
Renforcement de l'Ancienne Maternité Victor Fouche – Fort-De-France / Martinique

Session : Vulnérabilité du bâti existant

Victor Davidovici*, **Sylvain Pollet ****, **Jeremy Poucin *****, **Jean-Marc Weill ******

* *Dynamique Concept / 110, Avenue Mozart, 75016 Paris / (victor.davidovici@dynaco.fr)*

** *Socotec Monaco / 8, Avenue Pasteur, 98000 Monaco / (sylvain.pollet@socotec.com)*

*** *C & E, Ingénierie des Structures / 27, Rue de l'Ambroisie, 75012 Paris / (poucin@ceingenierie.fr)*

**** *C & E, Ingénierie des Structures / 27, Rue de l'Ambroisie, 75012 Paris / (weill@ceingenierie.fr)*

RÉSUMÉ. La présente communication concerne la présentation du renforcement parasismique mis en œuvre pour l'Ancienne Maternité Victor Fouche (transformée en lycée de Transit) à Fort de France (Département de la Martinique). L'ouvrage à renforcer est réalisé en béton armé et se développe sur 7 niveaux sur une emprise au sol de 1515 m². Le projet inclut la mise en œuvre de voiles en béton projeté, le renforcement des fondations existantes ainsi que la mise en œuvre d'une précontrainte horizontale au niveau de chaque plancher.

ABSTRACT. The present communication relates the presentation of the paraseismic reinforcement implemented for Old Maternity Victor Fouche (transformed into high school) at Fort de France (Department of Martinique). The work to be reinforced is made out of reinforced concrete and develops on 7 levels on a ground surface of 1515 m². The project includes the implementation of sprayed concrete walls, the reinforcement of the existing foundations as well as the implementation of an horizontal pre stressing on the level of each floor.

MOTS-CLÉS : renforcement, hôpital, fondations mixtes, précontrainte horizontale, béton projeté

KEYWORDS: strengthening, hospital, Hybrid foundations, horizontal prestressing, Sprayed concrete

1. Introduction

L'objet de la communication concerne la présentation du renforcement parasismique réalisé pour l'Ancienne Maternité Victor Fouche (transformée en lycée de Transit) à Fort de France (Département de la Martinique). Elle inclut une proposition d'organigramme de conduite de projet adapté au renforcement des bâtiments existant. Les points traités sont les suivants : Présentation de la construction existante / Sismicité du site et classification du bâtiment / Hypothèses de calcul / présentation du renforcement / Proposition d'un organigramme.

2. Présentation de la construction existante

Dans sa configuration qui précède le renforcement la construction est constituée par 3 blocs formant une organisation en plan en « T ». Le renforcement concerne pour la partie principale les blocs « A+B » (hauteur de 22,8 mètres) et de façon autonome le bloc « C » (hauteur de 13.6 mètres). Pour une longueur de 90 mètres environ.

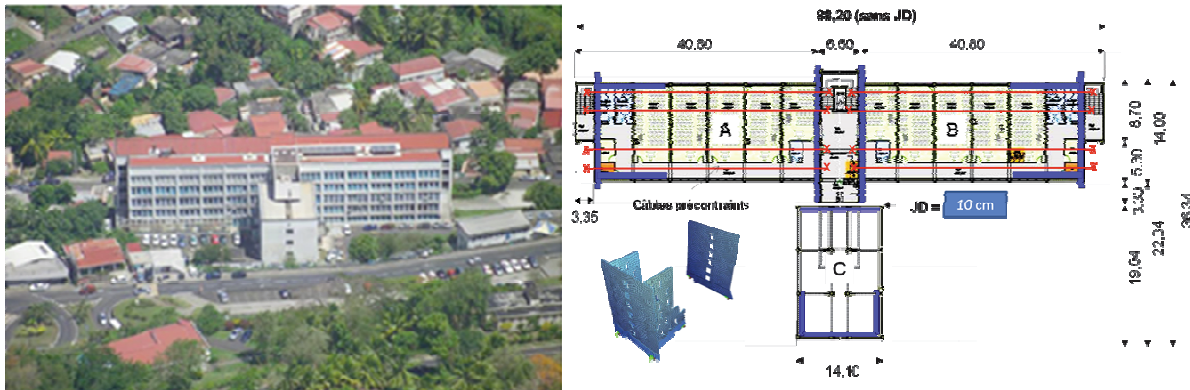


Figure 1.

Photo de la construction avant travaux / Schéma de localisation des renforcements (en bleu)

Ces bâtiments ne présentaient pas de protection sismique significative. Dans le sens transversal on note la présence de voiles en béton armé au niveau des pignons et du joint de dilatation qui sépare les trois blocs (A, B, C) ainsi que d'ensembles poteaux/poutres formant des « pseudo-portiques ». Dans le sens longitudinal on ne constate pas de dispositions assurant le contreventement de l'ouvrage. Par ailleurs la dimension des joints de dilatation entre les blocs existants est trop faible pour éviter les phénomènes d'entrechoquement.

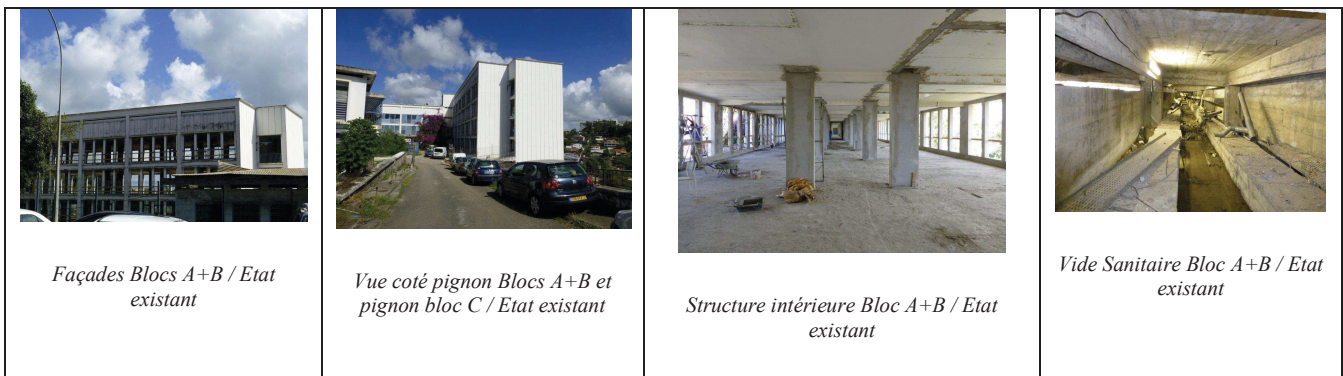
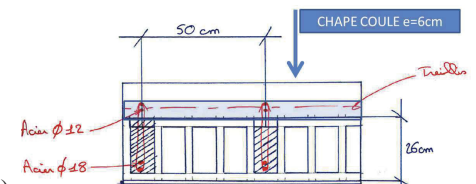


Figure 2.

Photo de la construction avant travaux

Les blocs A+B sont symétriques par rapport à la cage d'escalier centrale. Ils ont les mêmes configurations en plan et en élévation. Ce sont des bâtiments en R+4+combles avec un niveau de sous-sol semi-enterré (soit 7 niveaux au total). Leur structure primaire est de type poteaux-poutres avec des voiles en pignons et dalles diaphragmes en béton armé à corps creux. Concernant les points qui intéressent le projet de renforcement parasismique on peut souligner :

- Un niveau de vide sanitaire de faible hauteur de type poteaux-poutres.
- Un niveau partiellement enterré.
- Une géométrie en plan avec un angle rentrant.
- Une coursive en porte-à-faux couverte par une dalle béton.
- Un niveau de combles avec voiles périphériques de remplissage.
- La présence de planchers à corps creux à chaque niveau (croquis de droite).

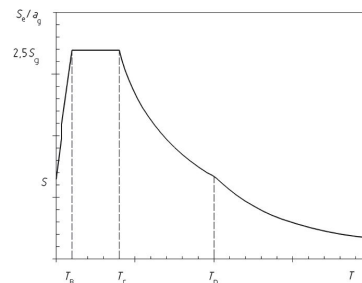


Le bloc C est de type R+2 avec un niveau de comble et un sous-sol partiellement enterré (soit 4 niveaux). Sa structure est sensiblement identique à celle des blocs A+B. Le bloc contenant la cage d'escalier centrale est un bâtiment de type R+4+combles avec un niveau de sous-sol. Sa structure principale est de type poteaux-poutres avec des voiles en pignons et dalles diaphragmes en béton armé.

3. Sismicité du site et classification du bâtiment

Le niveau minimal de protection exigé pour les ouvrages est fixé par les pouvoirs publics. La classe d'importance retenue est la suivante : Classe III (soit $\gamma = 1,2$). Conformément à l'arrêté du 22 Octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » et plus particulièrement à l'article 3.4 concernant les bâtiments existants, nous avons retenu comme accélération de référence : $a_g = 1,8 \text{ m/s}^2$. Le spectre de dimensionnement est établi sur la base des recommandations de l'EC8, comme suit :

Classe de sol	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0



Compte tenu de la période trouvée selon la méthode forfaitaire donnée par l'EC8 (art. EC8-4.3.3.2.2 – formule 4.7) soit $T_1 = 0,17\text{s}$ nous proposons de considérer la valeur sur le plateau donnée par la formule :

$$T_B \leq T \leq T_C : \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

Prise en compte de la torsion accidentelle par l'application d'un coefficient majorateur de 1,3 (pour l'analyse des renforcements qui concernent le séisme transversal). Coefficient de comportement, en retenant la classe de ductilité DCM, on a [EC8-5.2.2.2] : Pour la vérification des voiles de renforcement : $q = 3,6 \times 0,78 = 2,80$ / Pour la vérification du renforcement des dalles planchers et de la précontrainte : $q = 3,6 \times 0,78 = 2,80$ / Pour la vérification du clavetage entre les voiles et les dalles : $q = 3,6 \times 0,78 = 2,80$ / Pour la vérification de la liaison entre les voiles : $q = 3,6 \times 0,78 = 2,80$ / Pour la vérification des fondations : $q = 1,9$ / Pour la vérification du déplacement des voiles : $q = 1$

4. Hypothèses de calcul

Béton armé ancien : compte tenu des résultats trouvés lors des investigations, la résistance à la compression retenue est de 20 Mpa. Béton armé mis en œuvre dans le cadre du renforcement : la résistance à la compression retenue est de 35 Mpa. Le calcul est menée en Inertie fissurée pour la vérification des déplacements. Câbles de précontrainte de type ETIC / 4 T15 mis en œuvre en sous-face des dalles existantes.

Les charges permanentes retenues sont les suivantes :

- Planchers étage courant : 640 kg/m²
- Toiture : 705 kg/m²
- Voiles / Poteaux / Poutres béton existant : Selon sections constatées sur les plans.

Les charges d'exploitations retenues sont les suivantes :

- Planchers étage courant : 250 kg/m²

La méthode retenue pour le calcul du renforcement est celle de la Force Statique Equivalente. La décomposition retenue est la suivante :

- Ensemble 1 : Bloc A + ½ Cage d'escalier central
Bloc B + ½ Cage d'escalier central
- Ensemble 2 : Bloc C

Pour déterminer la force statique horizontale équivalente à l'action sismique nous avons appliqué la méthode décrite dans l'EC8 que nous pouvons principalement synthétiser comme suit :

- Etablissement de la période de vibration approximative T_1 de la structure dans les deux directions.
- Détermination de la résultante d'effort tranchant à la base de la structure étudiée (F_b)
- Distribution des forces sismiques horizontales par niveau selon la formule :

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum_j z_j \cdot m_j} \quad \dots (4.11)$$

où :

z_i, z_j sont les hauteurs des masses m_i, m_j au-dessus du niveau d'application de l'action sismique (fondations ou sommet d'un soubassement rigide).

(4)P Les forces horizontales F_i déterminées comme indiqué dans le présent paragraphe doivent être distribuées dans les éléments de contreventement en supposant les planchers rigides dans leur plan.

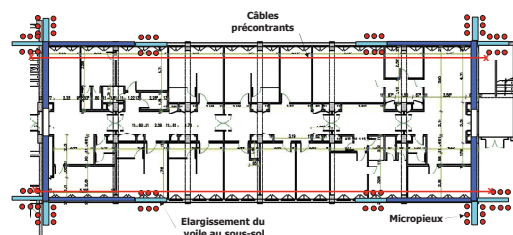
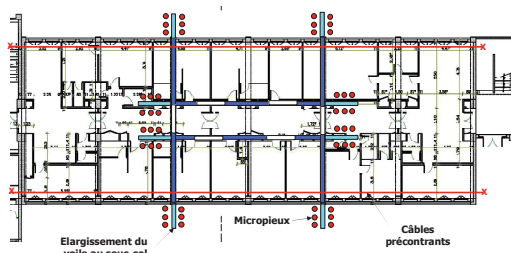
5. Recherche du principe de renforcement

Le renforcement de la construction existante a été conçu en scindant l'ouvrage en deux sous-ensembles :

- Le bâtiment « long » sur le côté aval du site de 88 x 14 m (il comprend les blocs latéraux A et B ainsi que la cage d'escalier centrale solidarisés)
- Le bâtiment « court », C, sur le côté amont du site, plus compact de 19 x 15 m.

Plusieurs solutions de contreventement ont été analysées afin de trouver l'optimum pour l'utilisation prévisionnelle, la mise-en-œuvre, le délai d'exécution, etc. Nous pouvons les synthétiser comme suit :

- **S1** : Contreventement central en H : situé entièrement à l'intérieur du bâtiment ; pour un plus grand bras de levier et limiter le nombre de micropieux, les voiles sont élargies sur la hauteur du sous-sol ; des câbles précontraints sont nécessaires pour ramener les efforts au centre du contreventement.
- **S2** : Contreventement aux extrémités en 2 x U : situé à l'intérieur et disposé symétriquement avec les élargissements au sous-sol. Difficulté de mise en œuvre côté bâtiment central ; des câbles précontraints sont nécessaires pour ramener les efforts sismiques aux extrémités.
- **S3** : Contreventement en façades : dans le sens longitudinal à mettre en place par l'intégration des façades existantes ; dans le sens transversal quatre voiles comportant une ouverture centrale mais leur implantation n'est pas compatible avec la disposition des salles de classe. Le nombre de micropieux est limité voir pas nécessaire. Le chainage longitudinal est intégré dans les nouvelles voiles.
- **S4** : Contreventement en pignons : deux voiles dans le sens transversal et un voile en U situé à l'extérieur. Un nouvel escalier est à réaliser. Pour équilibrer les efforts de soulèvement il faut prévoir un nombre conséquent de micropieux.
- **S5** : Contreventement en peigne : voiles longitudinaux (30 à 35 cm) dans l'axe des poteaux de façade ; fondations continue en façade ; contreforts (0,40m) transversaux en BA au droit de chaque poteau principal ; liaisons des contreforts dans la hauteur du VS 0,40 x 3,00 m ; pas de micropieux ; disposition des câbles précontraints sous la dalle



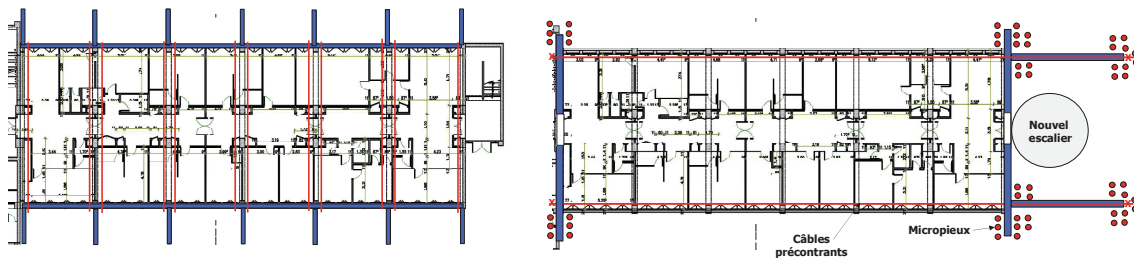


Figure 3.

(De gauche à droite / de haut en bas) / Contreventement central / Contreventement en double U aux extrémités / Contreventement en peigne / Contreventement en U dissymétrique

L'intégration des solutions de contreventement a abouti à la solution qui est à la fois la moins difficile à mettre en œuvre et qui tient compte des encombrements tant intérieurs qu'extérieurs. Cette solution a été mise au point en étroite collaboration avec l'architecte. La stabilité au séisme est obtenue par introduction de voiles dans le sens transversal au droit des pignons et de part et d'autre de la cage d'escalier central (fig. 6). Ces voiles sont liaisonnées aux voiles existants et le joint de dilatation sera nettoyé et rempli avec un mortier sans retrait. Les voiles longitudinaux sont disposés à l'intérieur des façades et reliés aux voiles-pignons. Pour assurer un fonctionnement d'ensemble du bloc de 88 m de longueur, une précontrainte longitudinale (fig. 6) des planchers permettra de véhiculer les efforts vers les voiles. La prestation comprend le liaisonnement des cages d'escalier d'extrémités du bâtiment « long » par des scellements aux voiles pignons.

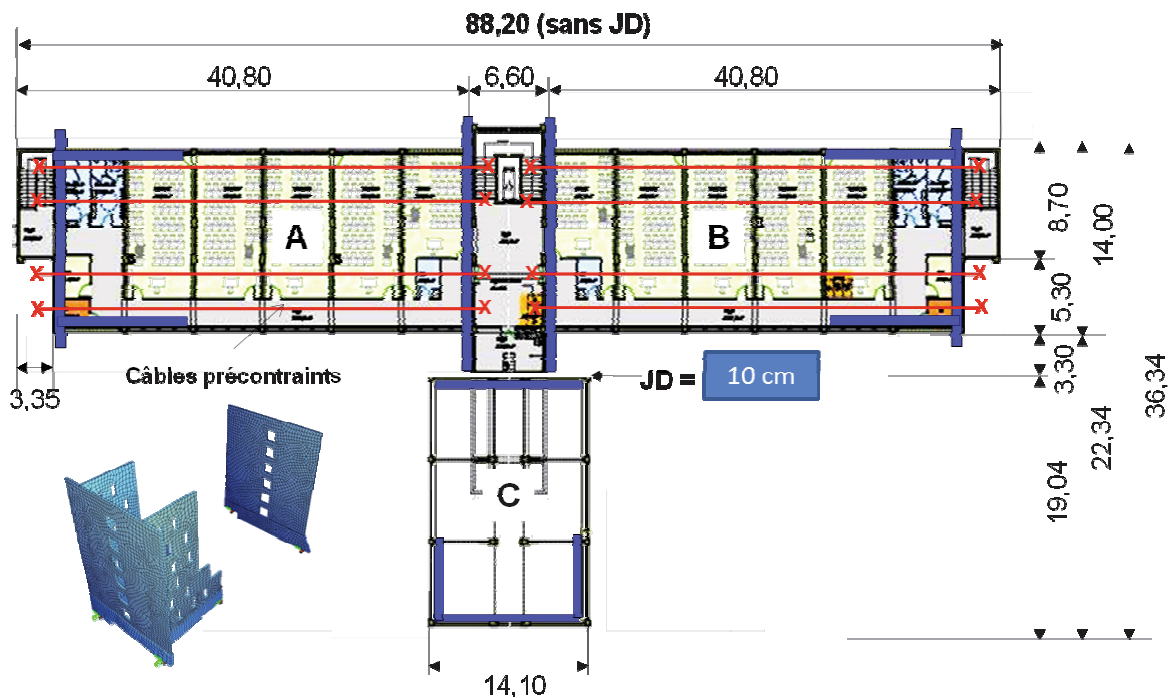


Figure 4 : Schéma représentatif du renforcement final mis en œuvre (en bleu)

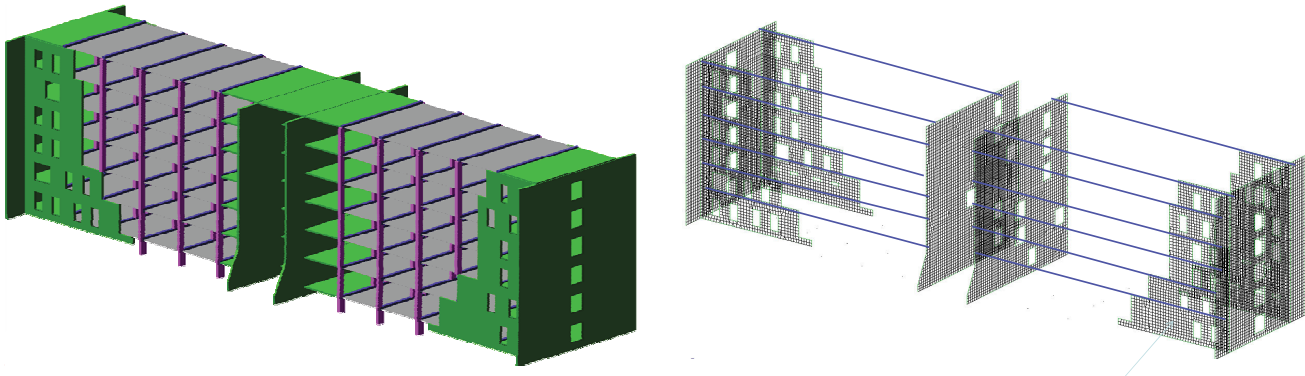


Figure 5.

Principe de renforcement retenu (vue tridimensionnelle avec positionnement de principe de la précontrainte)

La séparation entre les bâtiments A et B d'une part et C d'autre part est obtenue par la démolition de la partie centrale en contact avec le bâtiment C et la reconstruction avec un joint largement dimensionné (15 cm) afin d'éviter tout contact pendant l'action sismique.

6. Développement du renforcement des Blocs A&B

6.1 Action sismique

La synthèse des valeurs retenues pour la conception du renforcement est la suivante :

NIVEAUX	Séisme Transversal (T) Par voile pignon	Séisme Transversal (T) Par voile central de part et d'autre de la cage d'escalier	Séisme Longitudinal (T) Par voile longitudinal de renforcement
Niveau 7 (83.82)	210	179	147
Niveau 6 (80.42)	226	200	164
Niveau 5 (77.02)	160	138	113
Niveau 4 (73.62)	126	109	89
Niveau 3 (70.22)	100	82	69
Niveau 2 (66.82)	67	53	46
Niveau 1 (63.42)	28	18	18

6.2 Fondations

De façon générale les Fondations sont conçues comme suit :

- Micropieux-tirants pour équilibrer les soulèvements (les semelles sont « clouées »)
- Fondations superficielles pour équilibrer la compression et transférer au sol par frottement les efforts horizontaux.

La contrainte de référence prise en compte (selon les recommandations du rapport de sol) est de 1,303 MPa.

Les hypothèses spécifiques suivantes ont été retenues :

- **H1** : Dimensionnement des fondations en capacité. Coefficient de comportement $q = 1,9$
- **H2** : Reprise du soulèvement par les micropieux tirants exclusivement.
- **H3** : Transfert de l'effort de compression par contact semelle/sol.

- **H4** : Transfert de l'effort horizontal par frottement au droit des semelles comprimées.

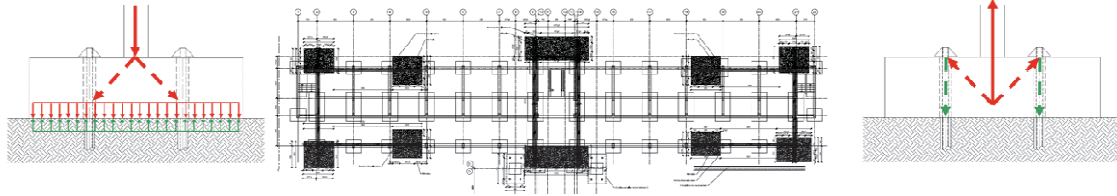
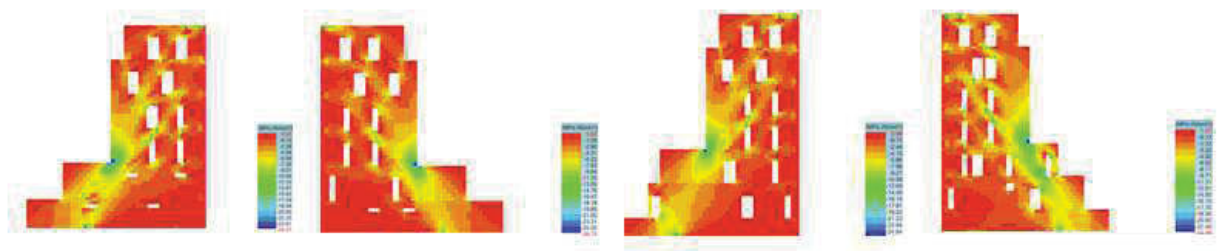


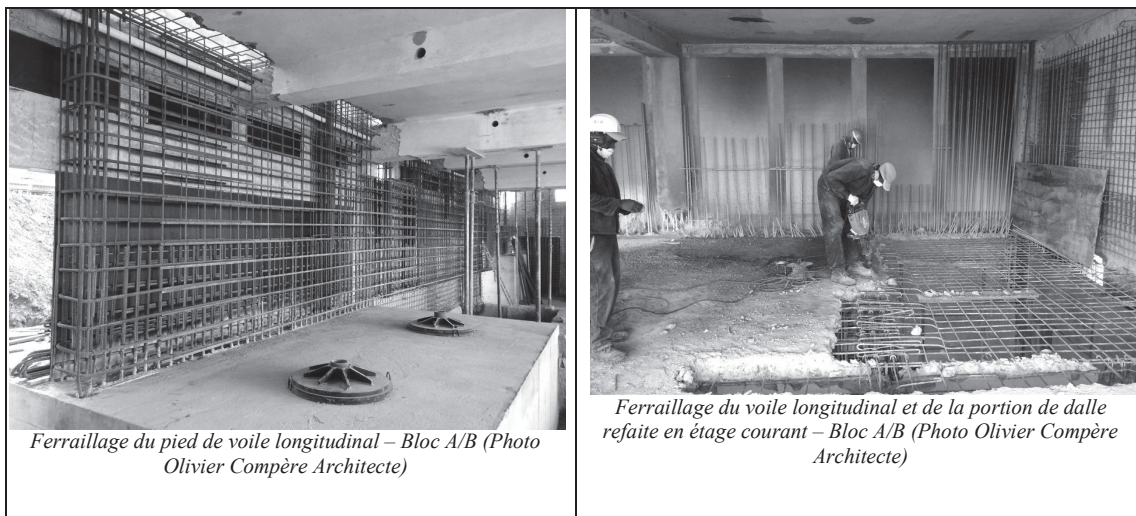
Figure 6.

Localisation des renforcements de fondation et visualisation d'une semelle « clouée par les micropieux »

6.3 Renforcements longitudinaux

Dans le sens longitudinal, les renforts ont été disposés à chaque extrémité des blocs A et B sur le côté intérieur des façades existantes. Leur longueur décroît au fur et à mesure que l'on s'élève (de 17 à 8 mètres environ). L'épaisseur des voiles est de 35 cm à l'exception de la hauteur de voile au niveau du sous-bassement qui est passée à 45 cm afin d'augmenter la surface de contact avec les fondations et limiter le risque de poinçonnement. Les renforts verticaux longitudinaux sont percés pour inclure les ouvertures nécessaires au projet. Les ouvertures sont positionnées de façon décalées de telle sorte qu'il soit possible de conserver une diffusion des efforts dans le voile par bielle.

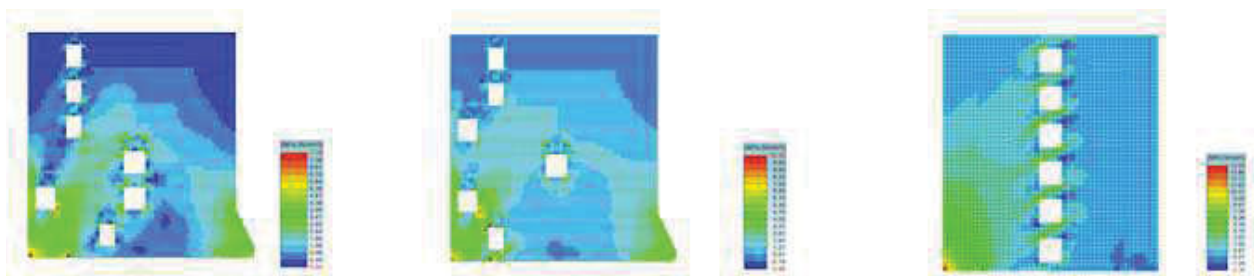


**Figure 7.**

Modélisation aux éléments finis des renforcements longitudinaux / visualisation du ferrailage

6.4 Renforcements Transversaux

Les renforts transversaux sont disposés à chaque extrémité des blocs A&B. Ils sont mis en œuvre le long des voiles existants et scellés chimiquement à ces derniers. Leur longueur (19 mètres en pied) est supérieure à la largeur de la construction existante (13 mètres) pour augmenter le bras de levier au niveau des fondations et limiter en conséquence les efforts de compression ou de soulèvement à équilibrer. L'épaisseur des voiles est de 35 cm à l'exception de la hauteur de voile au niveau du sous-bassement qui est passée à 45 cm afin d'augmenter la surface de contact avec les fondations et limiter le risque de poinçonnement

**Figure 8.**

Modélisation aux éléments finis des renforcements transversaux / transfert des efforts par bielle/tirant

6.5 Renforcement des dalles de plancher existantes

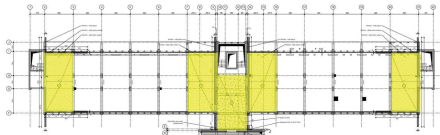


Figure 9.

Localisation des dalles neuves sur un niveau courant / modélisation tridimensionnelle du renforcement

Les efforts horizontaux sont transférés aux renforts verticaux par l'intermédiaire des planchers existants précontraint par post-tension (13x37 mètres). Dans le sens longitudinal les efforts de précontraintes permettent de ramener l'action du séisme au niveau des voiles de renforcement (effet « lasso »). Dans le sens transversal les efforts de précontraintes annulent les efforts de tractions qui résultent du transfert de l'effort horizontal par mise en flexion des planchers. Afin de permettre une diffusion des efforts de précontraintes sur la totalité de la largeur du panneau de dalle le panneau directement adjacent au voile de renforcement a été réalisé par une dalle neuve. Le nombre de câbles varie par niveau selon les efforts de précontraintes à appliquer (de 800 tonnes pour la toiture à 110 tonnes pour le niveau 1). En partie basse ils sont au nombre de 4x4T15 alors qu'au niveau de la toiture on dénombre 12x4T15. Les torons sont ancrés dans les voiles transversaux, par l'intermédiaire de massif formant des consoles courtes permettant de relever l'effort au niveau de l'axe du diaphragme.

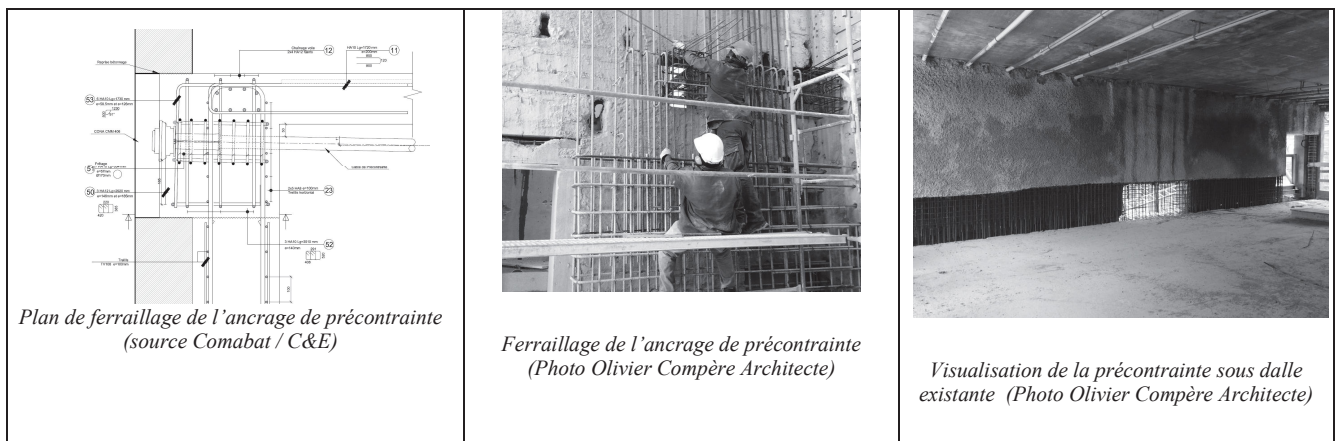


Figure 10.

Précontrainte et ancrages dans les voiles transversaux

7. Conclusion : la problématique du contrôle technique du renforcement parasismique

Le renforcement parasismique répond soit à une obligation réglementaire en application de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, soit à une démarche volontaire du maître d'ouvrage dans le cadre d'une volonté de réduction du risque sismique. C'est dans ce dernier choix que s'inscrit le projet de renforcement parasismique de l'ancienne maternité Victor Fouche à Fort-de-France. Cette opération inscrite dans le cadre du plan séisme Antilles concernant les établissements d'enseignement, ne permet pas d'envisager pour le maître d'ouvrage, de ne pas choisir la démarche de réduction de la vulnérabilité d'un ouvrage existant à l'occasion de travaux d'aménagement. Le bâtiment a donc fait l'objet d'une démarche de diagnostic sismique, conduisant à un projet de renforcement parasismique. S'agissant d'un Etablissement Recevant du Public, le contrôle technique est obligatoire, avec les missions minimum L (solidité), S (sécurité), PS (parasismique), et LE (solidité des existants du fait des travaux neufs). Les projets de renforcement parasismiques restent particuliers pour la mission du

contrôleur technique concernant l'impact de la mission sur la solidité des existants, et l'absence de mission sur les phases provisoires. Pour le projet de renforcement de l'ancienne Maternité la conception initiale basée sur des diagnostics préliminaires a conduit à un projet basé sur l'ajout d'éléments structuraux permettant d'équilibrer les efforts sismiques, avec une mobilisation importante de la structure existante. La combinaison entre les éléments ajoutés et la capacité de la structure existante à véhiculer les efforts sismiques, a nécessité de conduire des investigations complémentaires sur les ouvrages existants (structures, fondations). Dans ce cadre la mission du contrôleur technique est devenue plus complexe, notamment pour la mission LE devenue incontournable et prépondérante, compte tenu des modifications apportées à la structure principale existante. La connaissance des existants à travers les diagnostics initiaux révèle donc toute son importance. Il apparaît que les coefficients présentés dans l'EC8-3 doivent être utilisés avec précaution, en privilégiant la connaissance approfondie systématique lors de la participation de la structure existante à l'équilibre des charges sismiques. Sur cette base nous proposons un organigramme de conduite de projet pour ce type d'intervention qui montre que sans diagnostic approfondi la conception et le contrôle du projet de renforcement est établi sur la base d'une prise de risque importante du Maître d'œuvre et du Bureau de Contrôle.

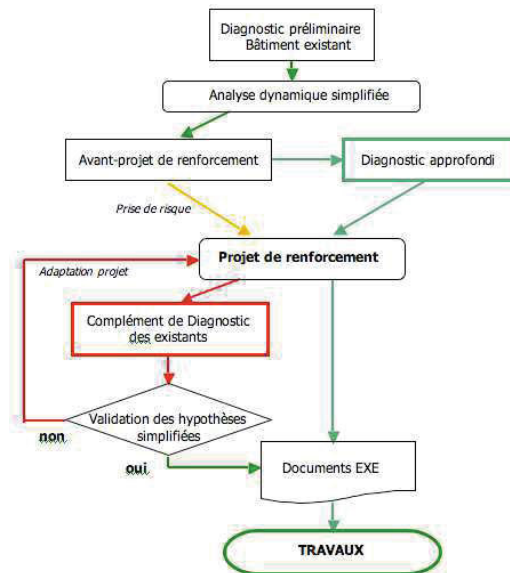


Figure 11.

Organigramme de conduite de projet

8. Remerciements

Nous souhaitons exprimer, pour leur engagement, leur professionnalisme et leur confiance, notre reconnaissance à : **Monsieur Marc Mongis** Directeur Général Adjoint BTP et **Madame Muriel Ratenan** (Région Martinique) – représentants du Maître d'Ouvrage / **Madame Jacqueline Jean-Louis** OPC-Egis Antilles Guyane / **Monsieur Olivier Compère** Architecte Mandataire du Groupement de Maitrise d'œuvre / **Monsieur Sylvain Hodoul** Directeur Adjoint (Bureau d'Etudes Guez Caraïbes), Groupement de Maitrise d'œuvre / **Monsieur Jean-Marie Paille**, **Monsieur Claude Saint-Jean** et **Monsieur Gurvan Sayer** (Socotec Direction Technique) / **Madame Michelle Claude** (C&E Ingénierie) / **Monsieur Eric Valey** (Entreprise Soletanche) en charge de la réalisation des micropieux tirants / **Monsieur Cyril Labenne** (Directeur de travaux de l'Entreprise Comabat) en charge de la réalisation du renforcement parasismique pour les blocs A&B / **Monsieur Gauthier de Gentile** (Entreprise smd cotraitant de l'Entreprise Comabat) en charge de la réalisation des voiles en béton projeté pour les blocs A&B / **Monsieur Claude Néant** (Société Etic sous-traitant de l'Entreprise Comabat) en charge de la conception et mise en œuvre de la précontrainte des blocs A&B / **Monsieur Marton** (Les chantiers de Trenelle en charge du lot Gros-Œuvre) /