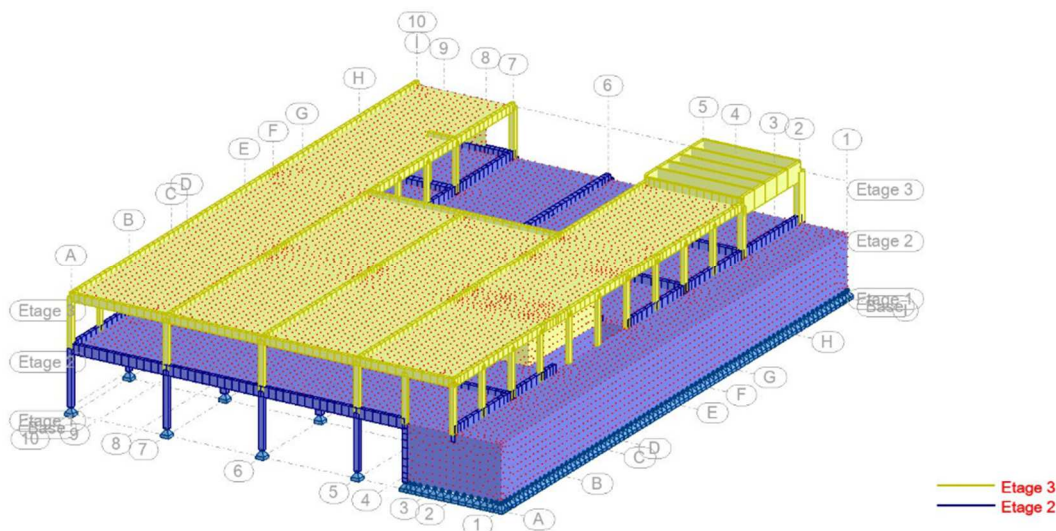
5.4.2. ANALYSE SPECIFIQUE

La demande est d'avoir une surface d'extension en R+1 supérieure à 270m². Le seuil forfaitaire de 5% est donc dépassé. Une analyse spécifique du bâtiment existant doit être réalisée.

Hypothèses prises en compte pour le calcul dynamique :

- Zone de sismicité => 2 (faible),
- Catégorie de bâtiment IV
- agr => $0.6 * 0.7 \text{ m/s}^2 = 0.42 \text{ m/s}^2$ (60% du niveau exigé pour un bâtiment neuf).
- ag => 0.588 m/s^2
- Classe du Sol => D *(à confirmer par le biais d'une étude de sol)*
- Coefficient de comportement $q=1.5$

5.4.2.1. EDL – Bloc B



Période fondamentale de vibration / Fréquence propre :

Cas/Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Tot.mas.UX [kg]	Tot.mas.UY [kg]	Pulsation [1/sec]
21/ 1	1,9	0,53	31,71	17,71	31,71	17,71	2284470,62	2284470,62	11,95
21/ 2	3,52	0,28	35,87	68,79	4,16	51,08	2284470,62	2284470,62	22,12
21/ 3	4,39	0,23	39,92	69,58	4,06	0,79	2284470,62	2284470,62	27,6
21/ 4	4,61	0,22	40,17	74,37	0,24	4,8	2284470,62	2284470,62	28,97
21/ 5	4,89	0,2	40,18	74,4	0,01	0,02	2284470,62	2284470,62	30,72
21/ 6	4,9	0,2	40,2	74,46	0,02	0,07	2284470,62	2284470,62	30,8
21/ 7	5,25	0,19	40,2	74,51	0	0,05	2284470,62	2284470,62	33,01

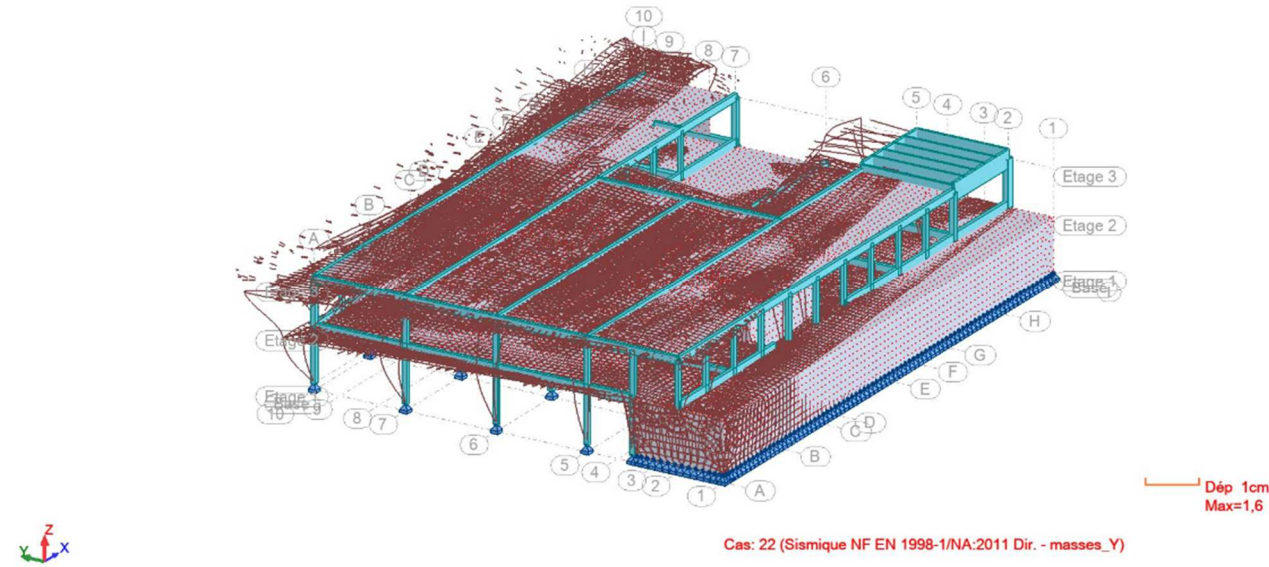
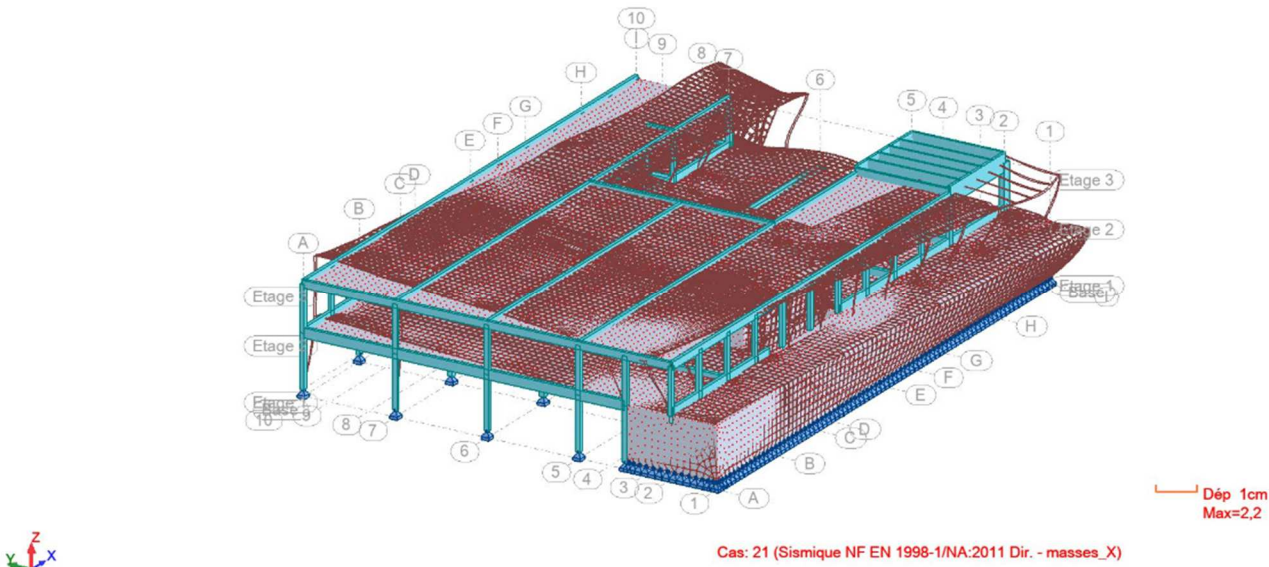
21/ 8	5,46	0,18	40,21	74,52	0	0,01	2284470,62	2284470,62	34,31
21/ 9	5,5	0,18	40,26	74,53	0,06	0,01	2284470,62	2284470,62	34,55
21/ 10	5,54	0,18	40,27	74,53	0	0,01	2284470,62	2284470,62	34,79
21/ 11	5,61	0,18	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	35,26
21/ 12	5,64	0,18	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	35,43
21/ 13	5,75	0,17	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	36,14
21/ 14	5,82	0,17	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	36,58
21/ 15	5,97	0,17	40,28	74,54	0,01	0,01	2284470,62	2284470,62	37,52
21/ 16	6,07	0,16	40,28	74,54	0	0	2284470,62	2284470,62	38,13
21/ 17	6,25	0,16	40,28	74,55	0	0,01	2284470,62	2284470,62	39,28
21/ 18	6,31	0,16	40,28	74,55	0	0	2284470,62	2284470,62	39,68
21/ 19	6,38	0,16	40,28	74,55	0	0	2284470,62	2284470,62	40,11
21/ 20	6,42	0,16	40,31	74,56	0,03	0,01	2284470,62	2284470,62	40,36
21/ 21	6,46	0,15	40,32	74,56	0	0	2284470,62	2284470,62	40,56
21/ 22	6,58	0,15	40,38	74,56	0,06	0	2284470,62	2284470,62	41,37
21/ 23	6,6	0,15	40,38	74,58	0	0,02	2284470,62	2284470,62	41,47
21/ 24	6,64	0,15	40,39	74,6	0,01	0,02	2284470,62	2284470,62	41,7
21/ 25	6,73	0,15	40,42	74,6	0,03	0	2284470,62	2284470,62	42,26
21/ 26	6,8	0,15	40,43	74,62	0	0,02	2284470,62	2284470,62	42,74
21/ 27	6,88	0,15	40,52	74,62	0,09	0	2284470,62	2284470,62	43,21
21/ 28	6,93	0,14	40,56	74,62	0,04	0	2284470,62	2284470,62	43,52
21/ 29	6,97	0,14	40,65	74,62	0,09	0	2284470,62	2284470,62	43,81
21/ 30	7,07	0,14	41,02	74,63	0,37	0,01	2284470,62	2284470,62	44,4
21/ 31	7,07	0,14	100	74,63	58,98	0	2284470,62	2284470,62	44,4
22/ 1	1,9	0,53	31,71	17,71	31,71	17,71	2284470,62	2284470,62	11,95
22/ 2	3,52	0,28	35,87	68,79	4,16	51,08	2284470,62	2284470,62	22,12
22/ 3	4,39	0,23	39,92	69,58	4,06	0,79	2284470,62	2284470,62	27,6
22/ 4	4,61	0,22	40,17	74,37	0,24	4,8	2284470,62	2284470,62	28,97
22/ 5	4,89	0,2	40,18	74,4	0,01	0,02	2284470,62	2284470,62	30,72
22/ 6	4,9	0,2	40,2	74,46	0,02	0,07	2284470,62	2284470,62	30,8
22/ 7	5,25	0,19	40,2	74,51	0	0,05	2284470,62	2284470,62	33,01
22/ 8	5,46	0,18	40,21	74,52	0	0,01	2284470,62	2284470,62	34,31
22/ 9	5,5	0,18	40,26	74,53	0,06	0,01	2284470,62	2284470,62	34,55
22/ 10	5,54	0,18	40,27	74,53	0	0,01	2284470,62	2284470,62	34,79
22/ 11	5,61	0,18	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	35,26
22/ 12	5,64	0,18	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	35,43
22/ 13	5,75	0,17	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	36,14
22/ 14	5,82	0,17	40,27	74,53	0	0	2284470,62	2284470,62	36,58
22/ 15	5,97	0,17	40,28	74,54	0,01	0,01	2284470,62	2284470,62	37,52
22/ 16	6,07	0,16	40,28	74,54	0	0	2284470,62	2284470,62	38,13
22/ 17	6,25	0,16	40,28	74,55	0	0,01	2284470,62	2284470,62	39,28
22/ 18	6,31	0,16	40,28	74,55	0	0	2284470,62	2284470,62	39,68
22/ 19	6,38	0,16	40,28	74,55	0	0	2284470,62	2284470,62	40,11
22/ 20	6,42	0,16	40,31	74,56	0,03	0,01	2284470,62	2284470,62	40,36
22/ 21	6,46	0,15	40,32	74,56	0	0	2284470,62	2284470,62	40,56
22/ 22	6,58	0,15	40,38	74,56	0,06	0	2284470,62	2284470,62	41,37
22/ 23	6,6	0,15	40,38	74,58	0	0,02	2284470,62	2284470,62	41,47
22/ 24	6,64	0,15	40,39	74,6	0,01	0,02	2284470,62	2284470,62	41,7
22/ 25	6,73	0,15	40,42	74,6	0,03	0	2284470,62	2284470,62	42,26
22/ 26	6,8	0,15	40,43	74,62	0	0,02	2284470,62	2284470,62	42,74

22/ 27	6,88	0,15	40,52	74,62	0,09	0	2284470,62	2284470,62	43,21
22/ 28	6,93	0,14	40,56	74,62	0,04	0	2284470,62	2284470,62	43,52
22/ 29	6,97	0,14	40,65	74,62	0,09	0	2284470,62	2284470,62	43,81
22/ 30	7,07	0,14	41,02	74,63	0,37	0,01	2284470,62	2284470,62	44,4

Efforts à la base du bâtiment :

Noeud/Cas/Mode	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Cas	21 - Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_X					
Mode CQC						
Somme réactions	-2329,73	950,74	-33,34	-5380,62	-11185,54	51109,01
Cas	22 - Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_Y					
Mode CQC						
Somme réactions	-950,67	-1891,66	14,87	10845,46	-5833,37	-57956,16

Déplacements :



Déplacement inter-étages :

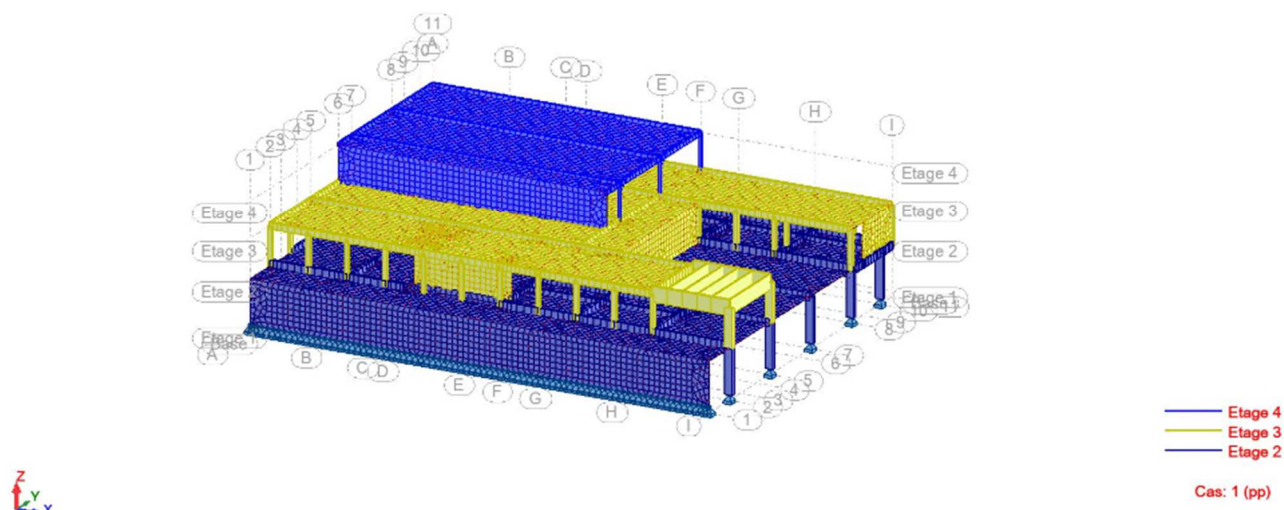
Cas 21 : Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_X

Cas/Etage	dr UX [cm]	dr UY [cm]	Max UX [cm]	Max UY [cm]
21/ 2	0,5	-0,5	1,1	0,3
21/ 3	0,3	0,1	1,7	0,7

Cas 22 : Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_Y

Cas/Etage	dr UX [cm]	dr UY [cm]	Max UX [cm]	Max UY [cm]
22/ 1	0	0	Aucun	Aucun
22/ 2	-0,4	0,4	0,1	0,9
22/ 3	1	0,2	1,3	1,6

5.4.2.2. PROJET – BLOC B



Période fondamentale de vibration / Fréquence propre :

Cas/Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Tot.mas.UX [kg]	Tot.mas.UY [kg]	Pulsation [1/sec]
21/ 1	0,66	1,51	0	0	0	0	4132849,34	4132849,34	4,17
21/ 2	0,74	1,35	0	0	0	0	4132849,34	4132849,34	4,65
21/ 3	0,75	1,33	0	0,19	0	0,19	4132849,34	4132849,34	4,72
21/ 4	0,8	1,25	0,06	5,01	0,06	4,82	4132849,34	4132849,34	5,03
21/ 5	0,82	1,22	0,06	5,01	0	0	4132849,34	4132849,34	5,13
21/ 6	0,87	1,15	0,07	5,01	0	0	4132849,34	4132849,34	5,45
21/ 7	0,93	1,08	0,07	5,01	0,01	0	4132849,34	4132849,34	5,82
21/ 8	1,01	0,99	7,06	5,68	6,99	0,67	4132849,34	4132849,34	6,35
21/ 9	1,07	0,93	7,06	5,68	0	0	4132849,34	4132849,34	6,73
21/ 10	1,11	0,9	7,07	5,68	0,01	0	4132849,34	4132849,34	6,96
21/ 11	1,31	0,76	7,07	5,68	0	0	4132849,34	4132849,34	8,25
21/ 12	1,34	0,74	7,07	5,68	0	0	4132849,34	4132849,34	8,45
21/ 13	1,53	0,66	35,53	21,44	28,46	15,76	4132849,34	4132849,34	9,59
21/ 14	1,61	0,62	35,53	21,44	0	0	4132849,34	4132849,34	10,14
21/ 15	1,64	0,61	35,53	21,44	0	0	4132849,34	4132849,34	10,33

21/ 16	1,85	0,54	35,53	21,58	0	0,14	4132849,34	4132849,34	11,63
21/ 17	1,94	0,52	35,54	21,6	0,01	0,02	4132849,34	4132849,34	12,17
21/ 18	1,97	0,51	35,54	21,6	0	0	4132849,34	4132849,34	12,37
21/ 19	2	0,5	35,54	21,6	0	0	4132849,34	4132849,34	12,57
21/ 20	2,04	0,49	35,54	21,6	0	0	4132849,34	4132849,34	12,79
21/ 21	2,06	0,49	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	12,92
21/ 22	2,09	0,48	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	13,16
21/ 23	2,16	0,46	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	13,59
21/ 24	2,36	0,42	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	14,82
21/ 25	2,38	0,42	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	14,96
21/ 26	2,42	0,41	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	15,18
21/ 27	2,44	0,41	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	15,33
21/ 28	2,5	0,4	35,55	21,65	0,01	0,04	4132849,34	4132849,34	15,73
21/ 29	2,6	0,39	35,56	21,67	0	0,02	4132849,34	4132849,34	16,32
21/ 30	2,67	0,38	36,33	28,88	0,78	7,2	4132849,34	4132849,34	16,75
21/ 31	2,67	0,37	40,6	68,3	4,27	39,42	4132849,34	4132849,34	16,77
21/ 32	2,75	0,36	40,6	68,3	0	0	4132849,34	4132849,34	17,29
21/ 33	2,84	0,35	40,6	68,3	0	0	4132849,34	4132849,34	17,84
21/ 34	2,89	0,35	40,6	68,3	0	0	4132849,34	4132849,34	18,14
21/ 35	2,91	0,34	40,61	68,32	0	0,02	4132849,34	4132849,34	18,27
21/ 36	2,97	0,34	40,61	68,32	0	0	4132849,34	4132849,34	18,65
21/ 37	3,17	0,32	40,61	68,32	0	0	4132849,34	4132849,34	19,9
21/ 38	3,22	0,31	41,62	69,92	1,01	1,59	4132849,34	4132849,34	20,24
21/ 39	3,25	0,31	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	20,44
21/ 40	3,32	0,3	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	20,84
21/ 41	3,33	0,3	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	20,92
21/ 42	3,41	0,29	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	21,43
21/ 43	3,58	0,28	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	22,47
21/ 44	3,63	0,28	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	22,81
21/ 45	3,67	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,09
21/ 46	3,7	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,24
21/ 47	3,72	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,4
21/ 48	3,76	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,64
21/ 49	3,78	0,26	41,62	69,93	0,01	0,01	4132849,34	4132849,34	23,78
21/ 50	3,79	0,26	41,63	69,94	0,01	0,01	4132849,34	4132849,34	23,83
21/ 51	3,8	0,26	41,63	69,95	0	0,01	4132849,34	4132849,34	23,89
21/ 52	3,82	0,26	41,63	69,95	0	0,01	4132849,34	4132849,34	24,02
21/ 53	3,83	0,26	41,63	69,95	0	0	4132849,34	4132849,34	24,08
21/ 54	3,85	0,26	41,63	69,95	0	0	4132849,34	4132849,34	24,18
21/ 55	3,95	0,25	41,64	69,95	0,01	0	4132849,34	4132849,34	24,85
21/ 56	3,97	0,25	41,65	69,95	0,01	0	4132849,34	4132849,34	24,96
21/ 57	3,99	0,25	41,65	69,95	0	0	4132849,34	4132849,34	25,1
21/ 58	4	0,25	41,65	69,96	0	0	4132849,34	4132849,34	25,16
21/ 59	4,08	0,25	41,79	70,04	0,13	0,09	4132849,34	4132849,34	25,63
21/ 60	4,14	0,24	41,85	70,07	0,06	0,03	4132849,34	4132849,34	25,99
21/ 61	4,14	0,24	100	70,07	58,15	0	4132849,34	4132849,34	25,99
22/ 1	0,66	1,51	0	0	0	0	4132849,34	4132849,34	4,17
22/ 2	0,74	1,35	0	0	0	0	4132849,34	4132849,34	4,65
22/ 3	0,75	1,33	0	0,19	0	0,19	4132849,34	4132849,34	4,72
22/ 4	0,8	1,25	0,06	5,01	0,06	4,82	4132849,34	4132849,34	5,03

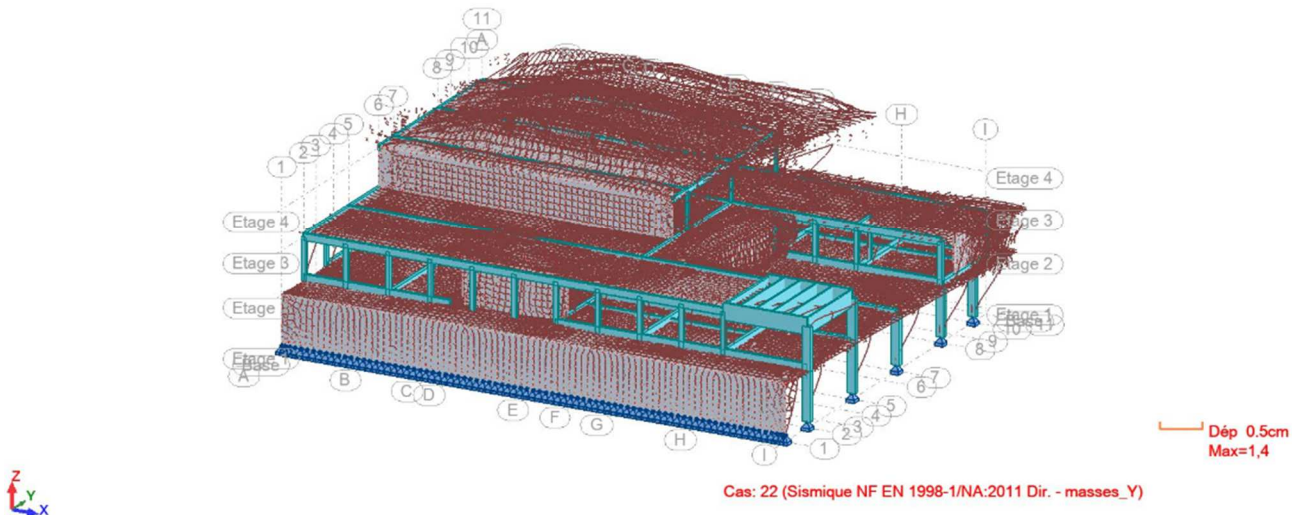
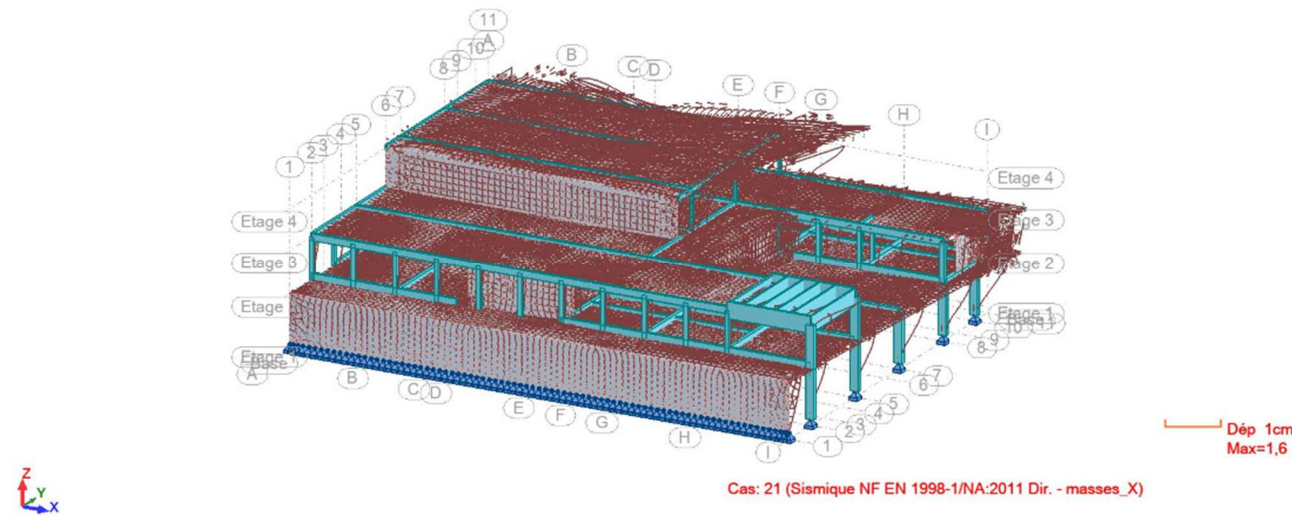
22/ 5	0,82	1,22	0,06	5,01	0	0	4132849,34	4132849,34	5,13
22/ 6	0,87	1,15	0,07	5,01	0	0	4132849,34	4132849,34	5,45
22/ 7	0,93	1,08	0,07	5,01	0,01	0	4132849,34	4132849,34	5,82
22/ 8	1,01	0,99	7,06	5,68	6,99	0,67	4132849,34	4132849,34	6,35
22/ 9	1,07	0,93	7,06	5,68	0	0	4132849,34	4132849,34	6,73
22/ 10	1,11	0,9	7,07	5,68	0,01	0	4132849,34	4132849,34	6,96
22/ 11	1,31	0,76	7,07	5,68	0	0	4132849,34	4132849,34	8,25
22/ 12	1,34	0,74	7,07	5,68	0	0	4132849,34	4132849,34	8,45
22/ 13	1,53	0,66	35,53	21,44	28,46	15,76	4132849,34	4132849,34	9,59
22/ 14	1,61	0,62	35,53	21,44	0	0	4132849,34	4132849,34	10,14
22/ 15	1,64	0,61	35,53	21,44	0	0	4132849,34	4132849,34	10,33
22/ 16	1,85	0,54	35,53	21,58	0	0,14	4132849,34	4132849,34	11,63
22/ 17	1,94	0,52	35,54	21,6	0,01	0,02	4132849,34	4132849,34	12,17
22/ 18	1,97	0,51	35,54	21,6	0	0	4132849,34	4132849,34	12,37
22/ 19	2	0,5	35,54	21,6	0	0	4132849,34	4132849,34	12,57
22/ 20	2,04	0,49	35,54	21,6	0	0	4132849,34	4132849,34	12,79
22/ 21	2,06	0,49	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	12,92
22/ 22	2,09	0,48	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	13,16
22/ 23	2,16	0,46	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	13,59
22/ 24	2,36	0,42	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	14,82
22/ 25	2,38	0,42	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	14,96
22/ 26	2,42	0,41	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	15,18
22/ 27	2,44	0,41	35,54	21,61	0	0	4132849,34	4132849,34	15,33
22/ 28	2,5	0,4	35,55	21,65	0,01	0,04	4132849,34	4132849,34	15,73
22/ 29	2,6	0,39	35,56	21,67	0	0,02	4132849,34	4132849,34	16,32
22/ 30	2,67	0,38	36,33	28,88	0,78	7,2	4132849,34	4132849,34	16,75
22/ 31	2,67	0,37	40,6	68,3	4,27	39,42	4132849,34	4132849,34	16,77
22/ 32	2,75	0,36	40,6	68,3	0	0	4132849,34	4132849,34	17,29
22/ 33	2,84	0,35	40,6	68,3	0	0	4132849,34	4132849,34	17,84
22/ 34	2,89	0,35	40,6	68,3	0	0	4132849,34	4132849,34	18,14
22/ 35	2,91	0,34	40,61	68,32	0	0,02	4132849,34	4132849,34	18,27
22/ 36	2,97	0,34	40,61	68,32	0	0	4132849,34	4132849,34	18,65
22/ 37	3,17	0,32	40,61	68,32	0	0	4132849,34	4132849,34	19,9
22/ 38	3,22	0,31	41,62	69,92	1,01	1,59	4132849,34	4132849,34	20,24
22/ 39	3,25	0,31	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	20,44
22/ 40	3,32	0,3	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	20,84
22/ 41	3,33	0,3	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	20,92
22/ 42	3,41	0,29	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	21,43
22/ 43	3,58	0,28	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	22,47
22/ 44	3,63	0,28	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	22,81
22/ 45	3,67	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,09
22/ 46	3,7	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,24
22/ 47	3,72	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,4
22/ 48	3,76	0,27	41,62	69,92	0	0	4132849,34	4132849,34	23,64
22/ 49	3,78	0,26	41,62	69,93	0,01	0,01	4132849,34	4132849,34	23,78
22/ 50	3,79	0,26	41,63	69,94	0,01	0,01	4132849,34	4132849,34	23,83
22/ 51	3,8	0,26	41,63	69,95	0	0,01	4132849,34	4132849,34	23,89
22/ 52	3,82	0,26	41,63	69,95	0	0,01	4132849,34	4132849,34	24,02
22/ 53	3,83	0,26	41,63	69,95	0	0	4132849,34	4132849,34	24,08
22/ 54	3,85	0,26	41,63	69,95	0	0	4132849,34	4132849,34	24,18

22/ 55	3,95	0,25	41,64	69,95	0,01	0	4132849,34	4132849,34	24,85
22/ 56	3,97	0,25	41,65	69,95	0,01	0	4132849,34	4132849,34	24,96
22/ 57	3,99	0,25	41,65	69,95	0	0	4132849,34	4132849,34	25,1
22/ 58	4	0,25	41,65	69,96	0	0	4132849,34	4132849,34	25,16
22/ 59	4,08	0,25	41,79	70,04	0,13	0,09	4132849,34	4132849,34	25,63
22/ 60	4,14	0,24	41,85	70,07	0,06	0,03	4132849,34	4132849,34	25,99
22/ 61	4,14	0,24	41,85	100	0	29,93	4132849,34	4132849,34	25,99

Efforts à la base du bâtiment :

Noeud/Cas/Mode	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Cas	21 - Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_X					
Mode CQC						
Somme réactions	-2862,82	591,12	-24,47	-3362,74	-14025,25	25840,1
Cas	22 - Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_Y					
Mode CQC						
Somme réactions	-593,11	-2127,28	-20,85	10599,67	-4232,38	-47391,27

Déplacements :



Déplacement inter-étages :

Cas 21 : Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_X

Cas/Etage	dr UX [cm]	dr UY [cm]	Max UX [cm]	Max UY [cm]
21/ 2	0,2	0,2	0,4	0,1
21/ 3	0,1	0	0,5	0,2
21/ 4	0,4	0,3	0,6	1

Cas 22 : Sismique NF EN 1998-1/NA:2011 Dir. - masses_Y

Cas/Etage	dr UX [cm]	dr UY [cm]	Max UX [cm]	Max UY [cm]
22/ 2	0,1	0,2	0	0,3
22/ 3	0,1	0,1	0,4	0,6
22/ 4	0,2	0,7	0,6	1

5.4.2.3. ANALYSE COMPARATIVE DES RESULTATS

Bloc B						
DIRECTION X						
	Unités	EDL	PROJET	Ecart	Seuil limite	Dépassement du seuil
Grandeurs représentatives du comportement global du bâtiment/bloc :						
Période fondamentale de vibration :	s	0,53	0,66	24,5%	10%	OUI
Efforts à la base du bâtiment (MAX):						
- Effort vertical	KN	20 489,43	18 989,31	-7,3%	10%	NON
- Effort tranchant	KN	- 2 329,73	- 2 862,82	22,9%	10%	OUI
- Moment fléchissant	KNm	-11 185,84	- 14 025,25	25,4%	10%	OUI
Déplacement global de la structure:	cm	2,20	1,60	-27,3%	10%	NON
Grandeurs représentatives du comportement local du bâtiment/bloc :						
Déplacement inter-étages (MAX) :	cm	0,5	0,4	-20,0%	25%	NON
DIRECTION Y						
Grandeurs représentatives du comportement global du bâtiment/bloc :						
Période fondamentale de vibration :	s	0,28	0,37	32,1%	10%	OUI
Efforts à la base du bâtiment (MAX):						
- Effort vertical	KN	20 489,43	18 989,31	-7,3%	10%	NON
- Effort tranchant	KN	- 1 891,66	- 2 127,28	12,5%	10%	OUI
- Moment fléchissant	KNm	10 845,46	10 599,67	-2,3%	10%	NON
Déplacement global de la structure:	cm	1,60	1,40	-12,5%	10%	NON
Grandeurs représentatives du comportement local du bâtiment/bloc :						
Déplacement inter-étages (MAX) :	cm	0,4	0,7	75,0%	25%	OUI

Selon les résultats obtenus suite à l'analyse sismique du bloc B, EDL/Projet, nous constatons que les travaux impliquant la réalisation d'une rehausse en toiture R+1 de 400m², combinée à la rehausse en toiture RDC implique une aggravation de la structure existante : les valeurs de la période fondamentale de vibration, l'effort tranchant et le moment en pied de bâtiment ainsi que le déplacement inter-étages dépassent les seuils autorisés.

Afin de compenser les dépassements des seuils, des renforcements liés à la vulnérabilité au séisme du bâtiment sont nécessaires.

Ces renforcements doivent être réalisés sur les éléments verticaux (poteaux et voiles), ainsi que sur les poutres, des 2 niveaux du projet et les fondations. Afin de rigidifier les fondations, l'augmentation de leur surface est envisageable, couplé avec l'ajout de butons entre les semelles. La réalisation de ces butons implique la démolition du dallage du plancher bas sous-sol et reconstitution après travaux.

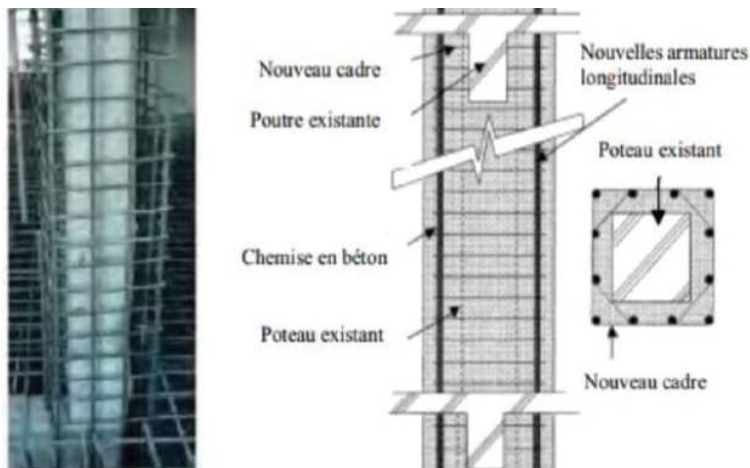
La réalisation d'une synthèse avec les réseaux sous dalle existant devra également être réalisée.

Ces renforcements doivent être additionnés aux renforcements liés à l'analyse statique (descente de charges verticales). Les types de renforcement sont détaillés dans le chapitre 5.5.

5.5. RECOMMANDATIONS POUR LE RENFORCEMENT

5.5.1. RENFORCEMENT DES POTEAUX BA

- 1) Par chemisage béton :



- 2) Par Gainage métallique plaque d'acier collée à l'époxy :



- 3) Par fibre carbone :



5.5.2. RENFORCEMENT DES VOILES

- 1) Par surépaisseur de béton projeté :



- 2) Par profilés métalliques fixés contre les voiles BA
3) Par fibre carbone



Note : La possibilité de réaliser les renforcements devra être également validée par rapport à l'aspect fonctionnel et accessibilité du bâtiment (non traité dans le présent rapport).

5.5.3. RENFORCEMENT DES POUTRES

A l'issue des deux modélisations (avant/après travaux), nous constatons une différence du moment fléchissant à mi-travée variable en fonction des poutres et du niveau. Cela se traduit par un écart des aciers théoriques des aciers inférieurs.

Afin de compenser le manque d'acier suite à la modification de chargement, nous proposons un renforcement avec plats à base de fibre de carbone en sous face des poutres ainsi qu'en périphérie des poutres. Les plats pourront être de type Sika Carbodur, avec une longueur égale à la poutre (détails dans le tableau ci-après).

Nous constatons également une différence entre les efforts tranchants. Ceci se traduit par un écart d'acier verticaux (cadres/épingles).



Afin de compenser le manque d'acier suite à la modification de chargement, nous proposons un renforcement avec plats à base de fibre de carbone parallèle aux cadres de la poutre. Les plats pourront être de type Sika Carbodur.

Dimensions	Sika CarboDur	Largeur	Epaisseur	Section
	S 512	50 mm	1,2 mm	60 mm ²
	S 812	80 mm	1,2 mm	96 mm ²
	S 1012	100 mm	1,2 mm	120 mm ²
	S 1512	150 mm	1,2 mm	180 mm ²
Tenu en stock (rouleau de 10, 25, 50, 250m)				
Densité	1,60			
INFORMATIONS TECHNIQUES				
Résistance en Traction du Stratifié	Valeurs dans le sens longitudinal des fibres			
	Valeur moyenne	3 100 MPa		(EN 2561)
	Valeur au fractile 5%	2 900 MPa		
Module d'Élasticité en Traction du Stratifié	Valeurs dans le sens longitudinal des fibres			
	Valeur moyenne	170 000 MPa		(EN 2561)
	Valeur au fractile 5 %	165 000 MPa		

Extrait de la notice produit Sika® CarboDur® S

5.5.4. RENFORCEMENT DES PLANCHERS

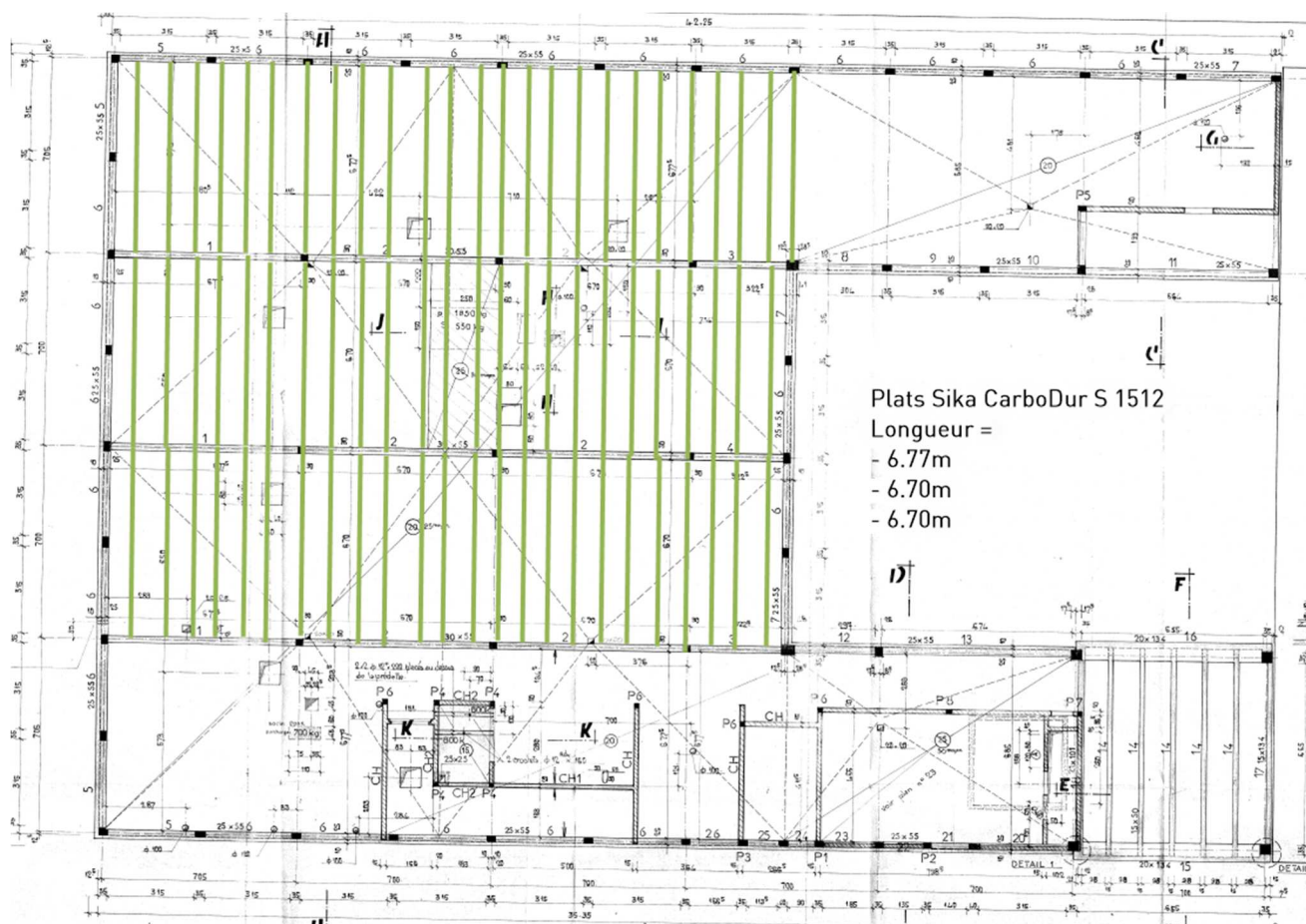
PHRDC :

A l'issue des deux modélisations, nous constatons une différence du moment fléchissant à mi-travée de la dalle d'environ +16,8%. Cela se traduit par un écart des aciers théoriques des aciers inférieurs de +1,76cm²/ml.

Afin de compenser le manque d'acier dans la nappe inférieure suite à la modification de chargement, nous proposons un renforcement avec plats à base de fibre de carbone en sous face du plancher haut RDC. Les plats pourront être de type Sika Carbodur S 1512 espacés tous les 100cm, avec une longueur égale à la portée de la dalle (6,77m)

Dimensions	Sika CarboDur	Largeur	Epaisseur	Section
	S 512	50 mm	1,2 mm	60 mm ²
	S 812	80 mm	1,2 mm	96 mm ²
	S 1012	100 mm	1,2 mm	120 mm ²
	S 1512	150 mm	1,2 mm	180 mm ²
Tenu en stock (rouleau de 10, 25, 50, 250m)				
Densité	1,60			
INFORMATIONS TECHNIQUES				
Résistance en Traction du Stratifié	Valeurs dans le sens longitudinal des fibres			
	Valeur moyenne	3 100 MPa		(EN 2561)
	Valeur au fractile 5%	2 900 MPa		
Module d'Élasticité en Traction du Stratifié	Valeurs dans le sens longitudinal des fibres			
	Valeur moyenne	170 000 MPa		(EN 2561)
	Valeur au fractile 5 %	165 000 MPa		

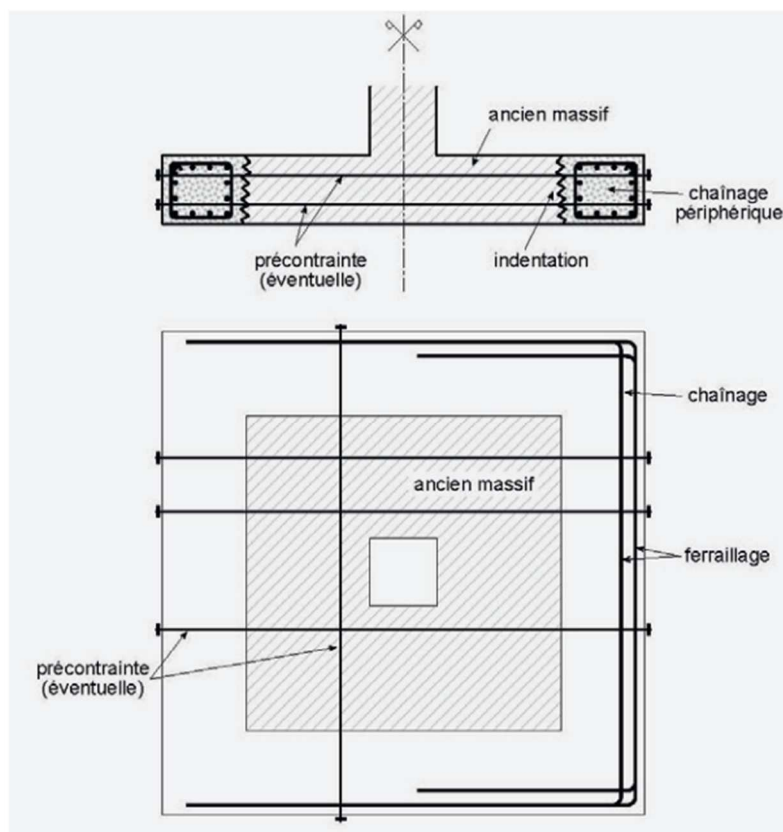
Extrait de la notice produit Sika® CarboDur® S



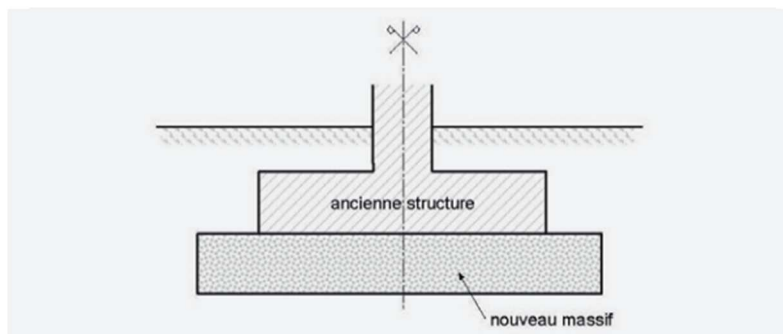
Principe de renforcement

5.5.5. RENFORCEMENT DES FONDATIONS ISOLEES

- 1) Renforcement par augmentation de la surface de la semelle sans surépaisseur



- 2) Renforcement de la fondation à un niveau inférieur au niveau d'origine



Note : La possibilité de réaliser les renforcements devra être également validée par rapport à l'aspect fonctionnel et accessibilité du bâtiment (non traité dans le présent rapport).

5.6. STABILITE AU FEU

Avec l'ajout d'un étage complémentaire, la hauteur totale du bâtiment est modifiée. Il conviendra de s'assurer que le degré de stabilité au feu du bâtiment existant sera suffisant afin de permettre de respecter la réglementation incendie.

Il sera prévu une protection au feu des renforcements.

5.7. ANALYSE ECONOMIQUE

5.7.1. CAS 1

5.7.1.1. REHAUSSE R+1 DE 148M²

En premier approche, il serait nécessaire de renforcer :

- 8 fondations
- 60ml de poutres (25ml au PHSS et 35ml au PHRDC).
- 16 poteaux (8 au PHSS et 8 au PHRDC).
- 148 m² de plancher (emprise de la surélévation).

Avec un cout de renforcement de 1 100 à 1 200€ pour les fondations, de 350 à 450 €/ml de poteau et de poutre, et de 150 à 200 €/m² de plancher BA, le budget du renforcement structurel est estimé entre : 73 000€ et 93 000€ HT*, soit entre 87 220€ et 111 350€ TTC*.

**les frais annexes (études, installations de chantier, etc.) non inclus.*

Nota : En augmentant la surface de rehausse, la quantité de renforts, et donc le cout de ces derniers sera également augmenté.

5.7.1.2. REHAUSSE R+1 DE 550 M²

La surface maximale qui est possible de rajouter en R+1 (à condition de ne pas avoir d'autres facteurs aggravants) dans le chapitre 5.3.3, permettant de respecter les seuils forfaitaires indiqués dans le cahier technique 35 est de 550m².

Avec un cout de renforcement de 1 100 à 1 200€ pour les fondations, de 350 à 450 €/ml de poteau et de poutre, et de 150 à 200 €/m² de plancher BA, le budget du renforcement structurel est estimé entre : 270 000€ et 345 000€ HT*, soit entre 324 000€ et 414 000€ TTC*.

**les frais annexes (études, installations de chantier, etc.) non inclus.*

5.7.2. CAS 2

5.7.2.1. REHAUSSE R+1 (270M²) + REHAUSSE RDC (49M²)

Dans le cas où les seuils forfaitaires vis-à-vis de la vulnérabilité du bâtiment face aux efforts sismiques ne sont pas dépassés, alors les renforts à réaliser sont dus à l'augmentation des charges verticales seulement.

Avec un cout de renforcement de 1 100 à 1 200€ pour les fondations, de 350 à 450 €/ml de poteau et de poutre, et de 150 à 200 €/m² de plancher BA, le budget du renforcement structurel est estimé entre : 120 000€ et 155 000€ HT*, soit entre 144 000€ et 186 000€ TTC*.

**les frais annexes (études, installations de chantier, etc.) non inclus.*

5.7.2.2. REHAUSSE R+1 (400M²) + REHAUSSE RDC (49M²)

Dans le cas où les seuils forfaitaires vis-à-vis de la vulnérabilité du bâtiment face aux efforts sismiques sont dépassés, alors les renforts à réaliser sont dus à l'augmentation des charges verticales ainsi qu'au dépassement des seuils acceptables pour ne pas aggraver la vulnérabilité du bâtiment vis-à-vis des effets du séisme.

Avec un cout de renforcement de 1 100 à 1 200€ pour les fondations, de 350 à 450 €/ml de poteau et de poutre, et de 150 à 200 €/m² de plancher BA, 200 à 300€/m² de voiles BA et de 3000 à 4000€/m³ pour création de butons, le budget du renforcement structurel est estimé entre : 640 000€ et 830 000€ HT*, soit entre 768 000€ et 996 000€ TTC*.

**les frais annexes (études/synthèse, installations de chantier, etc.) non inclus.*

6. CONCLUSION

Une étude de faisabilité a été réalisée à la demande du CHU de Bordeaux pour s'assurer que le bâtiment existant puisse recevoir un ou plusieurs étages supplémentaires.

Cette étude devait répondre aux points suivants :

- Etudier la structure existante du bâtiment,
- S'assurer que les fondations, le sol et les murs porteurs actuels soient sains.
- S'assurer que le bâti et les fondations supporteront le poids additionnel d'un ou de plusieurs étages.
- Etablir une estimation financière et décrire la faisabilité de l'opération.
- Proposer éventuellement des études complémentaires d'investigation des existants.

Etant donné que la présente étude de faisabilité traite uniquement l'aspect structurel du projet, la faisabilité fonctionnelle devra être vérifiée et validée par la MOA.

L'analyse statique, réalisée pour les 2 blocs, ne permet pas de justifier la reprise de la DDC par les poteaux, poutres et plancher au droit de la surélévation envisagée.

En fonction des surfaces d'extensions envisagées, la quantité de renforts varie :

- Si seule la rehausse au R+1 est envisagée (sur une surface 550m²), le budget de renfort serait entre 324 000€ et 414 000€ TTC*.
- Si la rehausse au R+1 (400m²) est associée à une rehausse au RDC (49m²), le budget de renfort serait entre 768 000€ et 996 000€ TTC*.
- Si la rehausse au R+1 (270m² - surface maximale afin de ne pas dépasser les seuils forfaitaires) est associée à une rehausse au RDC (49m²), le budget de renfort serait entre 144 000€ et 186 000€ TTC*.

Le dépassement des seuils fixés par la réglementation parasismique implique des renforts conséquents, lourds et complexes pour la structure existante.

Les travaux devant être réalisés en restant en activité, un impact lié au phasage sera à prendre en compte.

Les renforts structurels devront être traités afin d'être stable au feu 1H minimum (fonction des locaux sous-jacent).