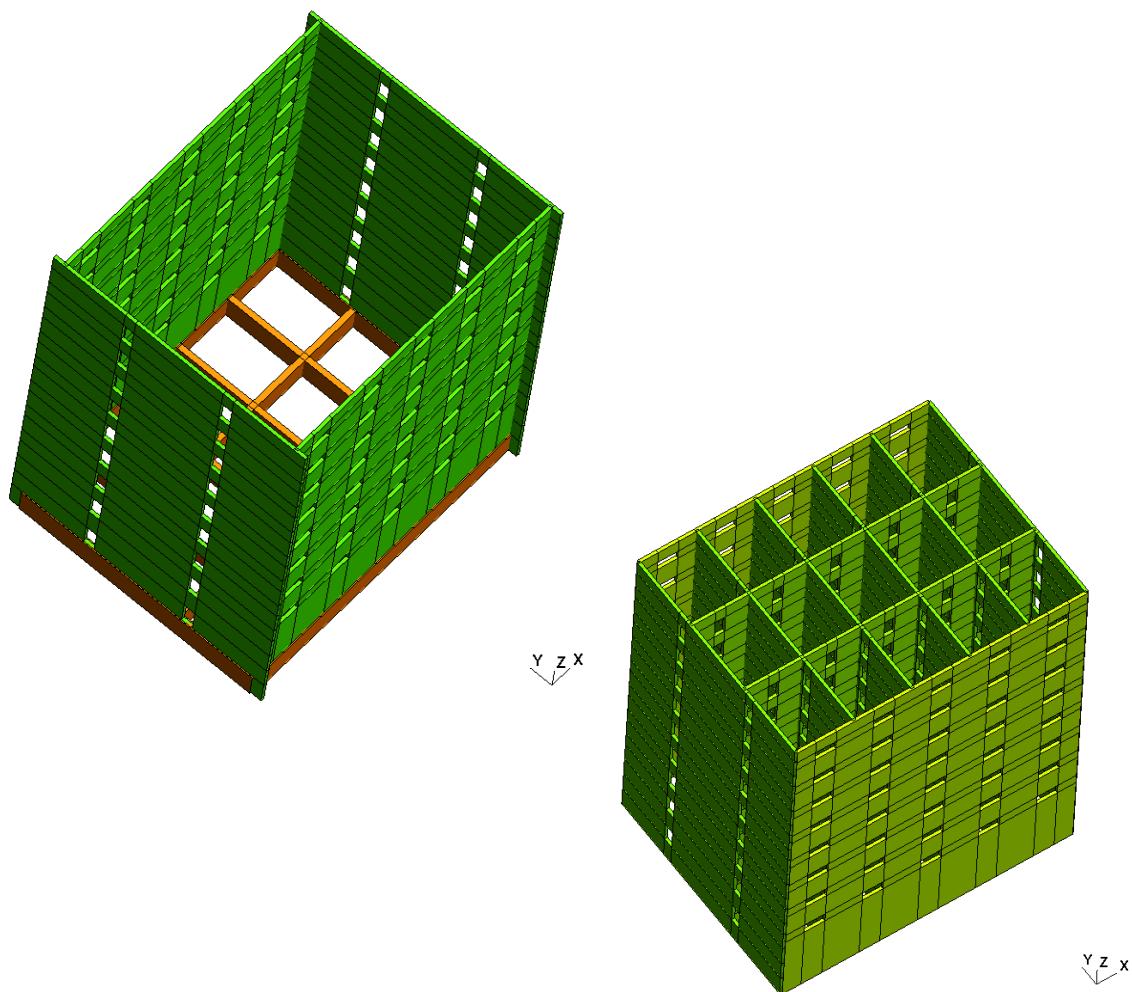


CGSS-Guadeloupe

Renforcements sismiques **Volume II**



CGSS-Guadeloupe

Renforcements sismique

Volume II

Sommaire

- 1 Objet de l'étude**
- 2 Références documentaires**
- 3 Hypothèses**
 - 3.1 Charges permanentes et d'exploitation
 - 3.2 Caractéristiques géotechniques
 - 3.3 Caractéristiques des matériaux
 - 3.4 Action sismique
- 4 Renforcements possibles**
 - 4.1 Renforcement intérieur par noyaux BA
 - 4.2 Renforcement par 2 profilés en I
 - 4.3 Renforcement extérieur par câbles et amortisseurs
 - 4.4 Renforcement par des croix de Saint-André
 - 4.5 Renforcement des blocs par des voiles ajourés
 - 4.6 Renforcement par la construction d'un nouveau bloc B
- 5 Blocs A, B, C, renforcés**
 - 5.1 Modélisation
 - 5.2 Modes propres,
 - 5.3 Déplacement et accélérations
 - 5.4 Torseur à la base
 - 5.5 Cartes de ferraillage planchers et voiles
 - 5.6 Contraintes dans les éléments filaires et les voiles
 - 5.7 Efforts en tête de pieux
- 6 Bloc B, reconstruit**
 - 6.1 Modélisation
 - 6.2 Modes propres,
 - 6.3 Déplacement et accélérations
 - 6.4 Torseur à la base
 - 6.5 Cartes de ferraillage planchers et voiles
 - 6.6 Contraintes dans les éléments filaires et les voiles
 - 6.7 Efforts en tête de pieux
 - 6.8 Proposition de renforcement
- 7 Estimation du coût des deux solutions de renforcement**
- 8 Conclusions sur le choix du renforcement**

Annexe C / Blocs A, B, C renforcés

- C-1 Déplacements relatifs
- C-2 Accélérations absolues

Annexe D / Bloc B reconstruit

- D-1 Déplacements relatifs
- D-2 Accélérations absolues

1. Objet de l'étude

Le diagnostic du bâtiment de la CGSS de Guadeloupe a conclu sur la non résistance à l'action sismique de référence (voir volume I).

Il s'agit donc d'envisager les solutions de renforcement les plus adaptées à la configuration des trois blocs A, B et C.

Le chapitre 4 passe en revue des différentes solutions de renforcement en comparant les avantages et les désavantages de chaque solution. Deux solutions de renforcement ont été retenues :

- Nouveau voile sur le contour de chaque bloc, corsetage (chapitre 5) et
- démolition et reconstruction du bloc B (chapitre 6), en attachant par précontrainte additionnelle les blocs A et C.

Chaque solution de renforcement retenue sera accompagnée d'une estimation du coût.

2. Références documentaires

Documents manquants :

- Etude de sol,
- Implantation des pieux,
- Détails de ferraillage des pieux,
- Plans de coffrage ne figurant pas ci-dessous,
- Totalité des plans de ferraillage

Plans d'architecte :

- [1] Plan n° 74/102/AB, mars 1974, Rez-de-chaussée Bas,
- [2] Plan n° 74/103/AB, mars 1974, Rez-de-chaussée Haut + Dalle piétons,
- [3] Plan n° 74/104/AB, mars 1974, 1^{er} étage,
- [4] Plan n° 74/105/AB, mars 1974, 2^{ème} étage,
- [5] Plan n° 74/106/AB, mars 1974, 3^{ème} étage,
- [6] Plan n° 74/107/AB, mars 1974, 4^{ème} étage,
- [7] Plan n° 74/108/AB, mars 1974, 5^{ème} étage,
- [8] Plan n° 74/109/AB, mars 1974, 6^{ème} étage,
- [9] Plan n° 74/110/AB, mars 1974, 7^{ème} étage, restaurant
- [10] Plan n° 74/111/AB, mars 1974, Terrasse, Superstructure
- [11] Plan n° 74/112/AB, mars 1974, Terrasse, Superstructure, Coupe, Détails
- [12] Plan n° 74/114/AB, mars 1974, Coupe transversale entre les files 8 & 9
- [13] Plan n° 74/115/AB, mars 1974, Coupe transversale entre les files 9 & 10,
- [14] Plan n° 74/116/AB, mars 1974, Coupe transversale entre les files 17 & 18,
- [15] Plan n° 74/117/AB, mars 1974, Coupe longitudinale,

Plans de coffrage :

- [16] Plan n° 74-203, mai 1974, Plancher bas du RdCh. bas, Dallage, Coffrage,
- [17] Plan n° 74-206, mai 1974, Plancher haut du RdCh. bas, Coffrage,
- [18] Plan n° 74-207, mai 1974, Plancher haut du RdCh. haut, Coffrage,
- [19] Plan n° 74-208, mai 1974, Plancher haut du 1^{er} étage, Coffrage,
- [20] Plan n° 74-209, mai 1974, Plancher haut du 2^{ème} étage, Coffrage,
- [21] Plan n° 74-210, mai 1974, Plancher haut du 3^{ème} étage, Coffrage,
- [22] Plan n° 74-211, mai 1974, Plancher haut du 4^{ème} étage, Coffrage,
- [23] Plan n° 74-212, mai 1974, Plancher haut du 5^{ème} étage, Coffrage,

3. Hypothèses

3.1 Charges permanentes et d'exploitation

Les charges permanentes et d'exploitation sont identiques à la phase diagnostic. Le complément de masse est dû à l'introduction des nouvelles structures en voiles de 30 cm d'épaisseur.

3.2 Caractéristiques géotechniques

Le rapport de sol n'est pas disponible. Toutefois, étant donné la grande profondeur des pieux d'environ 30 m, le site est considéré de catégorie D.

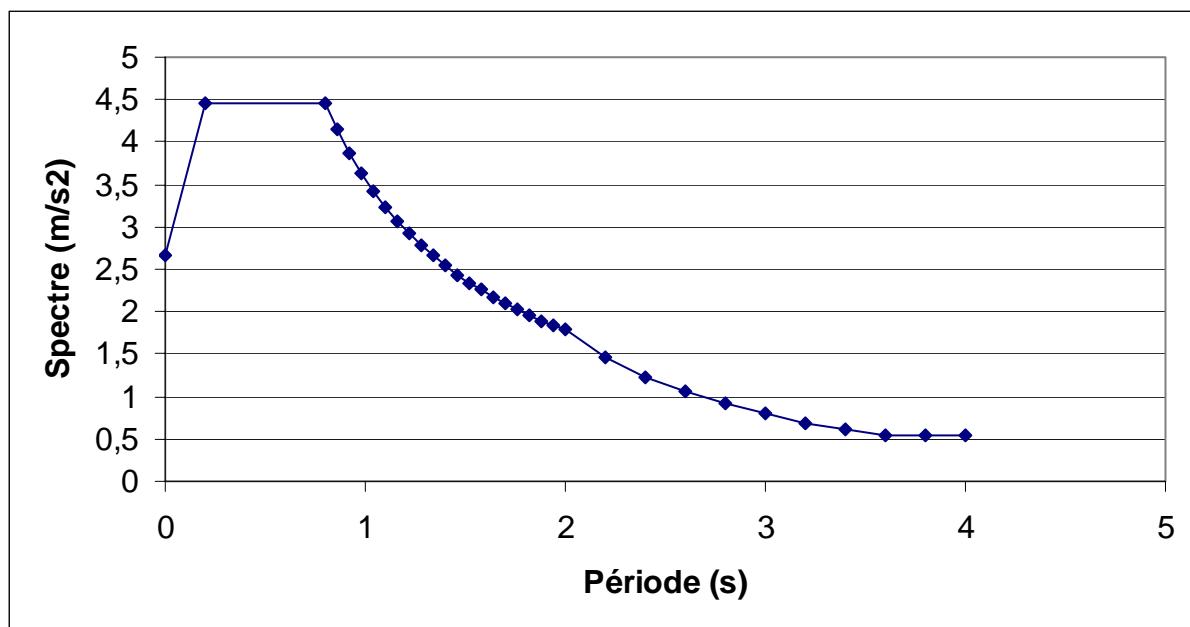
| | | |
|---|---|---------|
| D | Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes | < 180 |
|---|---|---------|

3.3 Caractéristiques des matériaux

Béton 25 MPa
 Acier 500 MPa

3.4 Action sismique

Dans les cas de renforcement où il s'agit de l'introduction d'une nouvelle structure, le spectre de calcul est déterminé par application d'un coefficient de comportement de $q = 2,5$ valeur minimale pour une structure régulière.



4. Renforcements possibles

La structure actuelle ne résiste pas à l'action sismique. Par ailleurs, on ne connaît ni la longueur, ni le ferraillage des pieux, ni le risque de liquéfaction.

Avant de passer à la phase DCE, il faut faire une étude géotechnique complète avec analyse du risque de liquéfaction et mise en évidence d'une éventuelle consolidation des sols après séisme. Il faut effectuer un forage à côté d'un pieu existant et procéder à une auscultation pour identifier le ferraillage.

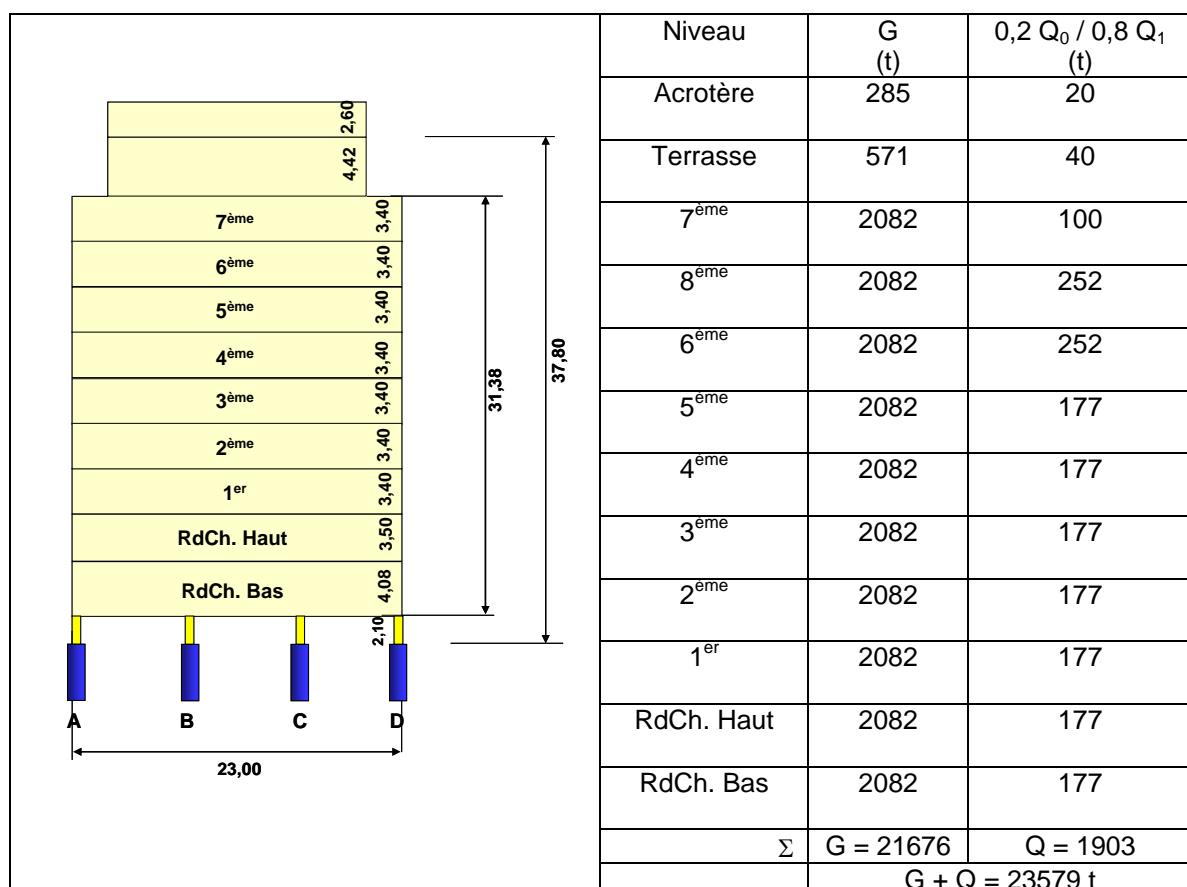
Pour déterminer les renforcements possibles, on considère l'hypothèse que les pieux existants sont capables de transmettre la totalité de la charge verticale et disposent du ferraillage sur toute la hauteur.

En cas de micropieux : profondeur jusqu'à 40 m avec 100 à 150 t de soulèvement acceptable.

Dans cette situation, le renforcement peut être conçu soit entièrement à l'intérieur, soit partiellement à l'extérieur avec des nouvelles fondations sur pieux.

Une solution de renforcement consiste dans la réduction des masses par la démolition d'un nombre de niveaux, de telle sorte que les pieux existants puissent reprendre à la fois la charge verticale et horizontale due à l'action sismique.

► Surface du plancher courant $86,70 \times 23,00 = 1994 \text{ m}^2$



Aux charges ci-dessus il faut ajouter la masse des voiles prévus pour le renforcement.

4.1 Renforcement intérieur par noyaux BA

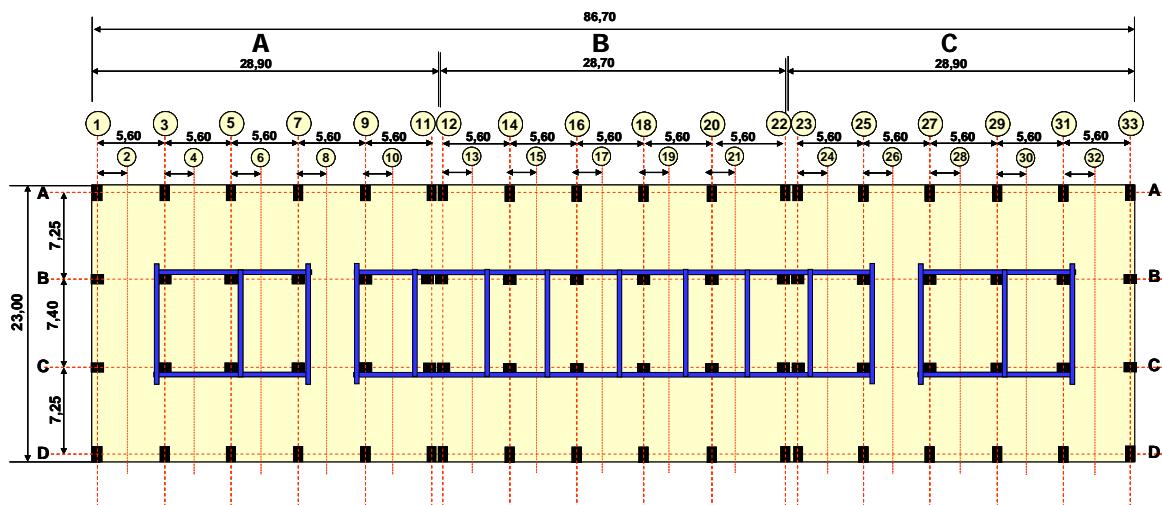
Une structure par noyaux en béton armé est disposée autour des cages d'escaliers et d'ascenseurs en supprimant les J.D. L'ensemble est situé sur des fondations sur pieux exécutées à l'intérieur des blocs.

Avantages :

- Pas de modifications des façades
- Utilisation de l'espace central entre les files 30 à 31 et B à C donc modification limitée de la distribution des locaux.

Désavantages :

- Difficile exécution des fondations sur pieux
- Exécution de la totalité du gros œuvre à l'intérieur
- Coefficient de comportement limité à $q = 1,5$ étant donné l'imbrication de la structure nouvelle avec l'existante
- Chargement sismique : $23579 \times 0,742 g = 17496 t$
- Moment sismique : $17496 \times 2/3 37,80 = 440899 tm$



- Effort de soulèvement transversal : $440899 / 8,50 = 51870 t$ impossible à équilibrer par la charge verticale correspondante.

Solution de renforcement non-constructible

4.2 Renforcement par 2 profilés en I

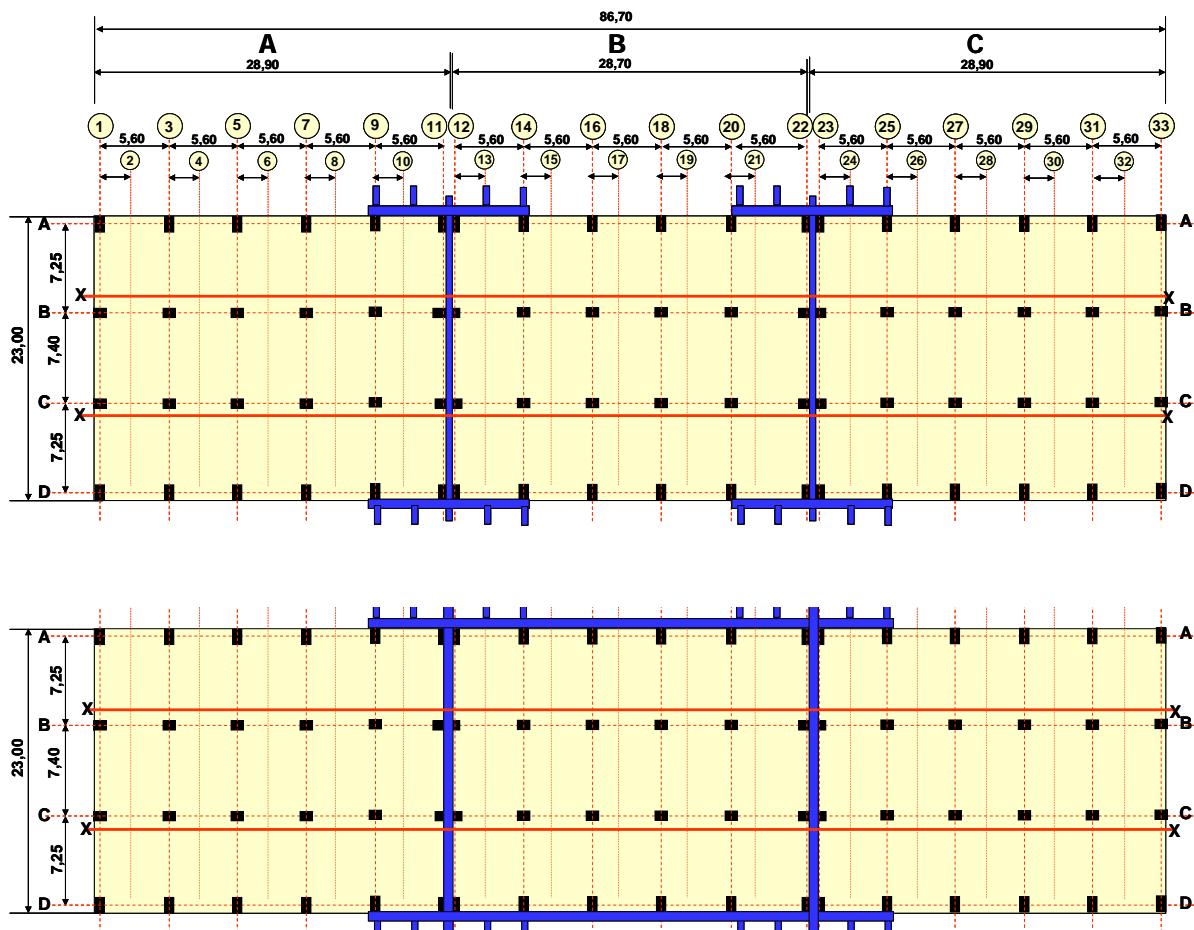
Pour augmenter le bras du couple de renversement, on envisage de mettre au droit de chaque joint de dilatation un voile d'environ 30 cm d'épaisseur, de façade à façade, avec des retours pour récupérer le maximum de la charge verticale et pouvoir transmettre aux pieux.

Avantages :

- Utilisation de la largeur totale du bâtiment
- Fondations profondes exécutées à l'extérieur

Désavantages :

- Exécution d'une partie du gros œuvre à l'intérieur
- Coefficient de comportement $q = 1,5$ étant donné l'imbrication de la structure nouvelle avec l'existante
- Chargement sismique : $23579 \times 0,742 g = 17496 \text{ t}$
- Moment sismique : $17496 \times 2/3 37,80 = 440899 \text{ tm}$



- Effort de soulèvement transversal : $440899 / 24,00 = 18370 \text{ t}$
- Structure $G + Q = 10 (8,00 \times 46,25 \times 1,3) = 4810 \text{ t}$. Il est donc impossible d'équilibrer le soulèvement.

Solution de renforcement non-constructible

4.3 Renforcement extérieur par câbles et amortisseurs

Avantages :

- Travaux exécutés essentiellement à l'extérieur,
- Utilisation partielle des fondations existantes,

Désavantages :

- Exécution de renforcement à l'intérieur au droit des JD avec des câbles qui passent du RdCh. en terrasse,
- Coefficient de comportement $q = 1$,
- Solution appliquée au Japon, mais pas encore validée par des essais en France.

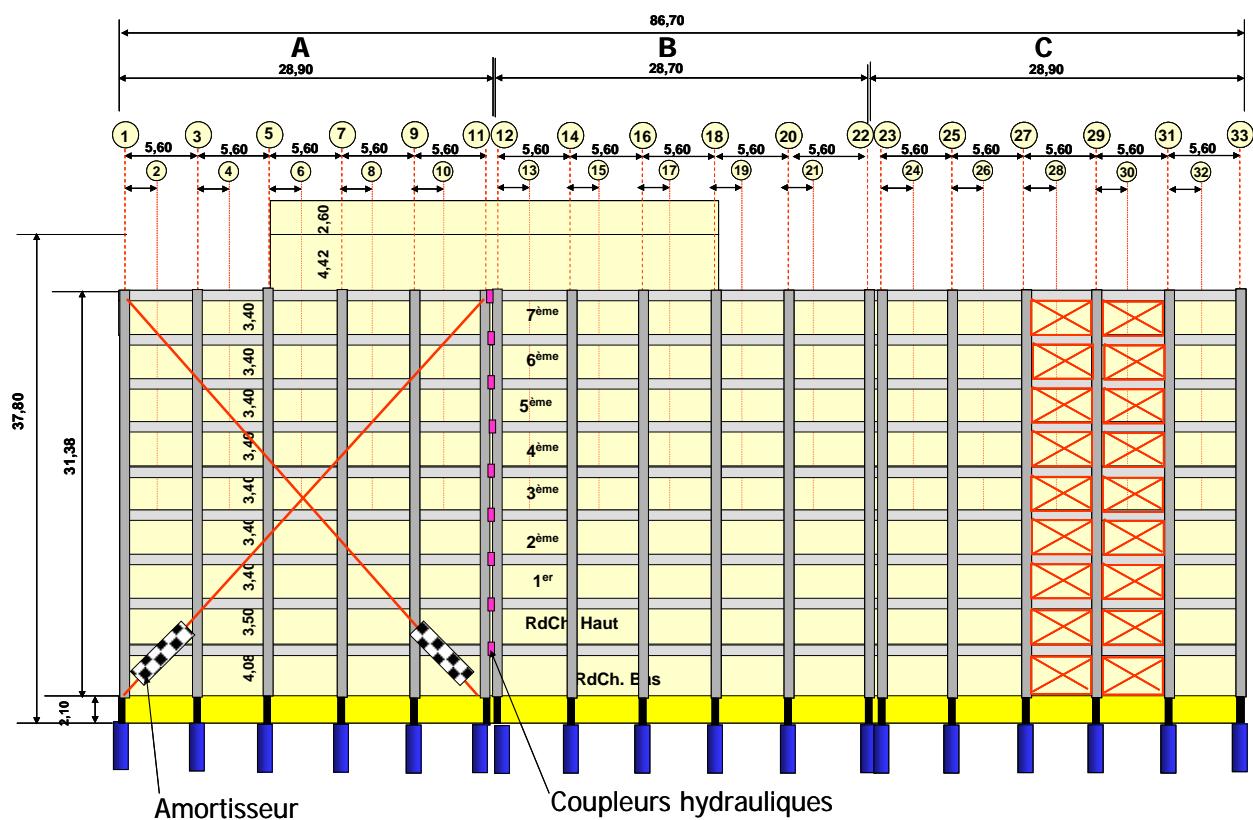
4.4 Renforcement par des croix de Saint-André

Avantages :

- Chaque bloc a son propre contreventement avec des croix de Saint-André ; travaux exécutés essentiellement à l'extérieur.
- Utilisation en partie des fondations existantes.

Désavantages :

- Exécution d'une partie du renforcement à l'intérieur au droit des JD
- Il faut prévoir les croix de Saint-André devant les fenêtres actuelles à tous les étages et aussi dans certaines travées intérieures. Pour leurs fixations, il faut percer les poteaux et les poutres en béton armé.



4.5 Renforcement de chaque bloc par des voiles ajourés de 30 cm en BA

Chaque bloc A, B ou C est renforcé individuellement par un voile disposé sur le contour du bloc (corsetage). Pour limiter l'impact au niveau des fondations, le RDC est continu pour les 3 blocs, y compris au droit des 2 joints de dilatation. Le détail de renforcement pour le bloc B est donné au chapitre 5.

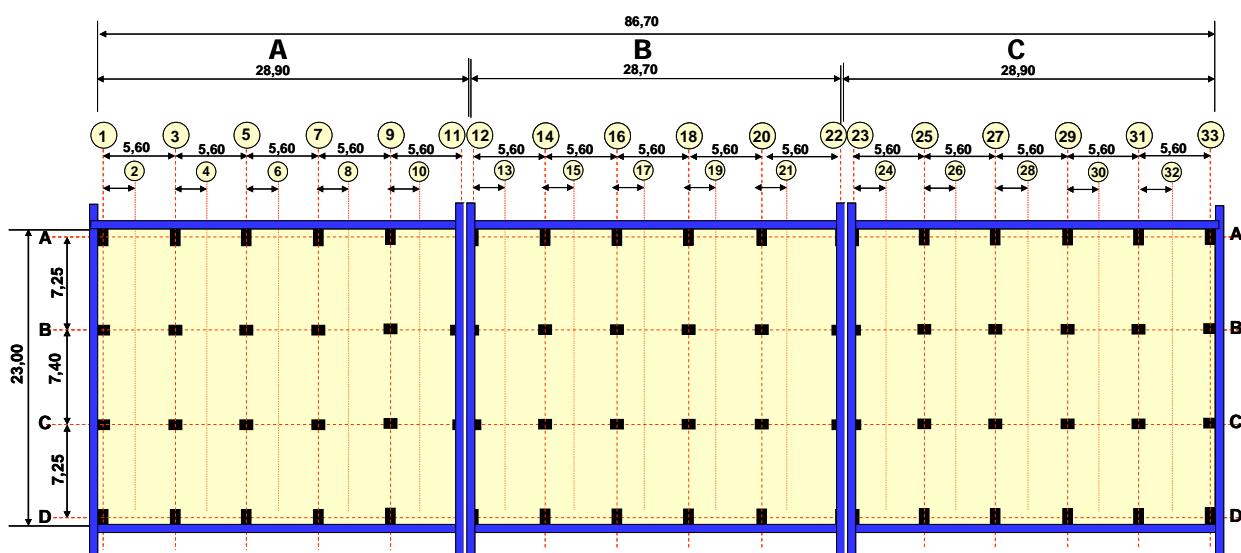
Avantages :

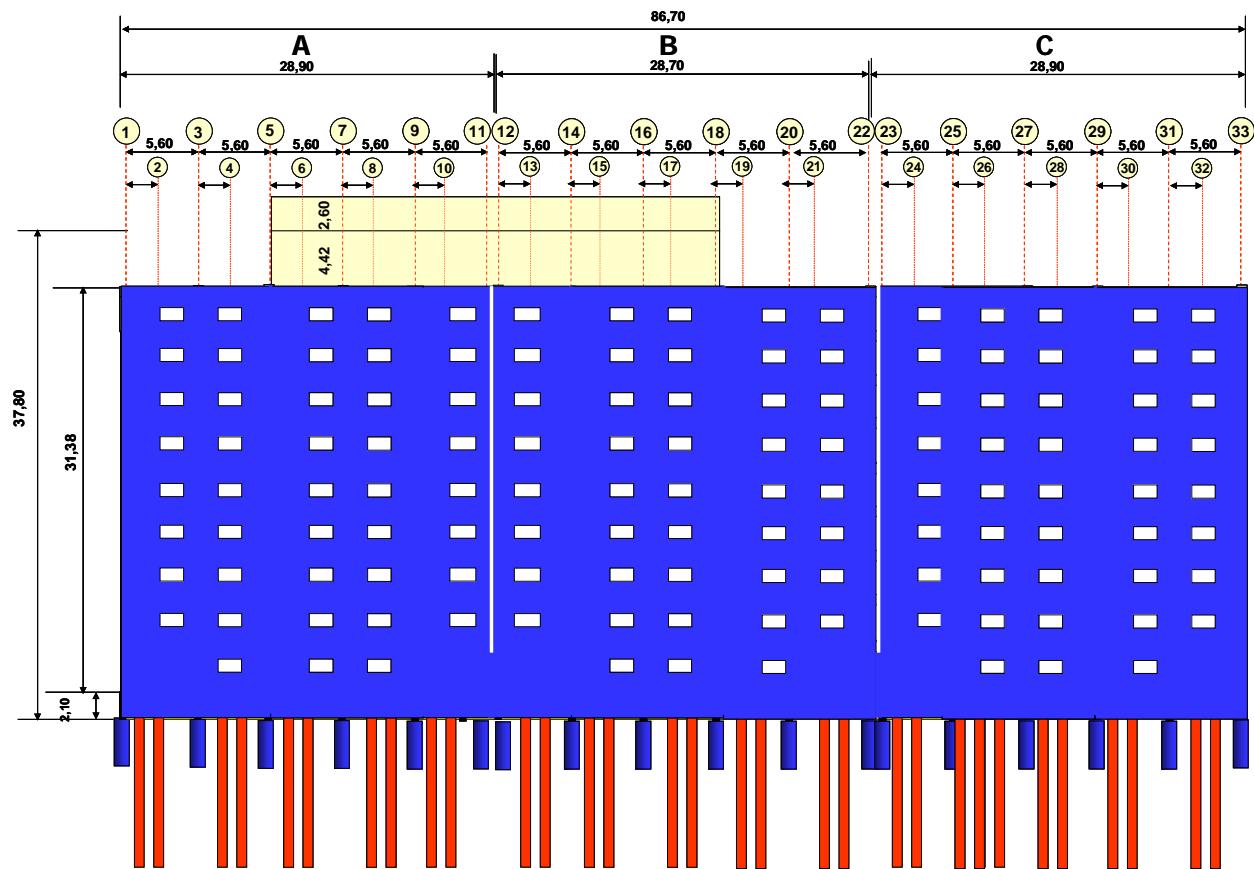
- Le renforcement par l'extérieur n'entame pas la surface libre de bureaux,
- Reprise correcte des efforts sismiques par des voiles en BA. Les poteaux existants seront considérés comme bi-articulés.
- Fondations exécutées entièrement à l'extérieur,
- Coefficient de comportement $q = 2,5$ à $3,0$ étant donné la simplicité de la nouvelle structure,
- Chargement sismique pour $q = 2,5 : 23579 \times 0,447 \text{ g} = 10620 \text{ t}$
- Moment sismique : $10620 \times 2/3 37,80 = 267624 \text{ tm} / 3 \text{ blocs} = 89208 \text{ tm} / \text{ bloc}$
- Effort de soulèvement transversal : $89208 / 24,00 = 3717 \text{ t}$
- Structure $G + Q = 10 (8,00 \times 28,90 \times 1,3) + 700 \text{ t de voile façade} = 3705 \text{ t}$ on à équilibrer le soulèvement.

Solution de renforcement constructible

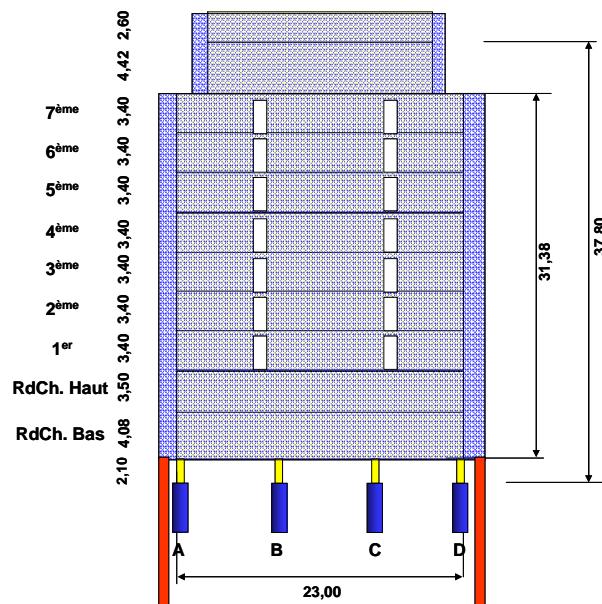
Désavantages :

- Exécution des 2 x 2 voiles files 11-12 et 22-23 avec un JD de séparation
- Fenêtres en façade diminuées





Façade principale dont on peut remarquer la position des fenêtres et la liaison continue au niveau du RdCh. Bas



Coupe transversale au droit du voile transversal ; pour éviter les pieux intérieurs il faut que le voile soit continu et sans ouvertures sur environ 10 m de hauteur

4.6 Renforcement par la construction d'un nouveau bloc central B

Il s'agit de démolir l'actuel bloc central B et de reconstruire ce même bloc avec une structure en voiles de 30 cm d'épaisseur. Les blocs existants A et C seront attachés par la précontrainte additionnelle disposée à chaque niveau sous les planchers.

Avec cette solution, la totalité de l'action sismique des blocs A + B + C est reprise par le seul bloc B. Bien entendu, les fondations seront davantage sollicitées, mais on pourra faire une exécution normale sans reprises en sous-œuvre.

Le nouveau Bloc B sera exécuté sur des nouvelles fondations profondes et constitué par des voiles de contreventement de 30 cm dans les deux directions orthogonales avec les ouvertures nécessaires.

Le détail de cette solution est donné dans le chapitre 6.

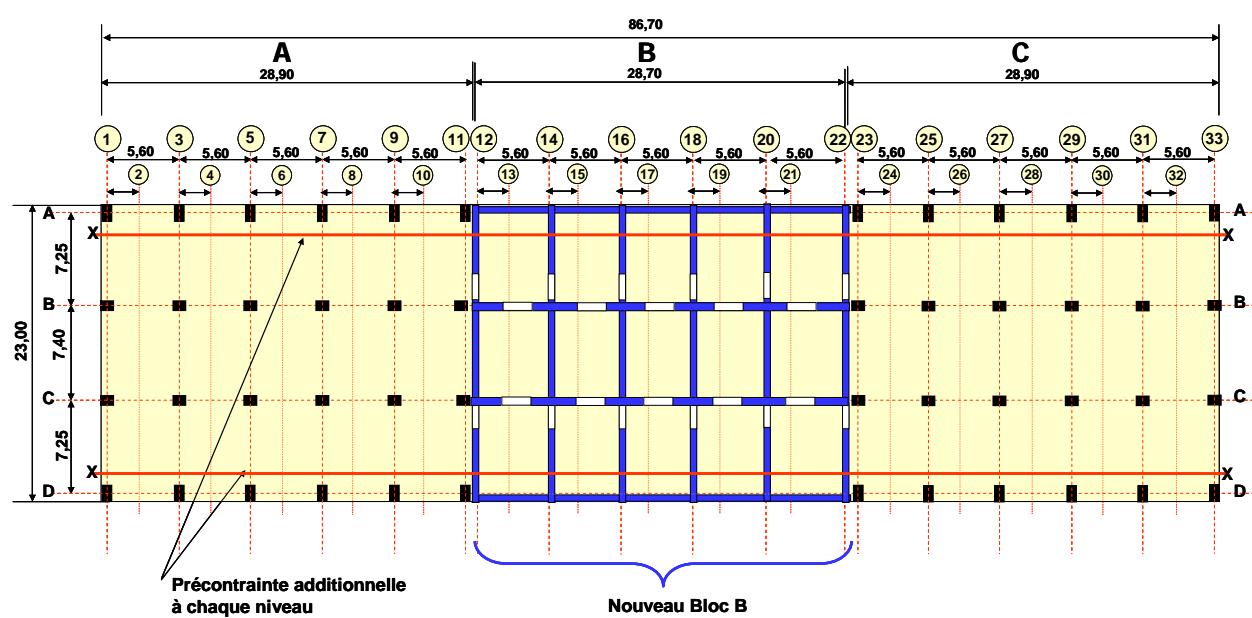
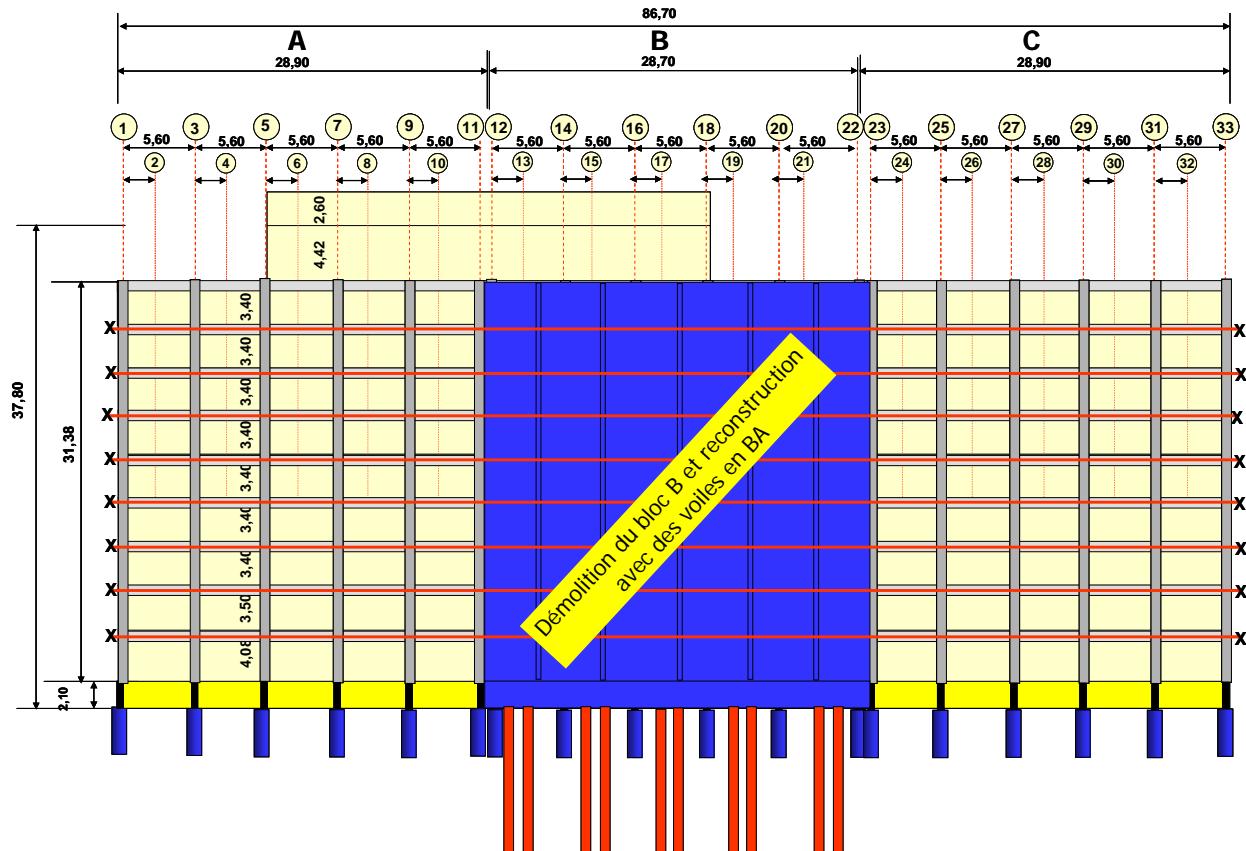
Avantages :

- Reprise correcte des efforts sismiques pour la nouvelle structure. Les poteaux des blocs A et C seront considérés comme bi-articulés.
- Fondations exécutées entièrement dans l'emprise du nouveau bloc,
- Coefficient de comportement **q = 2,5 à 3,0** étant donné la simplicité de la nouvelle structure
- Chargement sismique pour $q = 2,5 : 23579 \times 0,447 g = 10620 t$
- Moment sismique : $10620 \times 2/3 37,80 = 267624 tm$
- Effort de soulèvement transversal : $267624 / 24,00 = 11151 t$ de soulèvement à équilibrer par la structure nouvelle et les fondations

Solution de renforcement constructible

Désavantages :

- Démolition du bloc B
- Rattacher les blocs A et C au bloc B par des câbles par précontrainte-additionnelle,
- La présence de voiles dans le bloc central introduit une contrainte dans l'exploitation de la surface libre de bureaux



5. Blocs A, B, C renforcés

Les blocs A et C auront le même système de contreventement que le bloc B pour lequel on a fait analyse modale.

5.1 Modélisation

Le dernier niveau n'a pas été modélisé

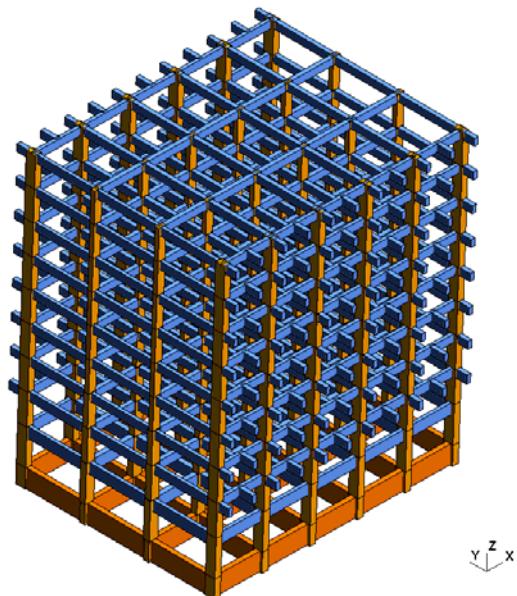


Fig. 5.1-1 Vue 3D des poutres et poteaux existants

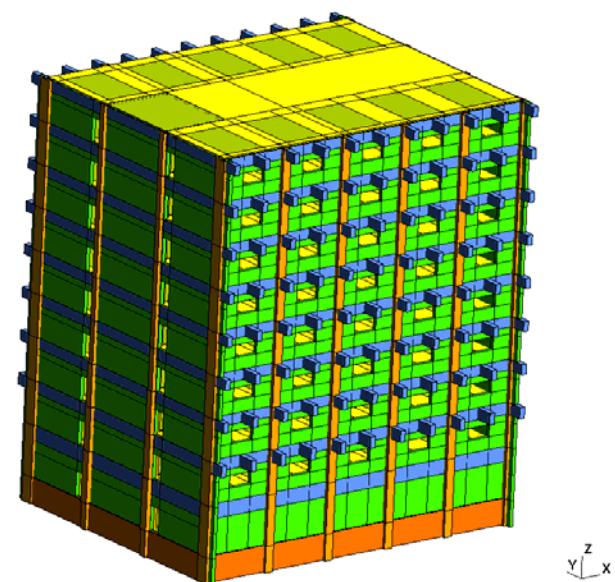


Fig. 5.1-2 Vue 3D des poutres, poteaux, dalles et voiles ajoutés de 30 cm

Fig. 5.1-3 Vue 3D des voiles de renforcement ajoutés

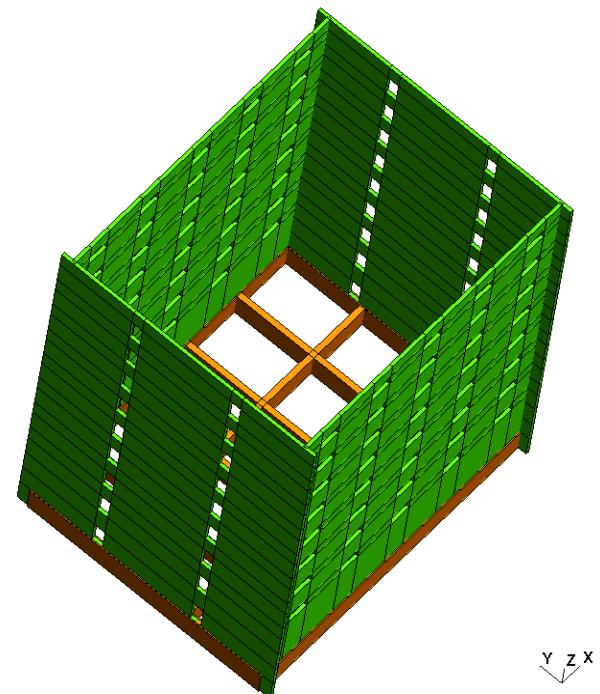
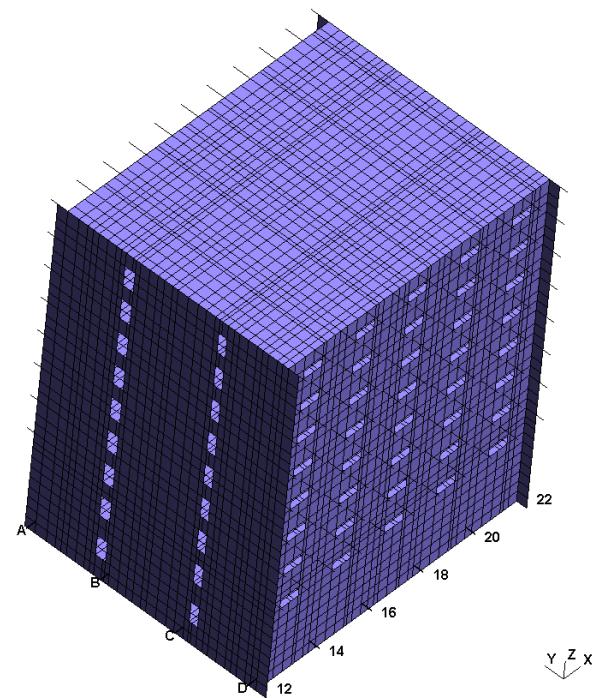


Fig. 5.1-4 Vue 3D du maillage en éléments finis du modèle de renforcement proposé



5.2 Modes propres

Masse participant à la dynamique = **11606 tonnes**

| Mode | Fréquence (Hz) | Période (s) | Masse effective //x (%) | Masse effective //y (%) | Masse effective //z (%) |
|--------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 3,98 | 0,25 | 0,00 | 69,70 | 0,00 |
| 2 | 4,45 | 0,22 | 71,20 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 7,43 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 7,82 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 27,70 |
| 5 | 8,91 | 0,11 | 0,09 | 0,00 | 0,03 |
| 6 | 11,00 | 0,09 | 0,00 | 11,40 | 0,02 |
| 7 | 11,00 | 0,09 | 0,00 | 0,05 | 3,77 |
| 8 | 11,40 | 0,09 | 0,00 | 0,88 | 0,00 |
| 9 | 11,80 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,26 |
| 10 | 11,90 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11 | 12,10 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | 12,20 | 0,08 | 0,05 | 0,00 | 0,19 |
| 13 | 12,20 | 0,08 | 0,55 | 0,00 | 2,07 |
| 14 | 12,40 | 0,08 | 0,06 | 0,00 | 0,38 |
| 15 | 12,50 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | 12,60 | 0,08 | 5,11 | 0,00 | 2,30 |
| 17 | 12,70 | 0,08 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | 13,00 | 0,08 | 6,43 | 0,00 | 1,41 |
| 19 | 13,10 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 20 | 13,40 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 3,80 |
| 21 | 13,90 | 0,07 | 0,05 | 0,00 | 0,16 |
| 22 | 14,10 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 23 | 14,20 | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,04 |
| 24 | 14,20 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | 14,20 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 26 | 14,20 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 27 | 14,30 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 28 | 14,40 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,15 |
| 29 | 14,80 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 3,33 |
| 30 | 14,80 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,45 |
| Cumul | | | 83,60 | 82,00 | 46,30 |

Fig. 5.2-1 Mode fondamental suivant X
 $T = 0,22 \text{ sec} / f = 4,45 \text{ Hz}$
Masse participante 71,20 %

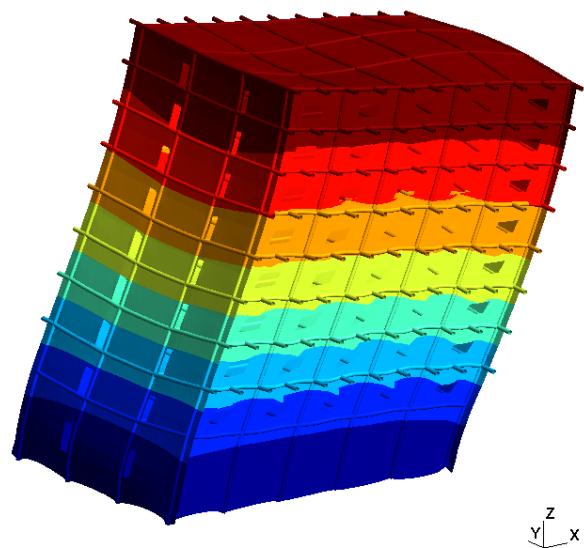


Fig. 5.2-2 Mode fondamental suivant Y
 $T = 0,25 \text{ sec} / f = 7,82 \text{ Hz}$
Masse participante 69,70 %

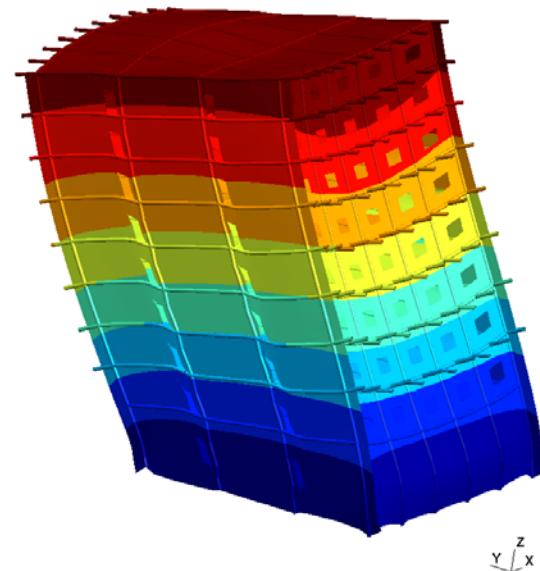
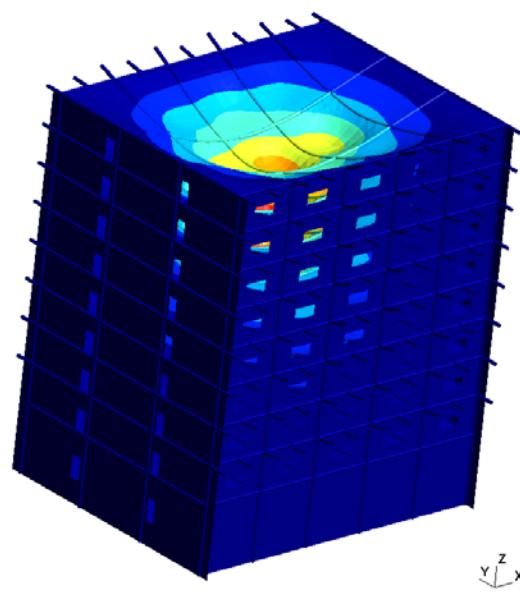
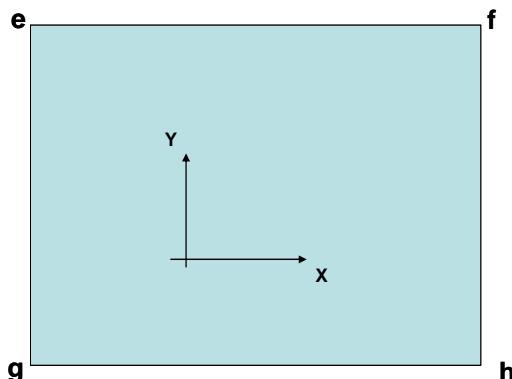


Fig. 5.2-3 Mode fondamental suivant Z
 $T = 0,13 \text{ sec} / f = 3,98 \text{ Hz}$
Masse participante 27,70 %



5.3 Déplacements et accélérations

Les déplacements et les accélérations sont donnés aux angles de chaque niveau



Enveloppe des déplacements aux quatre angles des niveaux pour toutes les combinaisons de charges

| Niveau | ux (cm) | | | | uy (cm) | | | | uz (cm) | | | |
|--------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|
| | e | f | g | h | e | f | g | h | e | f | g | h |
| 1 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| 2 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,24 |
| 3 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,33 | 0,38 | 0,39 | 0,38 | 0,39 | 0,27 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 4 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,49 | 0,50 | 0,49 | 0,50 | 0,31 | 0,32 | 0,31 | 0,32 |
| 5 | 0,50 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,61 | 0,60 | 0,61 | 0,34 | 0,35 | 0,34 | 0,35 |
| 6 | 0,59 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,69 | 0,71 | 0,70 | 0,71 | 0,36 | 0,37 | 0,36 | 0,37 |
| 7 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,78 | 0,80 | 0,78 | 0,80 | 0,37 | 0,38 | 0,37 | 0,38 |
| 8 | 0,72 | 0,71 | 0,72 | 0,71 | 0,86 | 0,88 | 0,86 | 0,88 | 0,37 | 0,38 | 0,37 | 0,38 |
| 9 | 0,78 | 0,76 | 0,78 | 0,76 | 0,92 | 0,94 | 0,93 | 0,94 | 0,37 | 0,38 | 0,38 | 0,39 |

Enveloppe des accélérations absolues aux quatre angles des niveaux pour toutes les combinaisons de charges

| Niveau | ax (m/s ²) | | | | ay (m/s ²) | | | | az (m/s ²) | | | |
|--------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|
| | e | f | g | h | e | f | g | h | e | f | g | h |
| 1 | 2,08 | 2,08 | 2,08 | 2,08 | 2,06 | 2,07 | 2,05 | 2,07 | 2,11 | 2,10 | 2,11 | 2,10 |
| 2 | 2,56 | 2,55 | 2,54 | 2,54 | 2,40 | 2,43 | 2,39 | 2,43 | 2,17 | 2,16 | 2,18 | 2,16 |
| 3 | 3,22 | 3,21 | 3,20 | 3,19 | 2,95 | 3,00 | 2,94 | 2,99 | 2,23 | 2,21 | 2,23 | 2,21 |
| 4 | 3,76 | 3,75 | 3,74 | 3,73 | 3,46 | 3,54 | 3,45 | 3,53 | 2,29 | 2,27 | 2,29 | 2,27 |
| 5 | 4,19 | 4,18 | 4,17 | 4,16 | 3,92 | 4,00 | 3,91 | 4,00 | 2,36 | 2,33 | 2,36 | 2,33 |
| 6 | 4,61 | 4,60 | 4,60 | 4,58 | 4,39 | 4,48 | 4,39 | 4,48 | 2,41 | 2,39 | 2,41 | 2,39 |
| 7 | 5,15 | 5,14 | 5,13 | 5,12 | 4,94 | 5,04 | 4,94 | 5,04 | 2,44 | 2,44 | 2,45 | 2,44 |
| 8 | 5,76 | 5,76 | 5,74 | 5,74 | 5,54 | 5,64 | 5,54 | 5,64 | 2,48 | 2,49 | 2,48 | 2,48 |
| 9 | 6,31 | 6,32 | 6,29 | 6,29 | 6,10 | 6,20 | 6,11 | 6,21 | 2,49 | 2,50 | 2,49 | 2,49 |

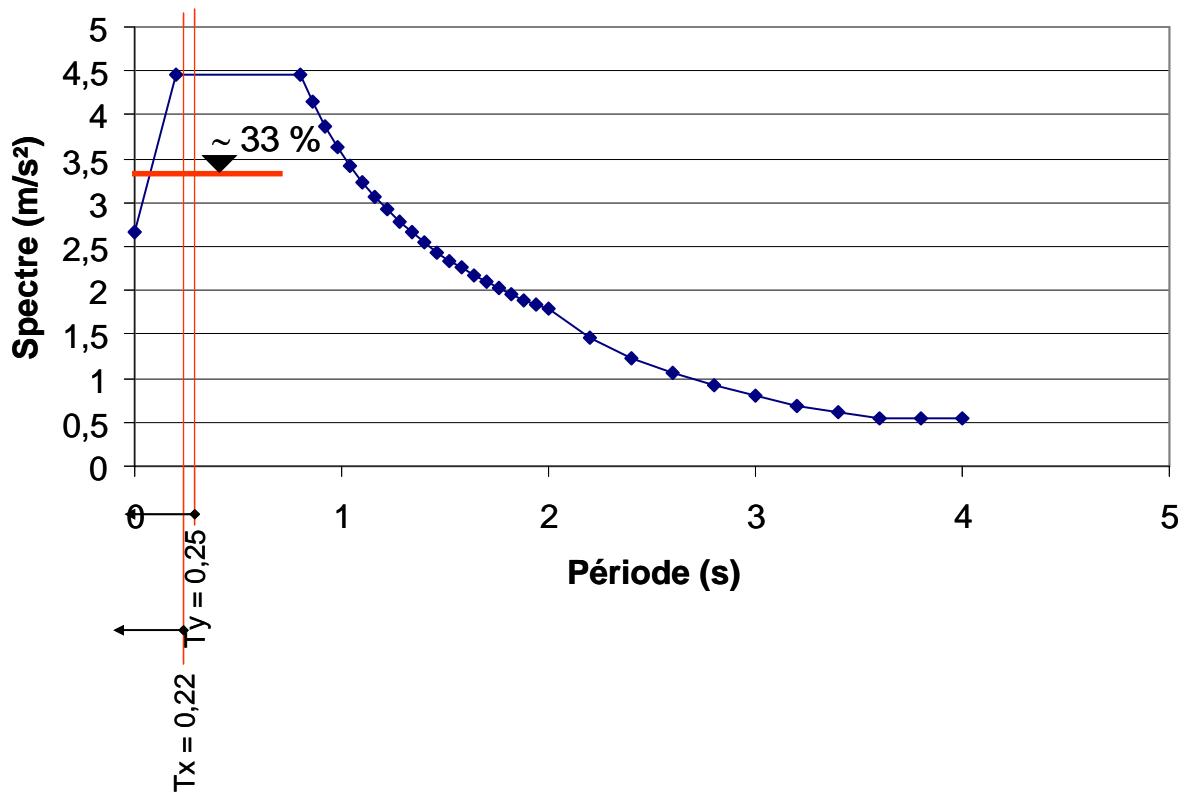
5.4 Torseur à la base

Les réactions à la base sont déterminées uniquement pour les actions sismiques suivant les 3 directions. Ainsi, on peut apprécier leur part par rapport à la masse du bâtiment.

Torseurs obtenus au niveau des pieux pour les cas de charges sismiques

| Cas de charge | Composante | Valeur (MN) / (t) | % par rapport à la masse du bloc 11606 t |
|---------------|------------|-------------------|--|
| Ex | Tx | 38,12 / 3812 | 32,85 |
| Ey | Ty | 37,80 / 3780 | 32,57 |
| Ez | N | 18,40 / 1840 | 15,85 |

Si la lecture spectrale des deux premiers modes se situe sur le palier du spectre, les autres modes se trouvent sur la branche descendante du spectre : on obtient en moyenne 33 %.



5.5 Cartes de ferraillage planchers et voiles

Ratios de ferraillage des planchers

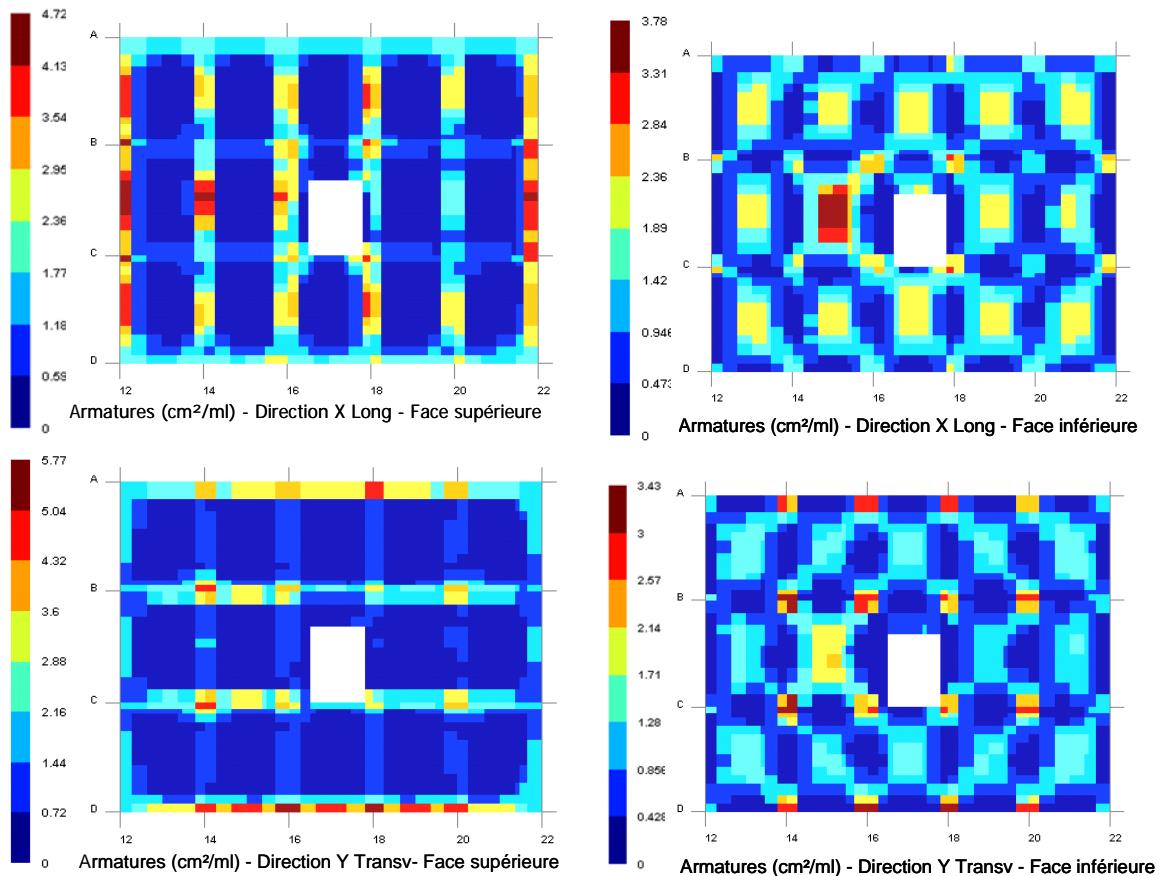
| Charges | Statiques | | Dynamiques | | |
|---------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Niveau | kg/m ³ | kg/m ² | kg/m ³ | kg/m ² |
| 0 | 12,53 | 2,26 | 15,99 | 2,88 | |
| 1 | 13,96 | 2,51 | 7,78 | 1,40 | |
| 2 | 16,31 | 2,94 | 10,85 | 1,95 | |
| 3 | 16,73 | 3,01 | 12,63 | 2,27 | |
| 4 | 16,25 | 2,93 | 13,52 | 2,43 | |
| 5 | 15,16 | 2,73 | 13,55 | 2,44 | |
| 6 | 14,78 | 2,66 | 14,39 | 2,59 | |
| 7 | 16,50 | 2,97 | 16,65 | 3,00 | |
| 8 | 16,28 | 2,93 | 18,79 | 3,38 | |
| 9 | 9,63 | 1,73 | 20,08 | 3,61 | |

Les ratios de ferraillage sont donnés pour tous les niveaux avec une moyenne générale d'environ 75 kg/m³.

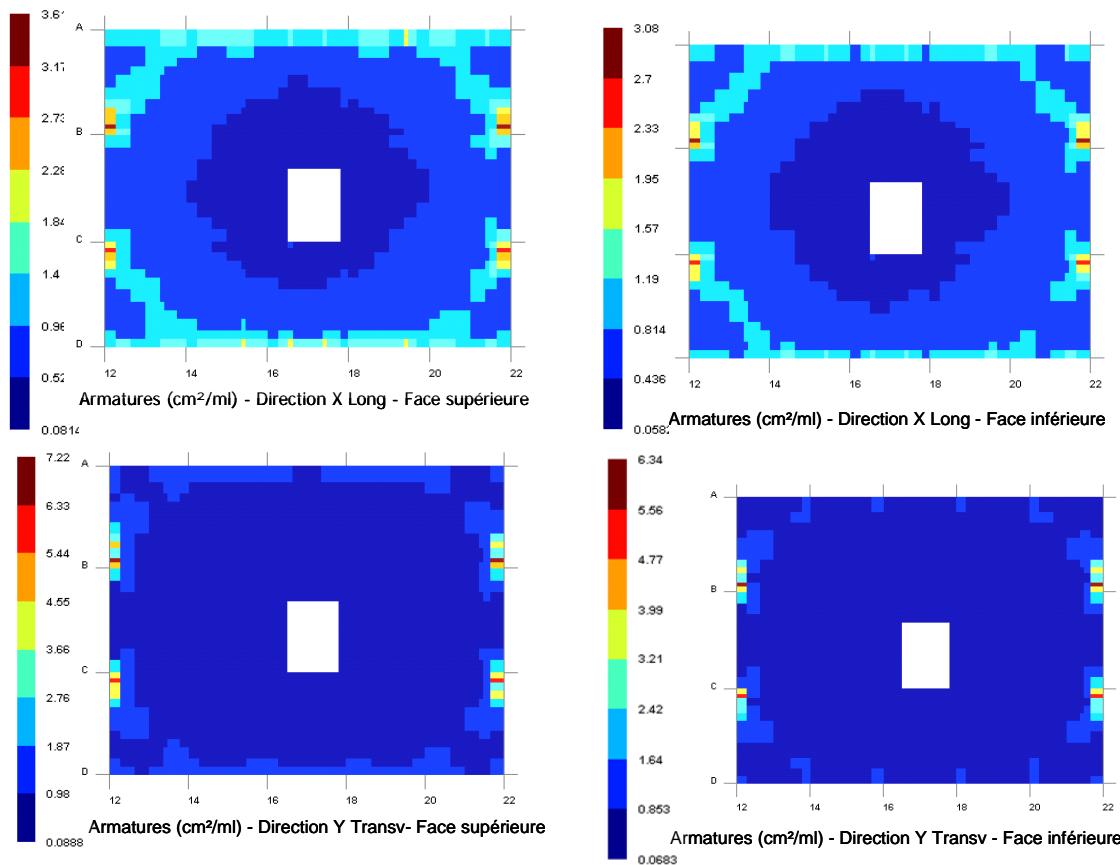
Ratios de ferraillage des voiles pour les charges statiques

| Charges | Statiques | | Dynamiques | | |
|---------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Niveau | kg/m ³ | kg/m ² | kg/m ³ | kg/m ² |
| -1 | 14,30 | 4,29 | 74,13 | 22,24 | |
| 0 | 0,51 | 0,15 | 100,73 | 30,22 | |
| 1 | 2,83 | 0,85 | 111,24 | 33,37 | |
| 2 | 2,29 | 0,69 | 104,65 | 31,40 | |
| 3 | 2,19 | 0,66 | 94,49 | 28,35 | |
| 4 | 2,40 | 0,72 | 82,60 | 24,78 | |
| 5 | 2,39 | 0,72 | 68,43 | 20,53 | |
| 6 | 4,13 | 1,24 | 59,45 | 17,83 | |
| 7 | 5,74 | 1,72 | 40,57 | 12,17 | |
| 8 | 12,49 | 3,75 | 28,06 | 8,42 | |

Sections d'armatures dans le plancher du 3^{ème} étage pour l'action statique :

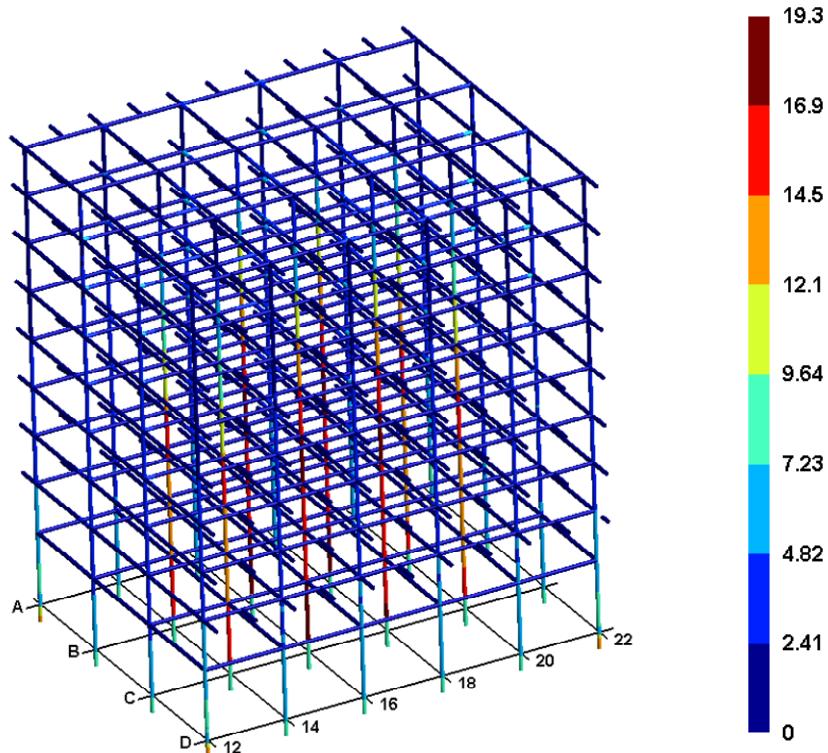


Sections d'armatures dans le plancher du 3^{ème} étage pour l'action sismique :

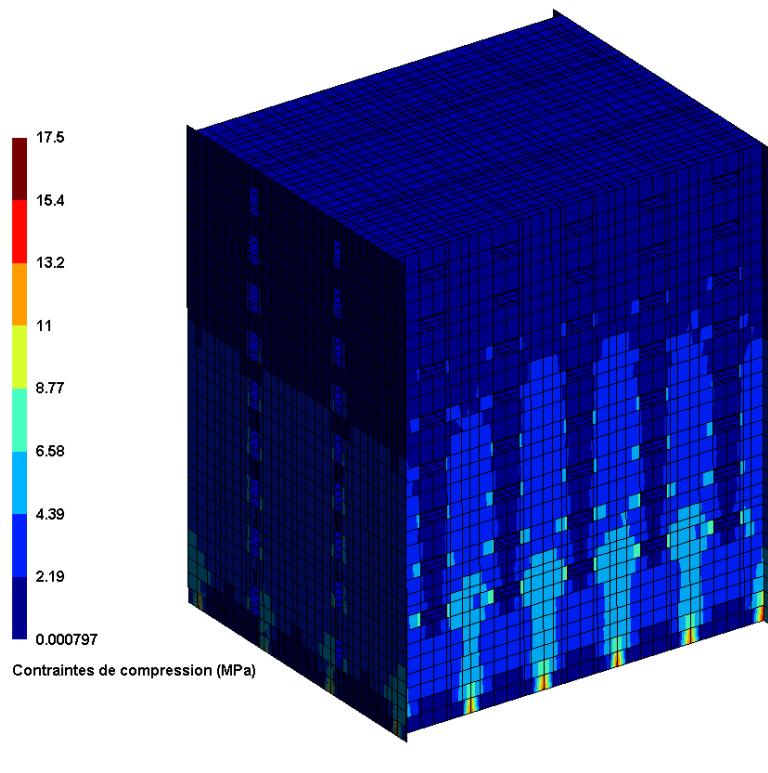


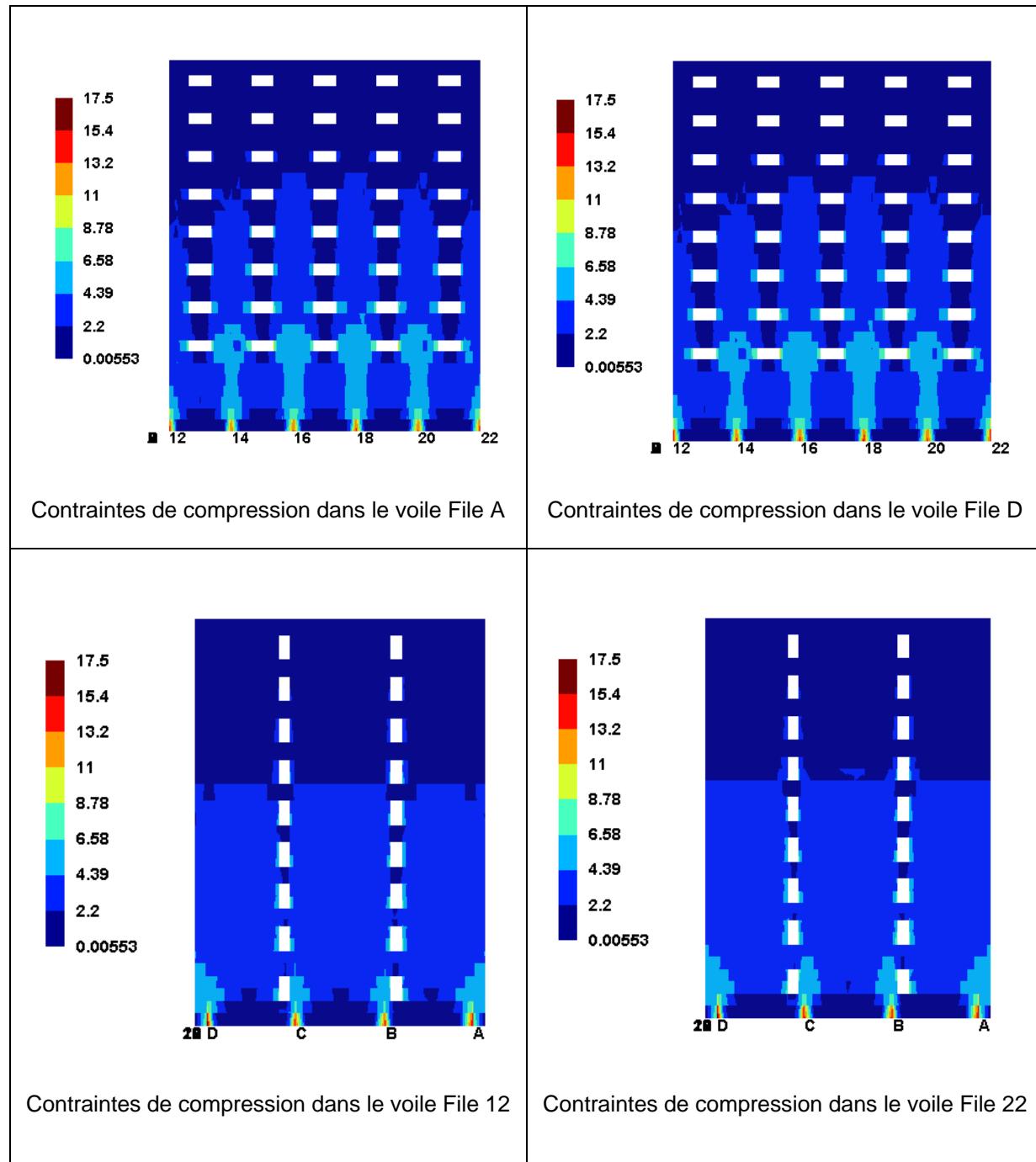
5.6 Contraintes dans les éléments filaires et dans les voiles

L'action sismique étant reprise exclusivement par la nouvelle structure, les poteaux transmettent exclusivement les charges verticales.

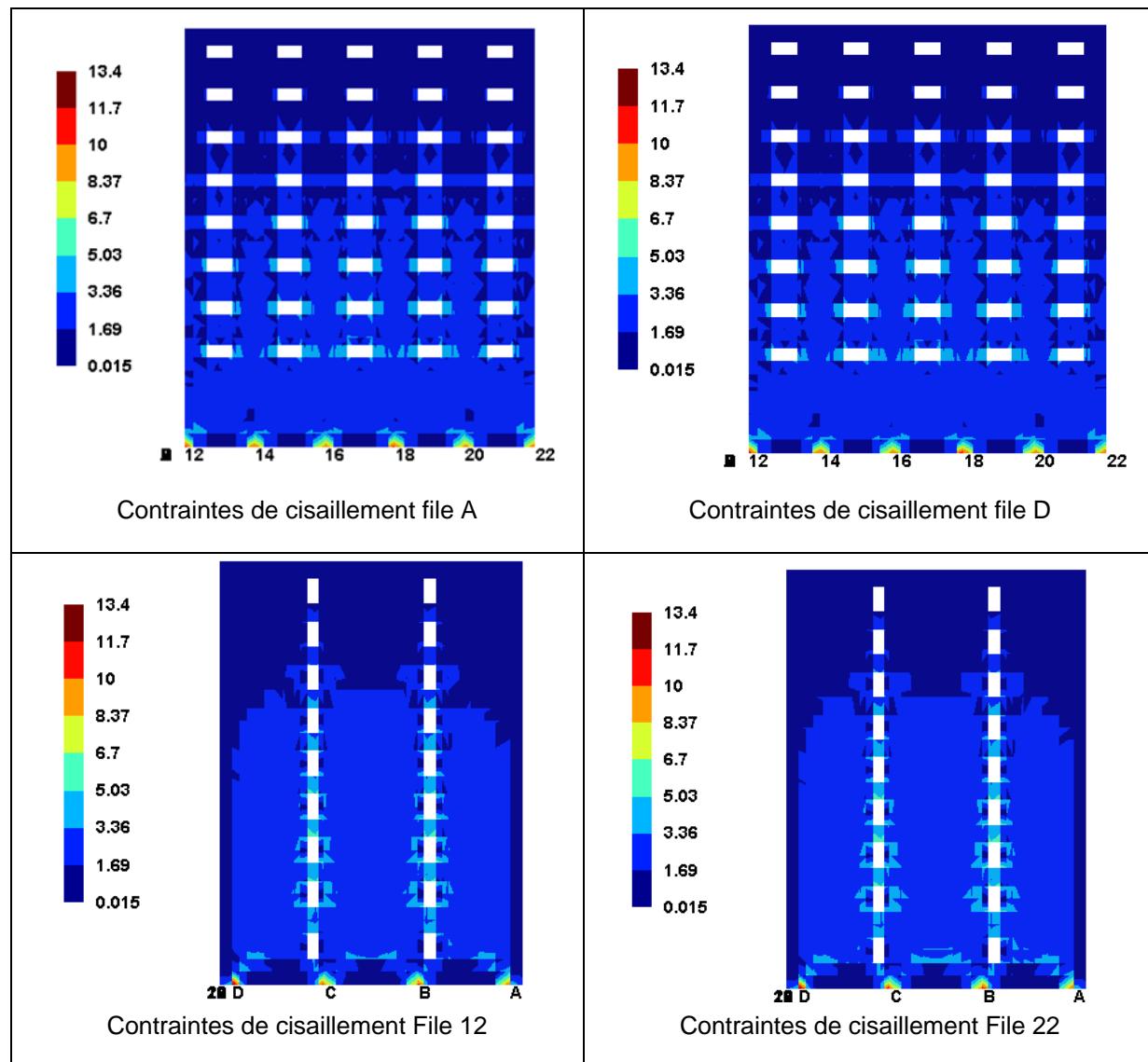
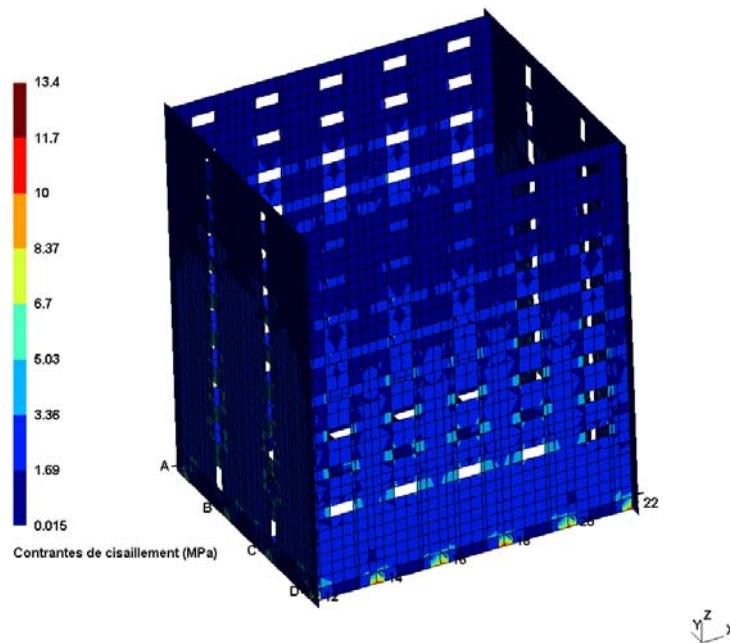


La vue 3D donne les enveloppes de contraintes normales de compression dans les voiles.

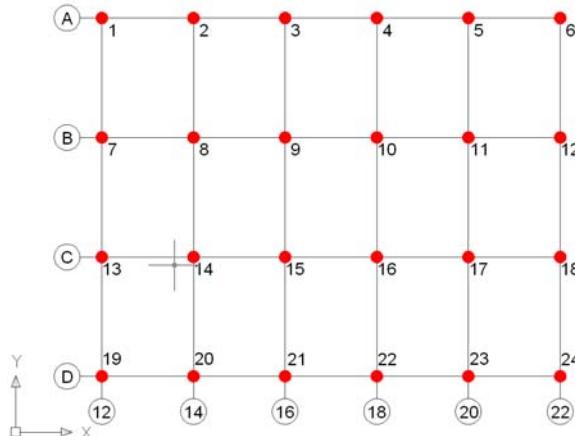




Les contraintes de cisaillement sont données par la planche suivante, où on peut constater que les valeurs restent limitées entre 3 et 5 MPa ; des valeurs parfaitement acceptables pour les voiles.



5.7 Efforts en tête de pieux



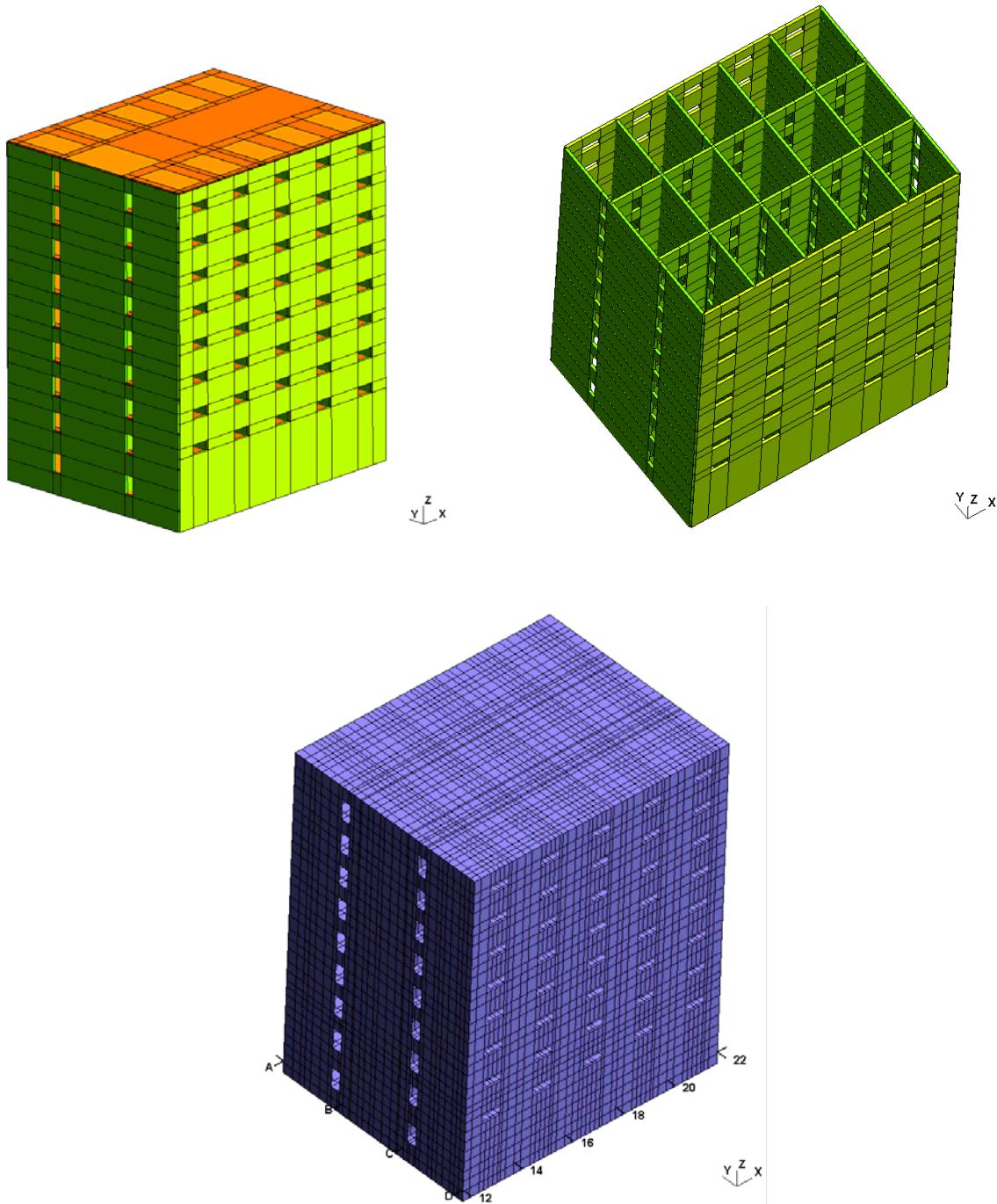
| Appui | Sous séisme X Tx (MN) | Sous séisme Y Ty (MN) | Sous charges verticales G + Q Nz (MN) |
|-------|--------------------------|--------------------------|---|
| 1 | 2,70 | 3,87 | 5,70 |
| 2 | 2,76 | 0,51 | 5,00 |
| 3 | 3,12 | 0,35 | 5,18 |
| 4 | 3,10 | 0,34 | 5,21 |
| 5 | 2,77 | 0,51 | 5,15 |
| 6 | 2,73 | 4,01 | 6,04 |
| 7 | 0,48 | 4,60 | 5,37 |
| 8 | 0,66 | 0,84 | 5,63 |
| 9 | 0,68 | 0,45 | 6,52 |
| 10 | 0,69 | 0,45 | 6,22 |
| 11 | 0,66 | 0,87 | 5,43 |
| 12 | 0,47 | 4,76 | 5,75 |
| 13 | 0,48 | 4,52 | 5,45 |
| 14 | 0,66 | 0,84 | 5,63 |
| 15 | 0,67 | 0,46 | 6,43 |
| 16 | 0,69 | 0,45 | 6,10 |
| 17 | 0,65 | 0,87 | 5,43 |
| 18 | 0,47 | 4,68 | 5,84 |
| 19 | 2,69 | 3,88 | 5,69 |
| 20 | 2,74 | 0,50 | 5,00 |
| 21 | 3,10 | 0,34 | 5,18 |
| 22 | 3,08 | 0,34 | 5,20 |
| 23 | 2,75 | 0,50 | 5,15 |
| 24 | 2,72 | 4,02 | 6,03 |

6. Bloc B reconstruit

Les blocs A et C sont attachés au bloc B à chaque niveau par des câbles en précontrainte additionnelle.

6.1 Modélisation

Pour simplification, le dernier niveau n'a pas été modélisé.



6.2 Modes propres

Masse participant à la dynamique = **32885 tonnes**

| Mode | Fréquence (Hz) | Période (s) | Masse effective //x (%) | Masse effective //y (%) | Masse effective //z (%) |
|-------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 2,88 | 0,35 | 0,00 | 70,00 | 0,00 |
| 2 | 2,90 | 0,35 | 72,50 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 4,87 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 8,02 | 0,12 | 0,03 | 0,00 | 79,70 |
| 5 | 8,76 | 0,11 | 13,70 | 0,00 | 0,27 |
| 6 | 9,11 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | 9,29 | 0,11 | 0,00 | 20,50 | 0,00 |
| 8 | 9,33 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 9,39 | 0,11 | 0,12 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 9,44 | 0,11 | 0,02 | 0,00 | 0,02 |
| 11 | 9,52 | 0,10 | 0,01 | 0,00 | 0,11 |
| 12 | 9,58 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 13 | 9,64 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 9,68 | 0,10 | 0,06 | 0,00 | 0,07 |
| 15 | 9,81 | 0,10 | 2,51 | 0,00 | 0,23 |
| 16 | 9,92 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 17 | 10,20 | 0,10 | 0,27 | 0,00 | 6,90 |
| 18 | 11,50 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | 11,70 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20 | 11,80 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | 11,80 | 0,08 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 22 | 11,90 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23 | 11,90 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 24 | 12,00 | 0,08 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |

Fig. 6.2-1 Mode fondamental suivant X
 $T = 0,35 \text{ sec} / f = 2,88 \text{ Hz}$
Masse participante 70 %

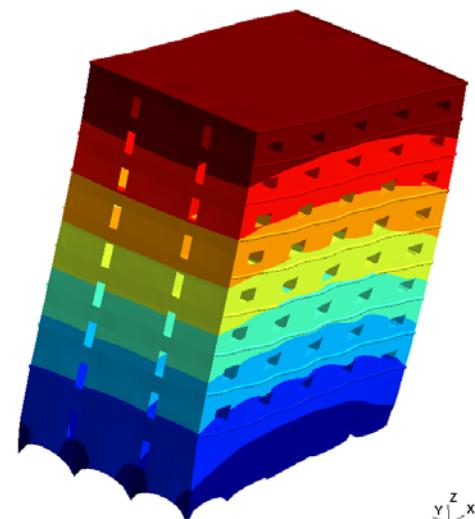


Fig. 6.2-2 Mode fondamental suivant Y
 $T = 0,35 \text{ sec} / f = 2,90 \text{ Hz}$
Masse participante 72,50 %

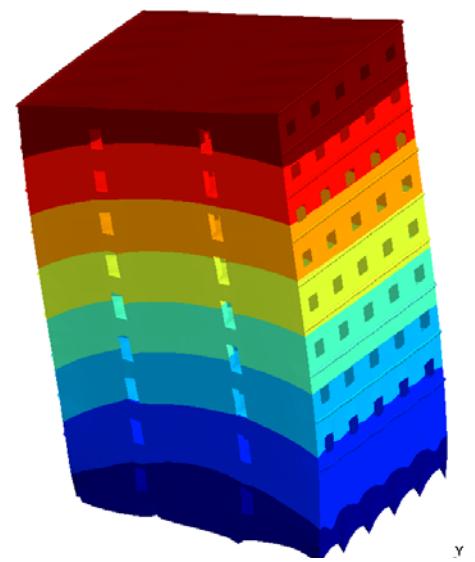
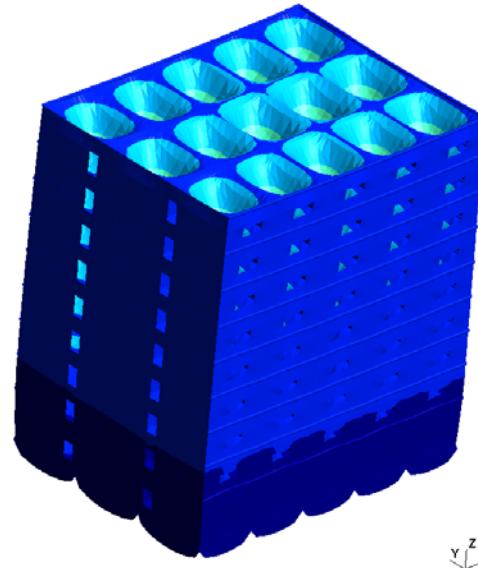
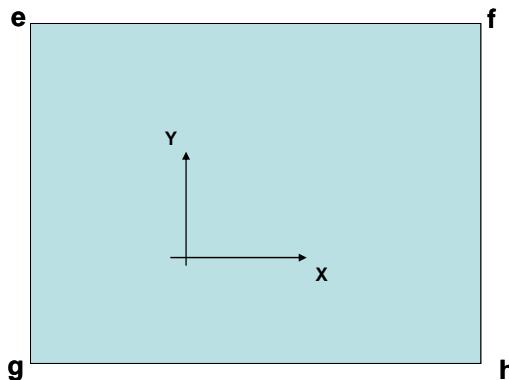


Fig. 6.2-3 Mode fondamental suivant Z
 $T = 0,11 \text{ sec} / f = 8,76 \text{ Hz}$
Masse participante 13,70 %



6.3 Déplacements et accélérations

Les déplacements et les accélérations sont donnés aux angles de chaque niveau



Enveloppe des déplacements aux quatre angles des niveaux pour toutes les combinaisons de charges

| Niveau | ux (cm) | | | | uy (cm) | | | | uz (cm) | | | |
|--------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|
| | e | f | g | h | e | f | g | h | e | f | g | h |
| 1 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,31 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,53 |
| 2 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,50 | 0,61 | 0,61 | 0,62 | 0,62 |
| 3 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,68 | 0,68 | 0,69 | 0,69 |
| 4 | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,88 | 0,90 | 0,89 | 0,90 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,75 |
| 5 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,09 | 1,10 | 1,09 | 1,11 | 0,78 | 0,79 | 0,79 | 0,80 |
| 6 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,32 | 1,29 | 1,31 | 1,29 | 1,31 | 0,81 | 0,82 | 0,82 | 0,83 |
| 7 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,49 | 1,51 | 1,49 | 1,51 | 0,83 | 0,83 | 0,84 | 0,84 |
| 8 | 1,66 | 1,66 | 1,66 | 1,65 | 1,67 | 1,70 | 1,67 | 1,70 | 0,83 | 0,84 | 0,84 | 0,85 |
| 9 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,79 | 1,84 | 1,87 | 1,85 | 1,87 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,85 |

Enveloppe des accélérations absolues aux quatre angles des niveaux pour toutes les combinaisons de charges

| Niveau | ax (m/s ²) | | | | ay (m/s ²) | | | | az (m/s ²) | | | |
|--------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|
| | e | f | g | h | e | f | g | h | e | f | g | h |
| 1 | 2,09 | 2,07 | 2,08 | 2,07 | 2,26 | 2,27 | 2,26 | 2,27 | 2,39 | 2,39 | 2,41 | 2,41 |
| 2 | 2,51 | 2,49 | 2,50 | 2,48 | 2,71 | 2,72 | 2,71 | 2,72 | 2,69 | 2,70 | 2,71 | 2,72 |
| 3 | 3,06 | 3,04 | 3,04 | 3,03 | 3,16 | 3,18 | 3,16 | 3,19 | 3,04 | 3,05 | 3,05 | 3,07 |
| 4 | 3,57 | 3,55 | 3,55 | 3,54 | 3,54 | 3,58 | 3,54 | 3,58 | 3,39 | 3,41 | 3,41 | 3,43 |
| 5 | 4,02 | 4,01 | 4,01 | 4,00 | 3,88 | 3,95 | 3,88 | 3,95 | 3,73 | 3,76 | 3,76 | 3,77 |
| 6 | 4,49 | 4,48 | 4,48 | 4,47 | 4,31 | 4,38 | 4,31 | 4,38 | 4,10 | 4,09 | 4,12 | 4,11 |
| 7 | 5,01 | 5,01 | 5,00 | 5,01 | 4,88 | 4,95 | 4,88 | 4,95 | 4,35 | 4,34 | 4,37 | 4,36 |
| 8 | 5,59 | 5,60 | 5,59 | 5,60 | 5,58 | 5,65 | 5,58 | 5,65 | 4,49 | 4,47 | 4,51 | 4,49 |
| 9 | 6,19 | 6,19 | 6,18 | 6,18 | 6,34 | 6,40 | 6,34 | 6,41 | 4,51 | 4,50 | 4,53 | 4,52 |

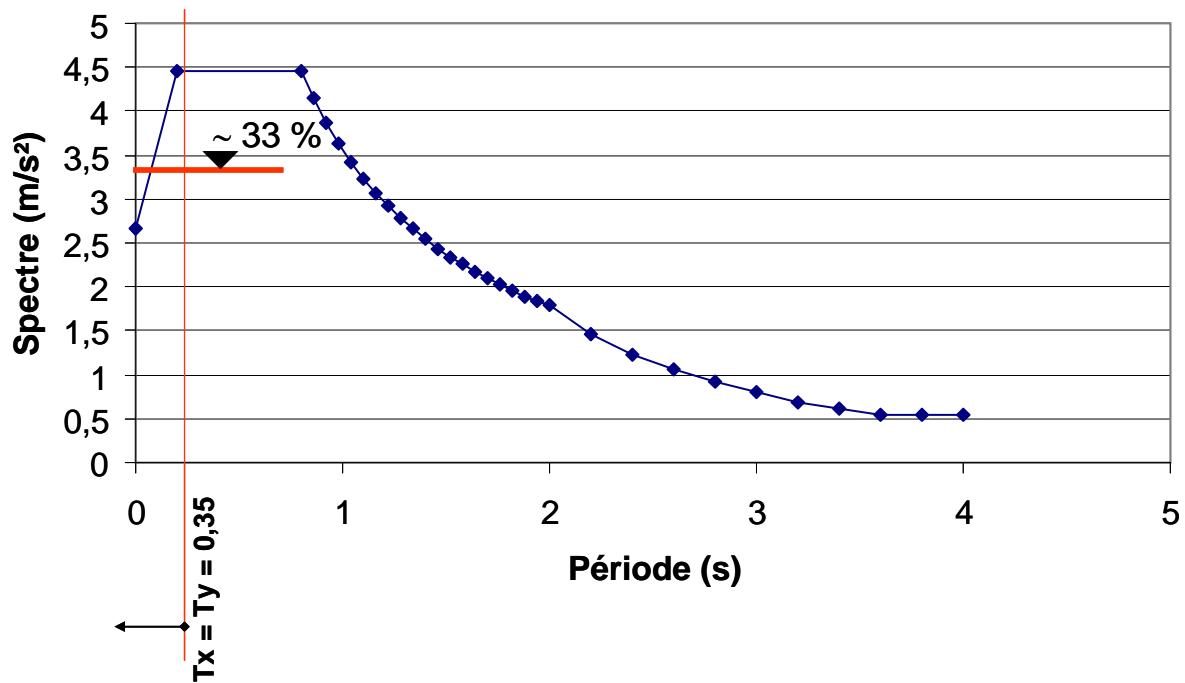
6.4 Torseur à la base

Les réactions à la base sont déterminées uniquement pour les actions sismiques suivant les 3 directions. On peut ainsi apprécier leur part par rapport à la masse du bâtiment.

Torseurs obtenus au niveau des pieux pour les cas de charges sismiques

| Cas de charge | Composante | Valeur (MN) / (t) | % par rapport à la masse du bloc 32885 t |
|---------------|------------|-------------------|--|
| Ex | Tx | 109,69 / 10969 | 33,36 % |
| Ey | Ty | 108,68 / 10868 | 33,05 % |
| Ez | N | 83,77 / 8377 | 25,47 % |

Si la lecture spectrale des deux premiers modes se trouve sur le palier du spectre les autres modes se situent sur la branche descendante du spectre : on obtient en moyenne 33 %.



6.5 Cartes de ferraillage planchers et voiles

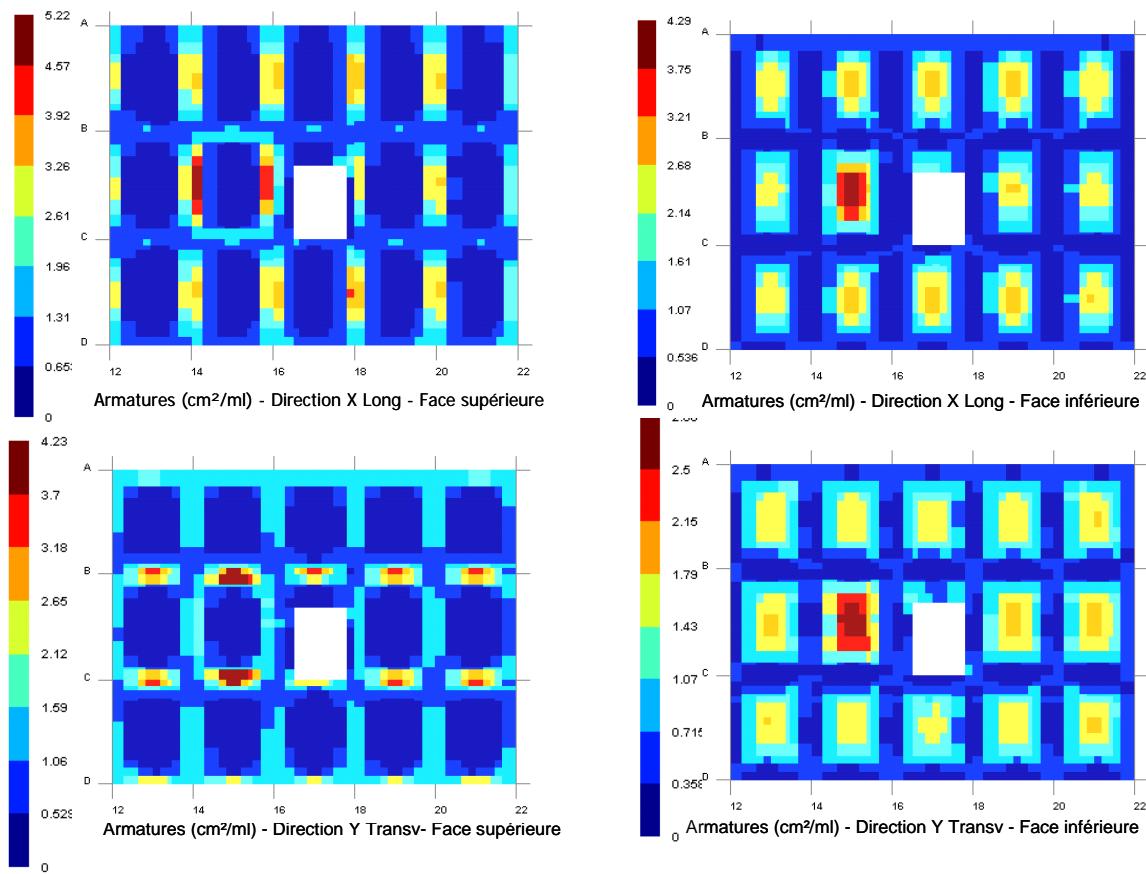
Ratios de ferraillage dans les planchers :

| Charges | Statiques | | Dynamiques | | |
|---------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Niveau | kg/m ³ | kg/m ² | kg/m ³ | kg/m ² |
| 0 | 10,93 | 2,19 | 30,08 | 6,02 | |
| 1 | 12,29 | 2,46 | 19,06 | 3,81 | |
| 2 | 13,91 | 2,78 | 22,81 | 4,56 | |
| 3 | 13,92 | 2,78 | 23,16 | 4,63 | |
| 4 | 13,49 | 2,70 | 22,00 | 4,40 | |
| 5 | 12,72 | 2,54 | 19,62 | 3,92 | |
| 6 | 12,09 | 2,42 | 18,29 | 3,66 | |
| 7 | 13,05 | 2,61 | 20,57 | 4,11 | |
| 8 | 12,08 | 2,42 | 20,10 | 4,02 | |
| 9 | 8,32 | 1,66 | 17,85 | 3,57 | |

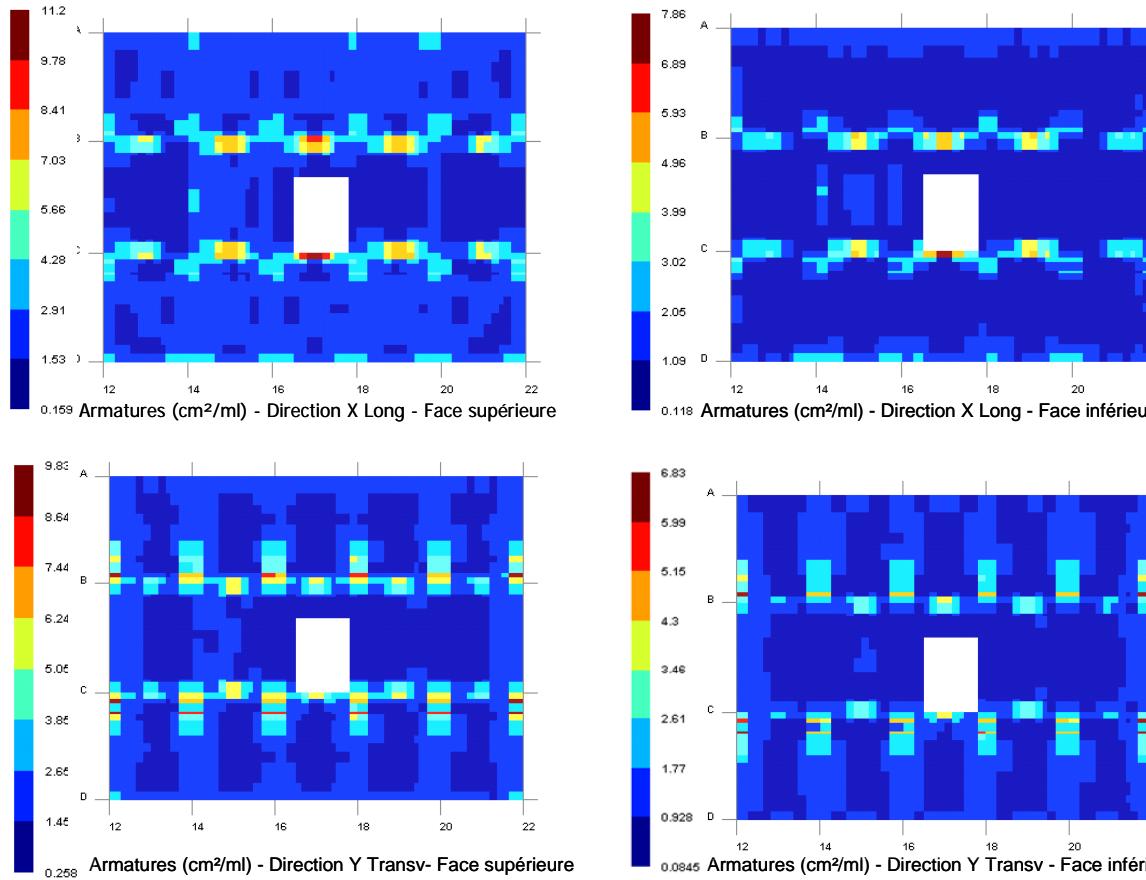
Ratios de ferraillage dans les voiles avec une moyenne de 146 kg/m³

| Charges | Statiques | | Dynamique | | |
|---------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Niveau | kg/m ³ | kg/m ² | kg/m ³ | kg/m ² |
| -1 | 31,52 | 9,46 | 303,36 | 91,01 | |
| 0 | 0,58 | 0,17 | 191,25 | 57,37 | |
| 1 | 0,82 | 0,25 | 177,32 | 53,20 | |
| 2 | 0,72 | 0,22 | 158,79 | 47,64 | |
| 3 | 0,66 | 0,20 | 136,60 | 40,98 | |
| 4 | 0,57 | 0,17 | 113,75 | 34,12 | |
| 5 | 0,45 | 0,13 | 89,44 | 26,83 | |
| 6 | 0,40 | 0,12 | 74,83 | 22,45 | |
| 7 | 0,56 | 0,17 | 46,73 | 14,02 | |
| 8 | 1,34 | 0,40 | 25,15 | 7,54 | |

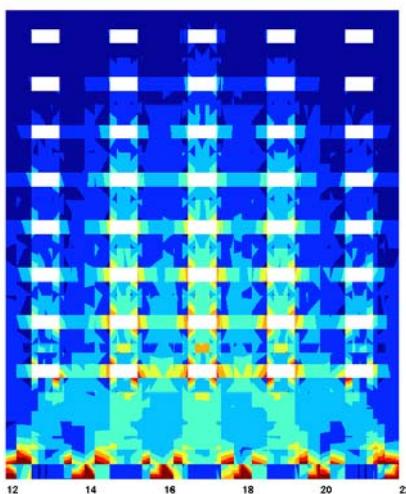
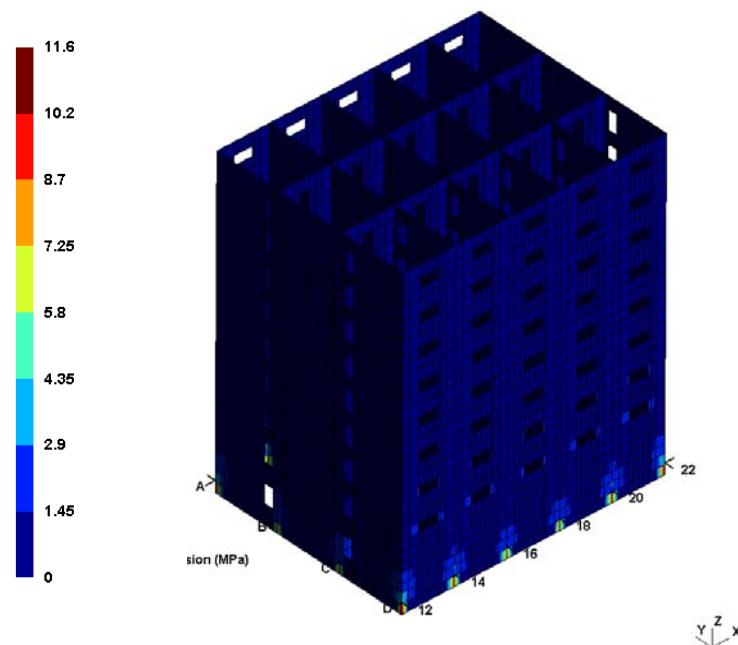
Sections d'armatures dans le plancher du 3^{ème} étage pour l'action statique :



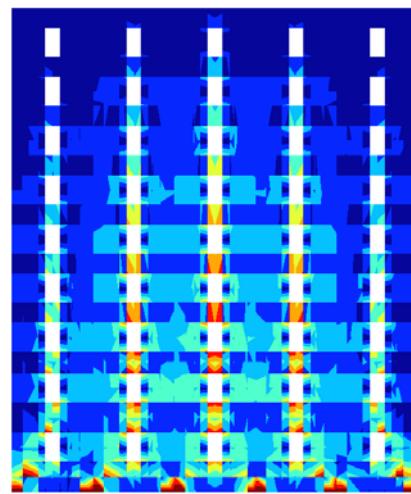
Sections d'armatures dans le plancher du 3^{ème} étage pour l'action sismique :



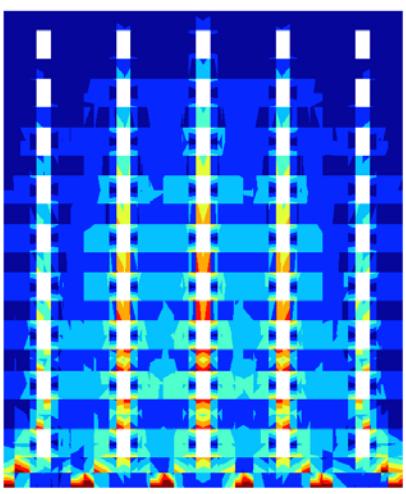
6.6 Contraintes dans les voiles



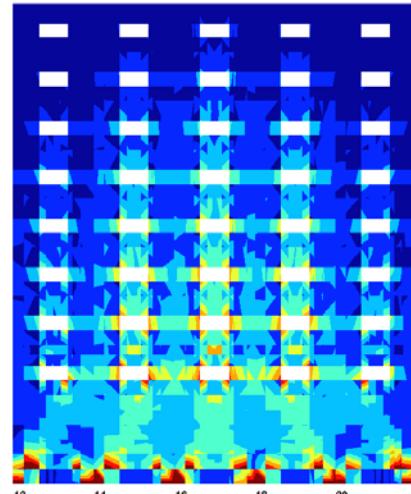
Contraintes de compression dans le voile File A



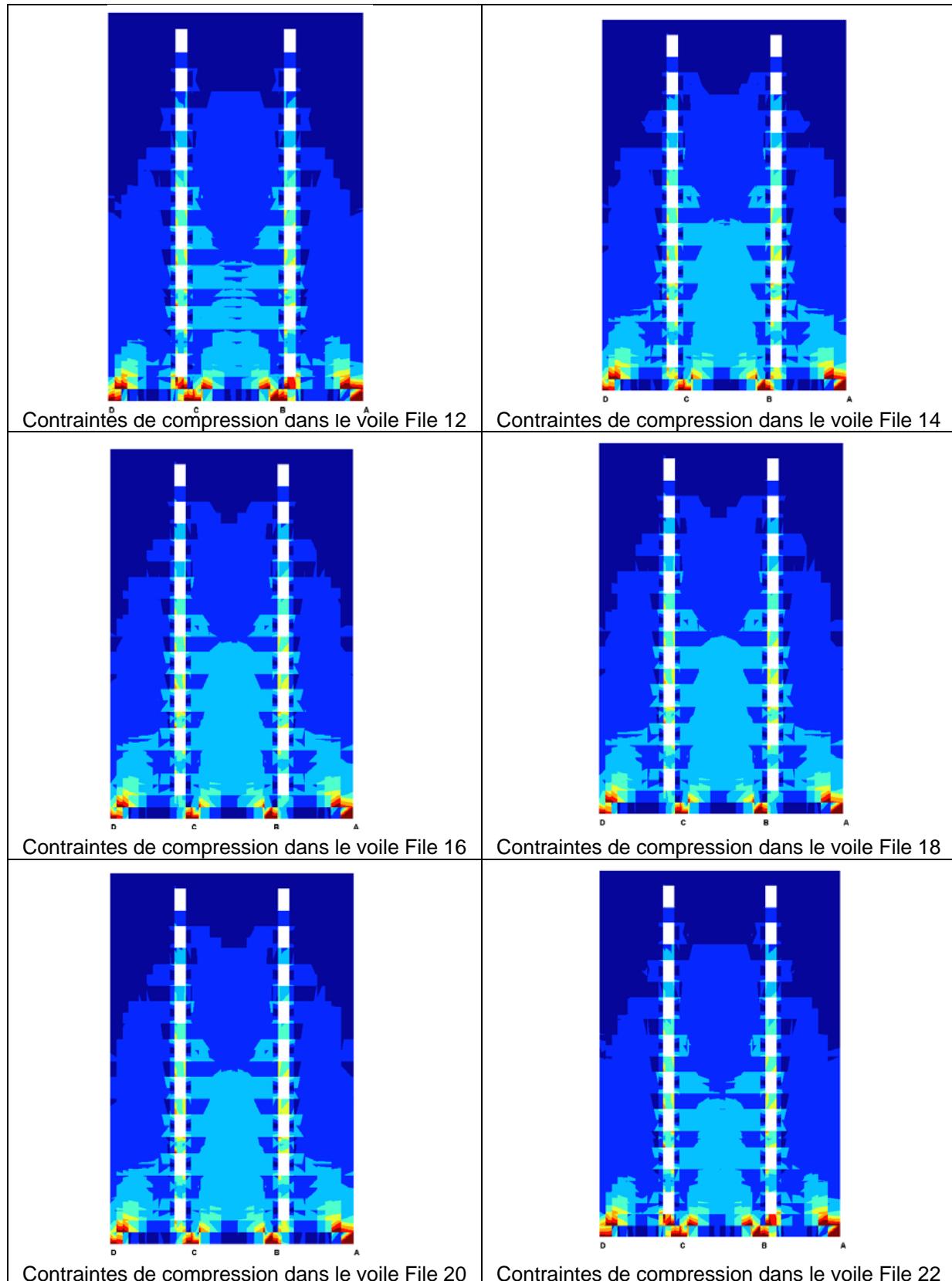
Contraintes de compression dans le voile File B



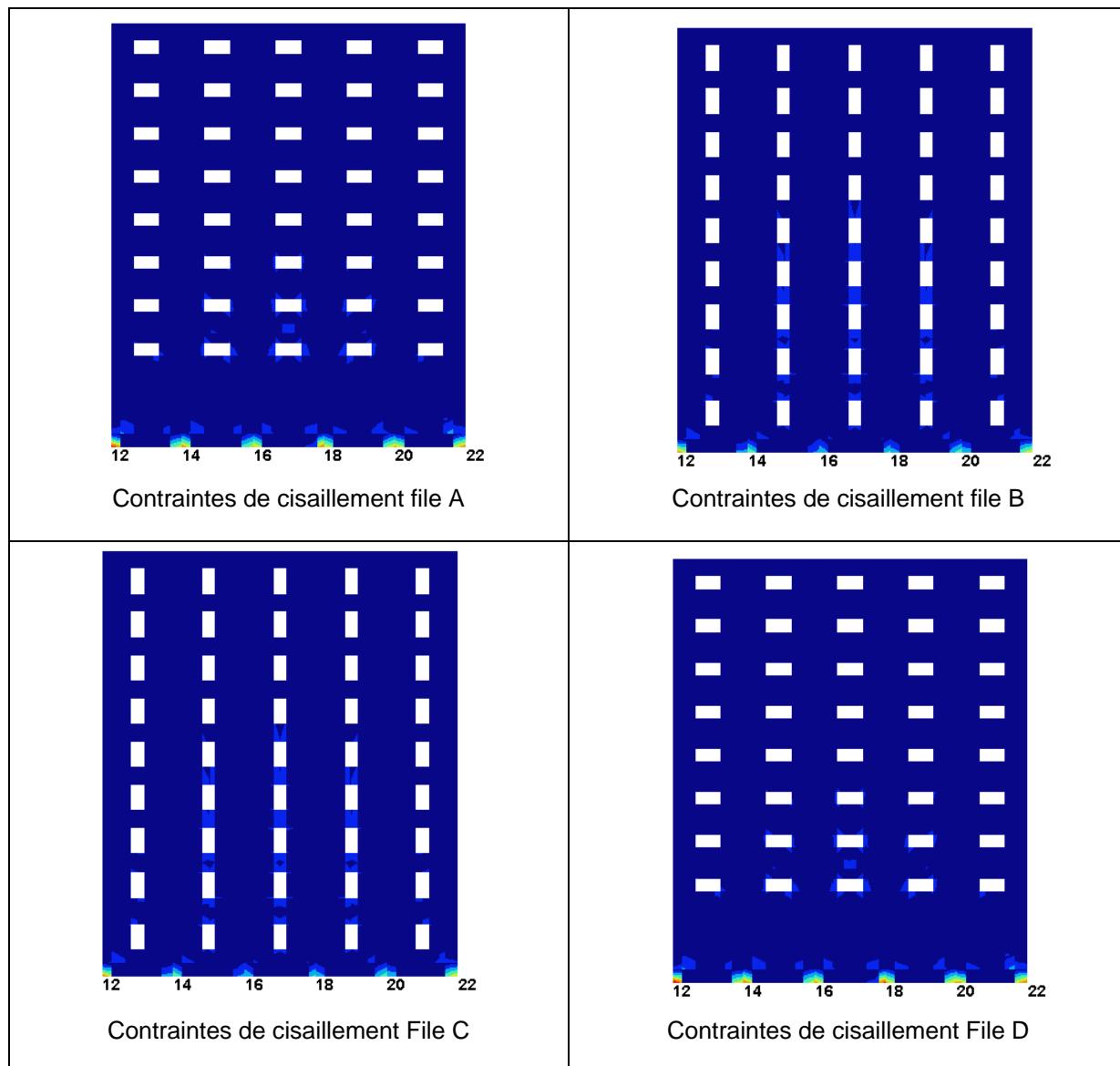
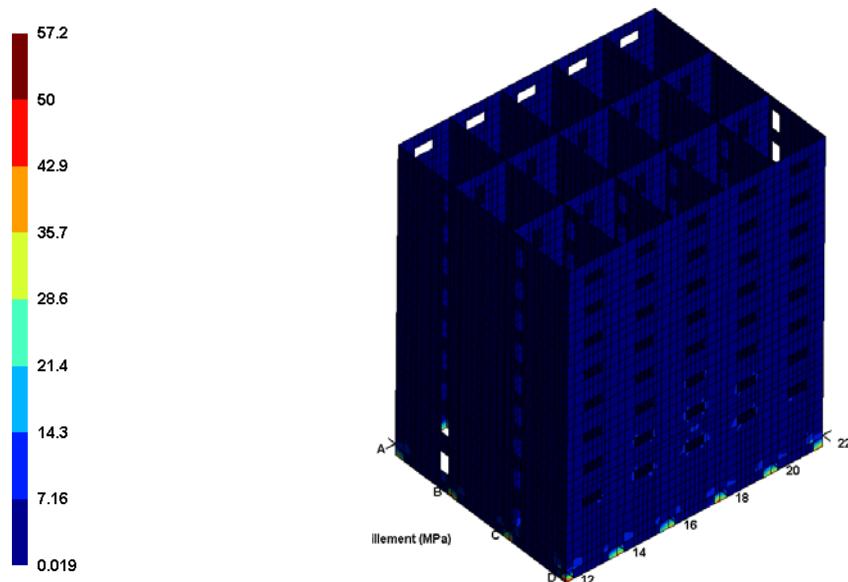
Contraintes de compression dans le voile File C

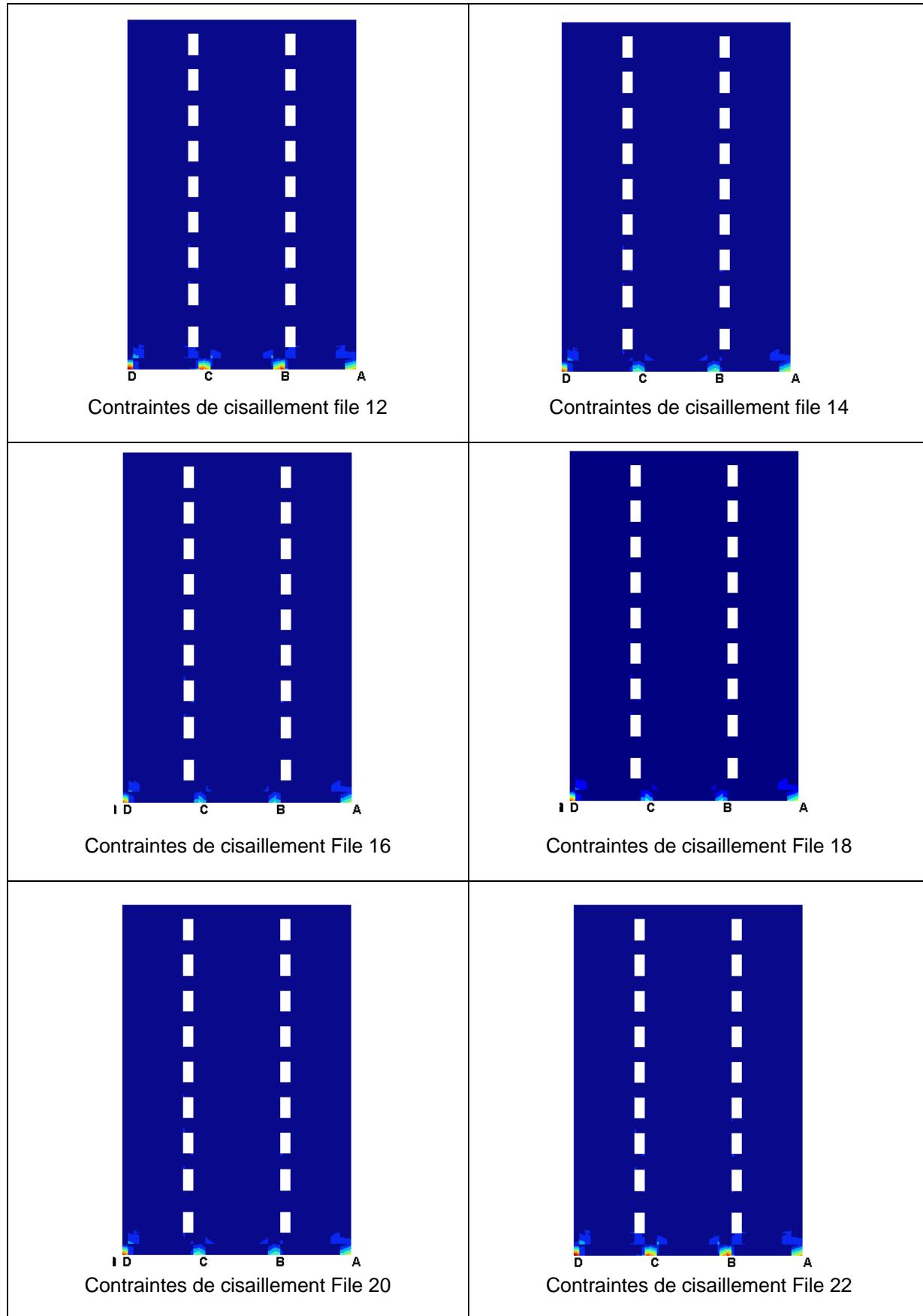


Contraintes de compression dans le voile File D

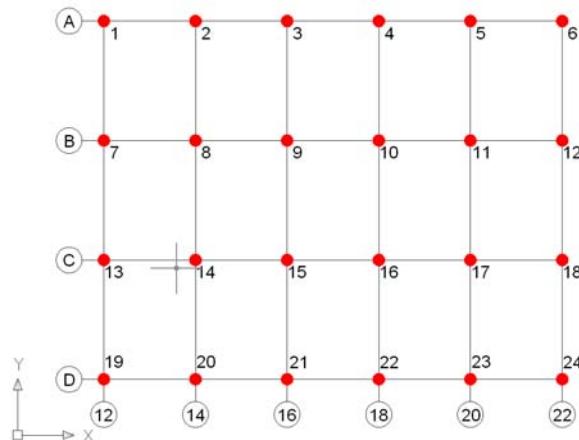


Les contraintes de cisaillement sont données par les planches suivantes où on peut constater que les valeurs dépassent 5 MPa. Il faut donc augmenter l'épaisseur des voiles sur les deux premiers niveaux de 30 cm à 40 cm.





6.7 Efforts en tête de pieux



| Appui | Sous séisme X Tx (MN) | Sous séisme Y Ty (MN) | Sous charges verticales G + Q Nz (MN) |
|-------|--------------------------|--------------------------|---|
| 1 | 5,51 | 5,58 | 3,42 |
| 2 | 4,32 | 5,71 | 5,06 |
| 3 | 5,37 | 5,80 | 5,09 |
| 4 | 5,34 | 5,78 | 5,01 |
| 5 | 4,36 | 5,75 | 5,06 |
| 6 | 5,57 | 5,70 | 3,49 |
| 7 | 5,11 | 3,90 | 4,86 |
| 8 | 3,96 | 4,43 | 6,75 |
| 9 | 4,77 | 4,64 | 6,80 |
| 10 | 4,75 | 4,62 | 6,65 |
| 11 | 3,99 | 4,47 | 6,69 |
| 12 | 5,16 | 4,05 | 4,94 |
| 13 | 5,11 | 3,86 | 4,90 |
| 14 | 3,93 | 4,41 | 6,80 |
| 15 | 4,75 | 4,63 | 6,83 |
| 16 | 4,72 | 4,60 | 6,67 |
| 17 | 3,96 | 4,45 | 6,74 |
| 18 | 5,16 | 4,02 | 4,98 |
| 19 | 5,46 | 5,46 | 3,36 |
| 20 | 4,21 | 5,61 | 5,06 |
| 21 | 5,29 | 5,69 | 5,08 |
| 22 | 5,26 | 5,66 | 4,98 |
| 23 | 4,25 | 5,65 | 5,06 |
| 24 | 5,53 | 5,58 | 3,45 |

6.8 Proposition de renforcement

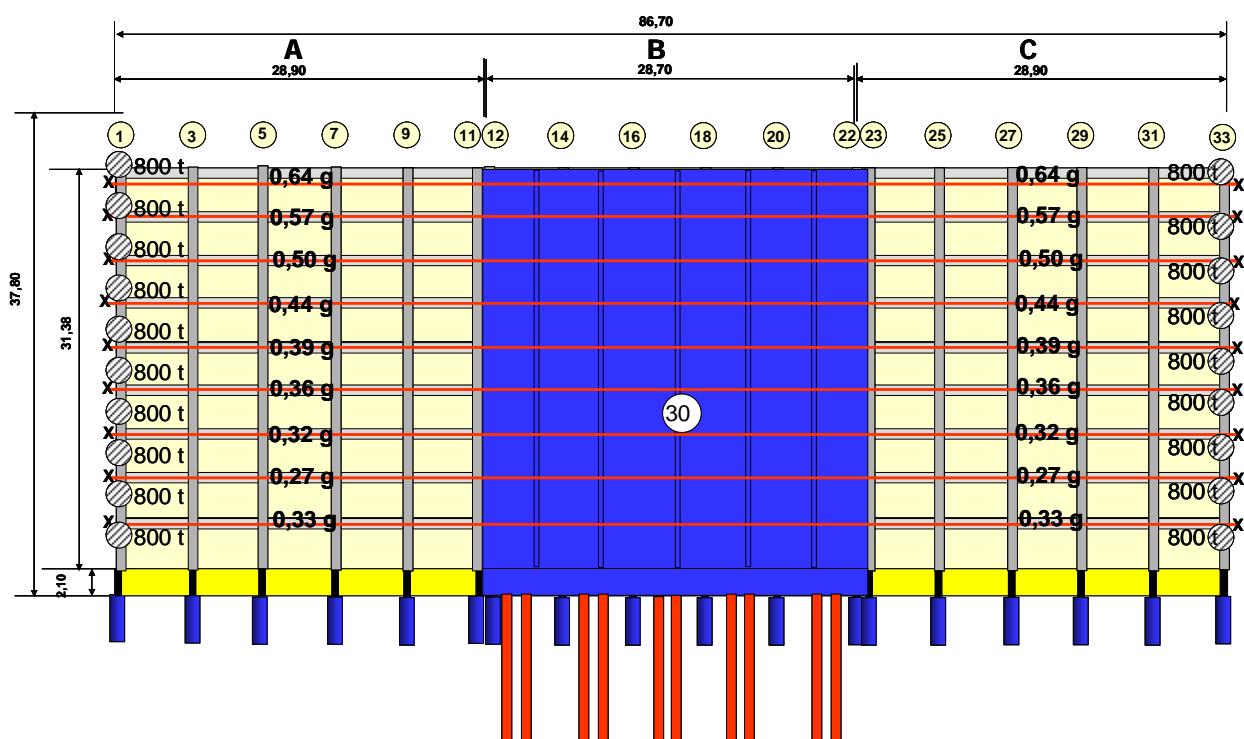
Le bloc B reconstruit assure la stabilité au séisme de l'ensemble des trois blocs A + B + C.

Les blocs A et C transmettent au bloc B à chaque niveau les efforts dus au séisme, par l'intermédiaire d'une précontrainte additionnelle avec des torons gainés graissés avec une injection au coulis de ciment.

Les avantages de la précontrainte additionnelle :

- Torons protégés en usine par sa gaine PEHD et sa graisse,
- Injection au coulis de ciment immédiate après enfilage des torons,
- Protection contre tout vandalisme des torons par coulis de ciment,
- Meilleure protection au feu de la précontrainte additionnelle,
- Aucune maintenance au cours du temps.

Les câbles précontraints sont disposés sous les planchers et peuvent être dissimilés par des faux-plafonds.



7. Estimation du coût des deux solutions de renforcement

| DESIGNATION | Unité | Quantité | Prix Unitaire HT | Prix total HT |
|--|-------|-----------|------------------|---------------------|
| SOLUTION 1 BLOCS A, B, C Renforcés | | | | |
| Pour 1 bâtiment | | | | |
| FONDATIONS | | | | |
| 1) PIEUX | | | | |
| Pieux de Ø 900, sol non liquéfiable, Effort horizontal 180T | | | | |
| - Mobilisations démobilisation | ENS | 1,00 | 26000,00 | 26000,00 |
| - Implantation | Unité | 20,00 | 445,00 | 8900,00 |
| - Pieux de 30 ml | Ml | 600,00 | 750,00 | 450000,00 |
| - Essais divers (préalable et de conformité) | Ens | 1,00 | 10000,00 | 10000,00 |
| - Chemisage | Unité | 20,00 | 6500,00 | 130000,00 |
| 2) BRISE SOLEIL | | | | |
| - Dépose des brises soleil | M2 | 2215,00 | 200,00 | 443000,00 |
| - Evacuation 72000 Kg | Ens | 1,00 | 15000,00 | 15000,00 |
| 3) Béton de renforcement | | | | |
| - Fouilles pour massifs et voiles | | | | |
| soubassement | M3 | 220,00 | 40,00 | 8800,00 |
| - Evacuation des terres des fouilles non | | | | |
| réutilisées | M3 | 200,00 | 25,00 | 5000,00 |
| - Béton de propreté d'une épaisseur 10 cm | M3 | 8,00 | 300,00 | 2400,00 |
| - Béton pour massif sur pieux | M3 | 25,00 | 260,00 | 6500,00 |
| - Coffrage pour massifs | M2 | 250,00 | 20,00 | 5000,00 |
| - Aciers pour semelles (150 kg/m3) | Kg | 3750,00 | 3,50 | 13125,00 |
| SUPERSTRUCTURE | | | | |
| 4) Ouvrages Béton en élévation | | | | |
| - Voiles en béton armé ep 0,30m | M3 | 1013,40 | 260,00 | 263484,00 |
| - Coffrage soigné pour voiles béton | M2 | 7400,00 | 20,00 | 148000,00 |
| - Aciers pour voiles (200 kg/m3) | Kg | 202680,00 | 3,50 | 709380,00 |
| - Brochage avec l'existant | M2 | 3700,00 | 50,00 | 185000,00 |
| - Coffrage soigné | M2 | 3700,00 | 45,00 | 166500,00 |
| Sous total | | | | 2.596.089,00 |

| DESIGNATION | Unité | Quantité | Prix total HT |
|------------------------|-------|----------|---------------------|
| Total pour un bâtiment | | | 2.596.089,00 |
| Soit pour 3 bâtiments | | | 7.788.267,00 |
| DIVERS IMPREVUS 10% | | | 778.826,70 |
| TOTAL HT | | | 8.567.093,70 |
| TVA 8,5% | | | 728.202,96 |
| TOTAL TTC | | | 9.295.296,66 |

| RECAPITULATIF | |
|------------------------------|---------------------|
| Installation de chantier | 90.000,00 |
| Démolition | 1.374.000,00 |
| Gros œuvre | 6.414.267,00 |
| TOTAL HT | 7.788.267,00 |
| Divers imprévus | 778.826,70 |
| TOTAL HT | 8.567.093,70 |
| 18.000 m ² | |
| Soit au m² | 475,94 |
| DELAIS | |
| | mois |
| Préparation de chantier | 1 |
| Pieux | 4 |
| Démolition | 1,50 |
| Gros œuvre | 12 |
| TOTAL | 18,50 |

| DESIGNATION | Unité | Quantité | Prix Unitaire HT | Prix total HT |
|--|-------|-----------|------------------|---------------------|
| SOLUTION 2 | | | | |
| BLOC B, RECONSTRUIT | | | | |
| 1) Démolition du bloc B | | | | |
| -Démolition des ouvrages béton | ENS | 1,00 | 550000,00 | 550.000,00 |
| - Dépose des brises soleil | M2 | 2215,00 | 200,00 | 443.000,00 |
| -Evacuation 72000 Kg | Ens | 1,00 | 15000,00 | 15.000,00 |
| FONDATIONS | | | | |
| 2) PIEUX | | | | |
| Pieux de 900 sol non liquéfiable ,Effort horizontal 150T effort vertical 170T | | | | |
| - Mobilisations démobilisation | ENS | 1,00 | 78000,00 | 78000,00 |
| - Implantation | Unité | 80,00 | 445,00 | 35600,00 |
| - Pieux de 30 ml | MI | 2400,00 | 750,00 | 1800000,00 |
| - Essais divers (préalable et de conformité) | Ens | 1,00 | 20000,00 | 20000,00 |
| - Chemisage | Unité | 80,00 | 6500,00 | 520000,00 |
| 3) Béton de renforcement | | | | |
| - Fouilles pour massifs et voiles soubassement | M3 | 810,00 | 40,00 | 32400,00 |
| - Evacuation des terres des fouilles non réutilisées | M3 | 650,00 | 25,00 | 16250,00 |
| - Béton de propriété d'une épaisseur de 10 cm | M3 | 32,00 | 300,00 | 9600,00 |
| - Béton pour massif sur pieux | M3 | 640,00 | 260,00 | 166400,00 |
| - Coffrage pour massifs | M2 | 320,00 | 20,00 | 6400,00 |
| - Aciers pour semelles (150 kg/m3) | Kg | 96000,00 | 3,50 | 336000,00 |
| 4) Dalle basse RDC | | | | |
| - Béton pour longrines | M3 | 115,00 | 260,00 | 29900,00 |
| - Coffrage pour longrines | M2 | 850,00 | 20,00 | 17000,00 |
| - Aciers pour longrine (200 kg/m3) | Kg | 23000,00 | 3,50 | 80500,00 |
| -Dalle basse RDC ep 0,25 | M3 | 165,00 | 260,00 | 42900,00 |
| -Forme en tuff ep 30 cm | M3 | 198,00 | 25,00 | 4950,00 |
| -Acier pour dalle basse | kg | 8250,00 | 3,50 | 28875,00 |
| SUPERSTRUCTURE | | | | |
| 5) Ouvrages Béton en élévation | | | | |
| - Voiles en béton armé ep 0,30m | M3 | 2600,00 | 260,00 | 676000,00 |
| - Coffrage soigné pour voiles béton | M2 | 5200,00 | 20,00 | 104000,00 |
| - Aciers pour voiles (200 kg/m3) | Kg | 520000,00 | 3,50 | 1820000,00 |
| - Dalle en béton armé ep 0,20m | M3 | 1190,00 | 260,00 | 309400,00 |
| - Coffrage soigné pour dalle | M2 | 5950,00 | 20,00 | 119000,00 |
| - Aciers pour dalle (50 kg/m3) | Kg | 59500,00 | 3,50 | 208250,00 |
| 6) Précontrainte comprenant câbles de précontrainte, ancrages et bossage ancrage | | | | |
| + Etudes intervention et repli | Ens | 1,00 | 11100,00 | 11100,00 |
| + Câbles de précontraintes 3T15 gainés graissés | ml | 1386,00 | 94,00 | 130284,00 |
| + fourniture et mise en place ancrages | Unité | 32,00 | 126,00 | 4032,00 |
| + Fourniture et mise en place bossage d'ancrage | Unité | 32,00 | 1100,00 | 35200,00 |
| TOTAL HT | | | | 7.650.041,00 |
| TVA 8,5% | | | | 650.253,48 |
| TOTAL TTC | | | | 8.300.294,48 |

| RECAPITULATIF | |
|------------------------------|-----------------------|
| | |
| Installation de chantier | |
| Démolition | 1.008.000,00 |
| Gros œuvre | 6.642.041,00 |
| TOTAL HT | 7.650.041,00 |
| Divers imprévus | |
| 10 % | 765.004,00 |
| | |
| TOTAL HT | 8.415.045,00 |
| | 18.000 m ² |
| Soit au m² | 467,50 |
| DELAIS | |
| | mois |
| Préparation de chantier | 1 |
| Pieux | 2,50 |
| Démolition | 2 |
| Gros œuvre | 15,00 |
| TOTAL | 20,50 |

8 Conclusions sur le choix de renforcement

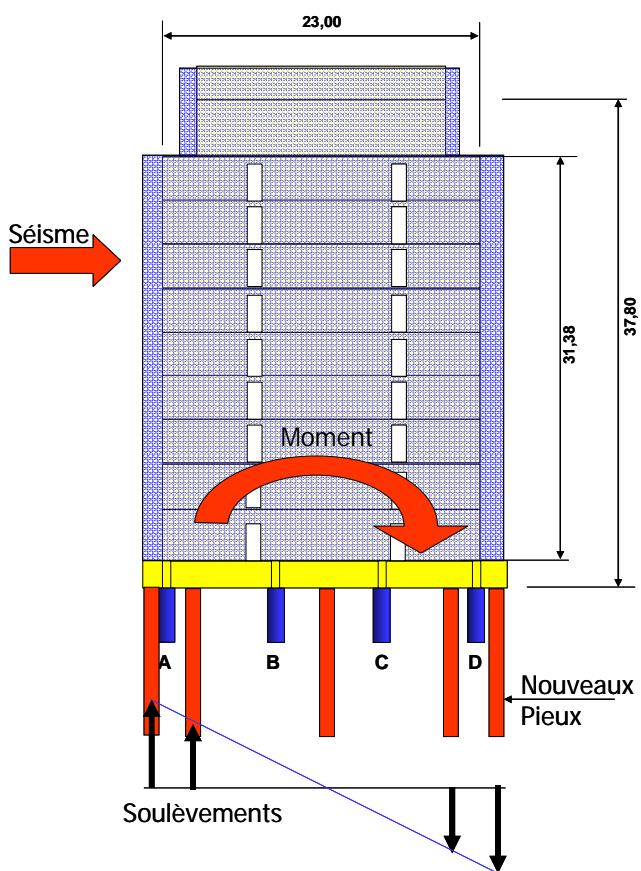
Le choix de la solution de renforcement la plus adaptée dépend à la fois du progrès des connaissances dans le domaine - comportement des matériaux, simulation numérique et méthodes de calculs associées, technologies de renforcement - et de la possibilité de mise en œuvre. Les avantages et désavantages ont été comparés pour toutes les solutions soit en privilégiant le comportement en déplacement (§ 4.3), soit le comportement en résistance (§ 4.1, 4.2, 4.5, 4.6).

L'importance de l'action sismique entraîne un effort de soulèvement qui ne peut être équilibré que par des fondations profondes disposées le plus à l'extérieur possible, afin d'obtenir un bras du maître-couple le plus grand. Cette obligation impose d'emblée deux solutions :

- Renforcement par voiles extérieurs des blocs A, B et C.
- Démolition et reconstruction du bloc B avec accrochage des blocs A et C.

Enfin pour assurer la protection parasismique, les coûts du gros-œuvre des deux solutions ont été analysés. Ce coût n'intègre pas la valorisation du second œuvre et devra être complété par les dépenses nécessaires à la mise en conformité par rapport aux divers textes en vigueur en 2008.

Les solutions de renforcement proposées peuvent être mises en œuvre en site occupé ce qui a pour conséquence l'acceptation des nuisances dues à l'activité du chantier (bruit, poussière, accès difficiles, etc.). Les travaux d'exécution seront faits par bloc en établissant un périmètre de chantier complété par un périmètre de sécurité. Ces contentions induiront des perturbations d'accès au bâtiment et sur la voirie publique.



Fait à Paris, le 20 mai 2008

Victor Davidovici

Annexe C / Blocs A, B, C renforcés

C-1 Déplacements relatifs

Déplacements aux angles des niveaux selon les cas de charge

| Cas de charge | Niveau | ux (cm) | | | | uy (cm) | | | | uz (cm) | | | |
|---------------|--------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|---------|-------|-------|-------|
| | | e | f | g | h | e | f | g | h | e | f | g | h |
| Ex | 1 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| Ex | 2 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Ex | 3 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| Ex | 4 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Ex | 5 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Ex | 6 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,57 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Ex | 7 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,64 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Ex | 8 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Ex | 9 | 0,75 | 0,75 | 0,74 | 0,74 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Ey | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Ey | 2 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,26 | 0,27 | 0,26 | 0,27 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| Ey | 3 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Ey | 4 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,49 | 0,50 | 0,49 | 0,50 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Ey | 5 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,59 | 0,61 | 0,59 | 0,61 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,16 |
| Ey | 6 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,69 | 0,71 | 0,69 | 0,71 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Ey | 7 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,78 | 0,80 | 0,78 | 0,80 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Ey | 8 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,86 | 0,87 | 0,86 | 0,87 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Ey | 9 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,92 | 0,94 | 0,92 | 0,94 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Ez | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Ez | 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| G | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,04 | -0,04 | -0,04 | -0,04 |
| G | 2 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,05 | -0,06 | -0,05 | -0,06 |
| G | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,06 | -0,07 | -0,07 | -0,07 |
| G | 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 |
| G | 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,08 | -0,09 | -0,09 | -0,09 |
| G | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,09 | -0,10 | -0,09 | -0,10 |
| G | 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,10 | -0,10 | -0,10 | -0,10 |
| G | 8 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,10 | -0,11 | -0,10 | -0,11 |
| G | 9 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,10 | -0,11 | -0,10 | -0,11 |
| Q0 | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,02 | -0,02 | -0,02 | -0,02 |
| Q0 | 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,03 |
| Q0 | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,03 |
| Q0 | 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,04 | -0,04 | -0,04 | -0,04 |
| Q0 | 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,04 | -0,04 | -0,04 | -0,04 |
| Q0 | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 |
| Q0 | 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 123 | 5 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,15 | -0,17 | -0,18 | -0,18 | -0,18 | -0,14 | -0,15 | -0,14 | -0,15 |
| 123 | 6 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,18 | -0,20 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,15 | -0,16 | -0,15 | -0,16 |
| 123 | 7 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | -0,23 | -0,24 | -0,23 | -0,24 | -0,16 | -0,17 | -0,16 | -0,17 |
| 123 | 8 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | -0,25 | -0,26 | -0,25 | -0,26 | -0,16 | -0,17 | -0,16 | -0,17 |
| 123 | 9 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | -0,27 | -0,28 | -0,27 | -0,27 | -0,17 | -0,18 | -0,17 | -0,18 |
| 124 | 1 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | -0,04 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,07 | -0,08 | -0,07 | -0,08 |
| 124 | 2 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,07 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,10 | -0,11 | -0,10 | -0,11 |
| 124 | 3 | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,12 | -0,13 | -0,13 | -0,13 | -0,13 |
| 124 | 4 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,13 | -0,14 | -0,14 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,16 |
| 124 | 5 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,15 | -0,18 | -0,18 | -0,18 | -0,18 | -0,16 | -0,17 | -0,16 | -0,17 |
| 124 | 6 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,18 | -0,19 | -0,18 | -0,19 |
| 124 | 7 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | -0,23 | -0,24 | -0,23 | -0,24 | -0,19 | -0,20 | -0,19 | -0,20 |
| 124 | 8 | 0,21 | 0,20 | 0,21 | 0,20 | -0,25 | -0,26 | -0,25 | -0,26 | -0,19 | -0,20 | -0,19 | -0,20 |
| 124 | 9 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,20 | -0,27 | -0,28 | -0,27 | -0,27 | -0,19 | -0,20 | -0,19 | -0,20 |
| 125 | 1 | -0,04 | -0,03 | -0,04 | -0,03 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,10 | -0,11 | -0,10 | -0,11 |
| 125 | 2 | -0,07 | -0,06 | -0,07 | -0,06 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,14 | -0,15 | -0,14 | -0,15 |
| 125 | 3 | -0,10 | -0,09 | -0,10 | -0,09 | -0,11 | -0,11 | -0,12 | -0,12 | -0,17 | -0,18 | -0,17 | -0,18 |
| 125 | 4 | -0,13 | -0,12 | -0,13 | -0,12 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,16 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,20 |
| 125 | 5 | -0,15 | -0,14 | -0,15 | -0,14 | -0,18 | -0,18 | -0,18 | -0,19 | -0,21 | -0,22 | -0,22 | -0,22 |
| 125 | 6 | -0,18 | -0,17 | -0,17 | -0,17 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,22 | -0,23 | -0,24 | -0,23 | -0,24 |
| 125 | 7 | -0,19 | -0,19 | -0,19 | -0,19 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,24 | -0,25 |
| 125 | 8 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,26 | -0,27 | -0,26 | -0,27 | -0,24 | -0,25 | -0,24 | -0,25 |
| 125 | 9 | -0,22 | -0,24 | -0,22 | -0,24 | -0,28 | -0,29 | -0,28 | -0,28 | -0,24 | -0,25 | -0,24 | -0,25 |
| 126 | 1 | -0,04 | -0,03 | -0,04 | -0,03 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,11 | -0,12 | -0,11 | -0,12 |
| 126 | 2 | -0,08 | -0,06 | -0,08 | -0,06 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,09 | -0,16 | -0,16 | -0,16 |
| 126 | 3 | -0,11 | -0,09 | -0,10 | -0,09 | -0,11 | -0,11 | -0,12 | -0,12 | -0,19 | -0,20 | -0,19 | -0,20 |
| 126 | 4 | -0,13 | -0,12 | -0,13 | -0,12 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,16 | -0,22 | -0,22 | -0,22 | -0,23 |
| 126 | 5 | -0,16 | -0,15 | -0,16 | -0,15 | -0,18 | -0,18 | -0,18 | -0,19 | -0,24 | -0,25 | -0,24 | -0,25 |
| 126 | 6 | -0,18 | -0,17 | -0,18 | -0,17 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,22 | -0,25 | -0,26 | -0,25 | -0,26 |
| 126 | 7 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,26 | -0,27 | -0,26 | -0,27 |
| 126 | 8 | -0,21 | -0,22 | -0,21 | -0,22 | -0,26 | -0,27 | -0,26 | -0,27 | -0,27 | -0,28 | -0,27 | -0,28 |
| 126 | 9 | -0,22 | -0,24 | -0,22 | -0,24 | -0,28 | -0,29 | -0,28 | -0,29 | -0,27 | -0,28 | -0,27 | -0,28 |

C-2 Accélérations absolues

Accélérations absolues aux angles des niveaux selon les cas de charge

| Cas de Charge | Niveau | ax (m/s ²) | | | | ay (m/s ²) | | | | az (m/s ²) | | | |
|---------------|--------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|
| | | e | f | g | h | e | f | g | h | e | f | g | h |
| Ex | 1 | 2,03 | 2,03 | 2,03 | 2,03 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,60 | 0,60 | 0,61 | 0,60 |
| Ex | 2 | 2,45 | 2,45 | 2,43 | 2,43 | 0,17 | 0,15 | 0,16 | 0,14 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,79 |
| Ex | 3 | 3,08 | 3,08 | 3,06 | 3,06 | 0,22 | 0,20 | 0,21 | 0,19 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 |
| Ex | 4 | 3,63 | 3,63 | 3,61 | 3,61 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 1,15 | 1,15 | 1,14 | 1,15 |
| Ex | 5 | 4,08 | 4,08 | 4,07 | 4,07 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 1,32 | 1,33 | 1,31 | 1,32 |
| Ex | 6 | 4,55 | 4,55 | 4,53 | 4,53 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 1,46 | 1,47 | 1,45 | 1,45 |
| Ex | 7 | 5,08 | 5,08 | 5,06 | 5,06 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,11 | 1,54 | 1,55 | 1,53 | 1,54 |
| Ex | 8 | 5,64 | 5,64 | 5,62 | 5,62 | 0,21 | 0,20 | 0,23 | 0,22 | 1,58 | 1,59 | 1,57 | 1,58 |
| Ex | 9 | 6,11 | 6,11 | 6,09 | 6,09 | 0,37 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 1,59 | 1,60 | 1,58 | 1,59 |
| Ey | 1 | 0,13 | 0,12 | 0,13 | 0,12 | 2,03 | 2,04 | 2,03 | 2,05 | 0,60 | 0,60 | 0,61 | 0,62 |
| Ey | 2 | 0,29 | 0,27 | 0,29 | 0,27 | 2,34 | 2,38 | 2,34 | 2,38 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,80 |
| Ey | 3 | 0,37 | 0,34 | 0,37 | 0,35 | 2,88 | 2,94 | 2,87 | 2,93 | 0,93 | 0,94 | 0,94 | 0,95 |
| Ey | 4 | 0,36 | 0,33 | 0,37 | 0,34 | 3,39 | 3,47 | 3,39 | 3,46 | 1,08 | 1,09 | 1,09 | 1,10 |
| Ey | 5 | 0,29 | 0,25 | 0,29 | 0,26 | 3,87 | 3,95 | 3,86 | 3,95 | 1,22 | 1,24 | 1,23 | 1,25 |
| Ey | 6 | 0,19 | 0,14 | 0,19 | 0,14 | 4,36 | 4,45 | 4,35 | 4,45 | 1,34 | 1,36 | 1,35 | 1,37 |
| Ey | 7 | 0,19 | 0,16 | 0,19 | 0,16 | 4,90 | 5,00 | 4,90 | 5,00 | 1,42 | 1,44 | 1,43 | 1,45 |
| Ey | 8 | 0,34 | 0,35 | 0,34 | 0,35 | 5,47 | 5,57 | 5,47 | 5,57 | 1,46 | 1,47 | 1,47 | 1,49 |
| Ey | 9 | 0,57 | 0,59 | 0,57 | 0,59 | 5,98 | 6,08 | 5,98 | 6,08 | 1,47 | 1,49 | 1,48 | 1,50 |
| Ez | 1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 1,75 | 1,74 | 1,75 | 1,74 |
| Ez | 2 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 1,70 | 1,68 | 1,70 | 1,68 |
| Ez | 3 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 1,66 | 1,64 | 1,66 | 1,64 |
| Ez | 4 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,62 | 1,60 | 1,62 | 1,60 |
| Ez | 5 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 1,59 | 1,56 | 1,59 | 1,56 |
| Ez | 6 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,57 | 1,54 | 1,57 | 1,54 |
| Ez | 7 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,55 | 1,52 | 1,56 | 1,52 |
| Ez | 8 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 1,55 | 1,51 | 1,55 | 1,52 |
| Ez | 9 | 0,12 | 0,08 | 0,12 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 1,54 | 1,51 | 1,55 | 1,51 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 124 | 2 | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,15 | -0,14 | -0,14 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,16 | -0,16 |
| 124 | 3 | 0,20 | 0,21 | 0,20 | 0,21 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,21 | -0,18 | -0,18 | -0,18 | -0,18 | -0,19 |
| 124 | 4 | 0,26 | 0,28 | 0,26 | 0,28 | -0,26 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,21 |
| 124 | 5 | 0,32 | 0,34 | 0,32 | 0,34 | -0,32 | -0,33 | -0,33 | -0,33 | -0,22 | -0,22 | -0,22 | -0,22 | -0,23 |
| 124 | 6 | 0,38 | 0,39 | 0,38 | 0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,23 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 |
| 124 | 7 | 0,44 | 0,45 | 0,44 | 0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,24 | -0,25 | -0,25 | -0,25 | -0,25 |
| 124 | 8 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | -0,50 | -0,51 | -0,50 | -0,51 | -0,25 | -0,25 | -0,25 | -0,25 | -0,26 |
| 124 | 9 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | -0,56 | -0,56 | -0,55 | -0,56 | -0,25 | -0,26 | -0,25 | -0,25 | -0,26 |
| 125 | 1 | -0,10 | -0,09 | -0,10 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,22 | -0,22 | -0,22 | -0,22 | -0,22 |
| 125 | 2 | -0,16 | -0,15 | -0,16 | -0,15 | -0,14 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,26 | -0,26 | -0,26 | -0,26 | -0,26 |
| 125 | 3 | -0,22 | -0,21 | -0,22 | -0,21 | -0,20 | -0,20 | -0,21 | -0,21 | -0,29 | -0,29 | -0,29 | -0,29 | -0,29 |
| 125 | 4 | -0,28 | -0,27 | -0,28 | -0,27 | -0,26 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,31 | -0,31 | -0,31 | -0,31 | -0,31 |
| 125 | 5 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,33 | -0,32 | -0,33 | -0,33 | -0,34 | -0,32 | -0,32 | -0,33 | -0,33 | -0,33 |
| 125 | 6 | -0,40 | -0,39 | -0,40 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,40 | -0,33 | -0,33 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| 125 | 7 | -0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,45 | -0,46 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| 125 | 8 | -0,50 | -0,49 | -0,50 | -0,49 | -0,50 | -0,51 | -0,50 | -0,51 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| 125 | 9 | -0,53 | -0,54 | -0,53 | -0,54 | -0,55 | -0,56 | -0,56 | -0,56 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| 126 | 1 | -0,11 | -0,10 | -0,11 | -0,10 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,10 | -0,32 | -0,32 | -0,33 | -0,33 | -0,33 |
| 126 | 2 | -0,18 | -0,16 | -0,18 | -0,16 | -0,15 | -0,15 | -0,15 | -0,16 | -0,38 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 |
| 126 | 3 | -0,24 | -0,22 | -0,24 | -0,22 | -0,21 | -0,21 | -0,22 | -0,22 | -0,43 | -0,44 | -0,44 | -0,44 | -0,44 |
| 126 | 4 | -0,30 | -0,28 | -0,30 | -0,28 | -0,27 | -0,27 | -0,28 | -0,28 | -0,47 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 |
| 126 | 5 | -0,35 | -0,34 | -0,35 | -0,34 | -0,33 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,50 | -0,51 | -0,51 | -0,51 | -0,51 |
| 126 | 6 | -0,41 | -0,40 | -0,41 | -0,40 | -0,39 | -0,40 | -0,40 | -0,40 | -0,52 | -0,53 | -0,53 | -0,53 | -0,53 |
| 126 | 7 | -0,46 | -0,45 | -0,46 | -0,45 | -0,45 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | -0,54 | -0,54 | -0,54 | -0,54 | -0,55 |
| 126 | 8 | -0,50 | -0,50 | -0,50 | -0,50 | -0,51 | -0,52 | -0,51 | -0,52 | -0,54 | -0,55 | -0,55 | -0,55 | -0,55 |
| 126 | 9 | -0,55 | -0,55 | -0,54 | -0,54 | -0,56 | -0,57 | -0,56 | -0,57 | -0,54 | -0,55 | -0,55 | -0,55 | -0,56 |

D-2 Accélérations absolues

Accélérations absolues aux angles des niveaux selon les cas de charge

| Cas de charge | Niveau | ax (m/s ²) | | | | ay (m/s ²) | | | | az (m/s ²) | | | |
|---------------|--------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|
| | | e | f | g | h | e | f | g | h | e | f | g | h |
| Ex | 1 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 1,25 | 1,22 | 1,27 | 1,24 |
| Ex | 2 | 2,41 | 2,41 | 2,40 | 2,40 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 1,50 | 1,47 | 1,52 | 1,48 |
| Ex | 3 | 2,96 | 2,96 | 2,95 | 2,95 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 1,76 | 1,72 | 1,77 | 1,73 |
| Ex | 4 | 3,48 | 3,48 | 3,47 | 3,47 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 2,03 | 1,97 | 2,04 | 1,98 |
| Ex | 5 | 3,95 | 3,95 | 3,94 | 3,94 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 2,28 | 2,21 | 2,28 | 2,22 |
| Ex | 6 | 4,43 | 4,43 | 4,42 | 4,42 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 2,48 | 2,41 | 2,49 | 2,41 |
| Ex | 7 | 4,96 | 4,96 | 4,95 | 4,95 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 2,62 | 2,55 | 2,62 | 2,55 |
| Ex | 8 | 5,54 | 5,54 | 5,53 | 5,53 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 2,69 | 2,61 | 2,69 | 2,61 |
| Ex | 9 | 6,11 | 6,11 | 6,10 | 6,11 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 2,71 | 2,63 | 2,71 | 2,63 |
| Ey | 1 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 2,24 | 2,25 | 2,24 | 2,25 | 1,17 | 1,17 | 1,20 | 1,19 |
| Ey | 2 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 2,67 | 2,68 | 2,67 | 2,68 | 1,43 | 1,43 | 1,45 | 1,45 |
| Ey | 3 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 3,11 | 3,14 | 3,11 | 3,14 | 1,72 | 1,72 | 1,74 | 1,74 |
| Ey | 4 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 3,49 | 3,53 | 3,49 | 3,53 | 2,04 | 2,04 | 2,06 | 2,05 |
| Ey | 5 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 3,85 | 3,91 | 3,85 | 3,91 | 2,35 | 2,34 | 2,37 | 2,36 |
| Ey | 6 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,11 | 4,28 | 4,34 | 4,28 | 4,34 | 2,61 | 2,60 | 2,63 | 2,62 |
| Ey | 7 | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,12 | 4,85 | 4,92 | 4,85 | 4,92 | 2,79 | 2,79 | 2,81 | 2,80 |
| Ey | 8 | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,12 | 5,55 | 5,61 | 5,55 | 5,61 | 2,89 | 2,88 | 2,91 | 2,89 |
| Ey | 9 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 6,30 | 6,35 | 6,30 | 6,35 | 2,91 | 2,90 | 2,93 | 2,91 |
| Ez | 1 | 0,18 | 0,14 | 0,18 | 0,14 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,66 | 1,67 | 1,67 | 1,68 |
| Ez | 2 | 0,23 | 0,18 | 0,23 | 0,18 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 1,81 | 1,83 | 1,82 | 1,84 |
| Ez | 3 | 0,23 | 0,18 | 0,22 | 0,18 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 1,99 | 2,02 | 2,00 | 2,03 |
| Ez | 4 | 0,20 | 0,16 | 0,20 | 0,16 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 2,17 | 2,21 | 2,18 | 2,22 |
| Ez | 5 | 0,15 | 0,12 | 0,15 | 0,12 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,08 | 2,34 | 2,39 | 2,34 | 2,39 |
| Ez | 6 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 2,48 | 2,54 | 2,48 | 2,54 |
| Ez | 7 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 2,58 | 2,65 | 2,58 | 2,65 |
| Ez | 8 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 2,64 | 2,71 | 2,64 | 2,71 |
| Ez | 9 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 2,65 | 2,72 | 2,66 | 2,73 |

