

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de génie de la construction
Département de génie civil



Mémoire de Master

**SPÉCIALITÉ : GENIE CIVIL
OPTION : STRUCTURE**

Présenté par : Mr AIT HAMMOUDA SADEK

Thème :

« Expertise, évaluation de la réponse sismique et confortement du pavillon
d'urologie du CHU Mustapha Pasha »

Devant le jury suivant :

M^r HANNACHI Naceur Eddine	Professeur	-UMMTO	Président
M^r HAMIZI Mohand	Professeur	-UMMTO	Promoteur
M^r KAHIL Amar	Docteur	-UMMTO	Examineur

04/07/2016

Remerciements:

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Mr HAMIZI Mohand, professeur à l'UMMTO, pour la confiance qu'il m'a accordé en acceptant de rapporter ce travail. Son soutien constant, sa disponibilité, et ces précieux conseils, m'ont permis de mener à bien ce travail ; qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de juger ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Mr HANNACHI Naceur Eddine, Mme BOUZID Leyla et Mr KAHIL Amar pour m'avoir donné les orientations essentielles pour mener à bien ce travail.

Je voudrais également adresser mes sincères remerciements à Mme AIT MEZIANE Yamina, qui travaille au CGS, pour m'avoir facilité l'accès à la documentation technique sur le bâtiment expérimentés, qui ont grandement contribué à l'élaboration de ce travail ; qu'il trouve ici l'expression de ma plus grande considération.

Je tiens à remercier mon cousin BELKHEIR Mohamed Aghiles, mes amis pour leur soutien, aide et encouragement.

Enfin, je tiens à remercier ma famille pour leur soutien et leurs encouragements.

RÉSUMÉ.

La présente étude a pour but de faire l'expertise, le diagnostic avec des essais non destructifs, d'évaluer le point de performance et de proposer une réhabilitation éventuelle du pavillon d'urologie de l'hôpital Mustapha Pacha d'Alger.

Toutes ces investigations ont pour but de trouver les caractéristiques physiques et mécaniques intrinsèques de ce bloc à l'état actuel ainsi que son état d'endommagement à travers son point de performance sismique. Une fois ce diagnostic est posé et les pathologies évaluées, une réhabilitation (la plus appropriée) de cette structure sera proposée

L'expertise consiste à identifier le plus tôt possible les véritables menaces qui guettent la structure. Une fois l'expertise est faite, il y a lieu de confirmer ou d'infirmer ces résultats à travers une étude complémentaire qui est la compagne d'essais destructifs ou non destructifs.

Dans notre cas, nous avons opté pour une compagne d'essais non destructifs (essais au scléromètre et ultrasons). Une fois cette compagne est terminée et les résultats obtenus, une deuxième évaluation est nécessaire, elle consiste en la recherche du point de performance sismique sachant que ce bloc est implanté en zone à sismicité élevée. La méthode développée dans ce cas, est une analyse non linéaire de type 'Pushover', qui consiste à appliquer une force latérale qu'on augmente d'une manière incrémentale jusqu'à atteindre le déplacement maximal du bâtiment.

La courbe ainsi obtenue sera transformée en une courbe donnant la pseudo-accélération en fonction des déplacements que on appelle "la courbe de capacité". Ensuite cette courbe de capacité ainsi obtenue est superposée avec la courbe de la demande sismique donnée par le règlement parasismique Algérien (RPA 2003), cette superposition nous permet d'obtenir un point de performance, qui correspond à l'égalité entre le déplacement maximal élastique et inélastique de cette structure. A ce point de performance est associé un état de dommage qui décidera des suites à donner à cette structure (continuer son utilisation, la renforcer, la conforter ou la démolir).

L'opération de renforcement ou de réparation requiert une réflexion particulière et nécessite l'utilisation de méthodes, d'instruments et de techniques adaptées à la situation et aux problèmes spécifiques de chacune des constructions. Dans notre cas (le pavillon d'urologie), une opération de confortement a été décidée, elle consiste en une injection de voiles afin d'amener ce bloc à jouer son rôle (prodiguer des soins aux malades) et de résister aux prochaines secousses attendues.

Mots clef : expertise, pathologie de vulnérabilité, pose du diagnostic, pushover, demande sismique, comportement sismique, courbe de capacité

ABSTRACT.

The purpose of this study is to assess, diagnose through non destructive tests, evaluate the performance point and suggest a possible rehabilitation of the Department of Urology at Mustapha Pacha Hospital in Algiers.

The aim of the research is to find the mechanical and physical intrinsic characteristics of the said block in its current state, and evaluate the structural damages through its seismic performance point. Once the pathologies are detected and the diagnosis is made, a rehabilitation of the structure will be proposed.

This assessment allows us to quickly identify the real threats and vulnerabilities to the structure. Once the assessment is done, the results must be checked for accuracy using a complementary study called Destructive & Nondestructive Testing.

In this case, we opted for a nondestructive testing (sclerometer and ultrasound tests), and the results showed the necessity of a second assessment that requires to find the seismic performance point to the structure located in a high seismic zone. The developed method is a nonlinear analysis "Pushover" type, which involves applying a lateral force that increases incrementally until reaching the maximum displacement of the building.

The curve thus obtained is transformed into a curve that gives the pseudo-acceleration according to displacements and is called: "The Capacity Curve". This capacity curve is then superposed with the seismic demand curve given by the Algerian Seismic Regulations (RPA 2003), this superposition gives us the performance point which corresponds to the equality between the maximum elasticity and inelasticity motions of the structure. To the performance point is associated a damage state, which will tell what actions to take with the structure (continue its use, strengthen it, reinforce it or tear it).

The strengthening and repairing processes require special thoughts and consideration and will need the use of appropriate methods, tools and techniques suitable for the specific problems met by each construction. In our case (the urology ward), a reinforcement operation was decided upon, it is a veil injection that will bring this unit to play its role (providing care to patients) and withstand shocks expected next.

Key word: expertise, pathology of vulnerability, diagnosis, pushover, Seismic demand, seismic behavior, capacity curve.

Sommaire

	Page
Introduction générale	
I. Introduction	1
I.1. Origine des parcs immobiliers en Algérie	1
I.2. Historique du code parasismique algérien (1980–2003)	1
I.3. Introduction de la problématique	2
I.4. Objectifs de cette étude	2
Chapitre I : Le bâti hospitalier Algérien et le pavillon d’urologie du CHU Mustapha pacha	
I.1) Différents bâtis hospitaliers réalisés durant l’ère coloniale	3
I.1.1) Centre Hospitalier et Universitaire Bab El Oued (Maillot)	3
I.1.2) Centre Hospitalier et Universitaire Nedir Mohamed (Tizi-Ouzou)	4
I.1.3) Centre Hospitalier et Universitaire d’Oran	5
I.1.4) Centre Hospitalier et Universitaire Mustapha Pacha	6
I.2) Description et état des lieux du pavillon d’urologie	7
I.2.1) Le bloc d’urologie	7
I.2.2) Description du bâtiment et du système structural	7
I.3) Individualisation des zones sources sismiques	14
I.3.1) Les différents zonages sismiques proposés pour le Maghreb	14
I.3.2) Le rôle du RPA dans les différents zonages sismiques	15
I.3.3) Les différents zonages sismiques selon le RPA	15
I.4) Conclusions	16
Chapitre II : Relevé des facteurs pathologiques du pavillon d’urologie	
II.1) Généralités	17
II.2) Les Pathologies de vulnérabilité	17
II.3) Inspection visuelle d’une structure	17
II.4) État des lieux	18
II.4.1) Expertise visuelle de l’ouvrage	18
II.4.2) Pathologies remarquées	18
II.4.2.1) Fissure	19
II.4.2.2) Infiltration d’eau	19
II.4.2.3) L’âge de la construction	20
II.4.2.4) Système poteaux faibles, poutres fortes	20
II.4.2.5) Structure élancée en élévation	20
II.4.2.6) Symétrie structurale et contreventement	20
II.4.2.7) Condition du sol	20
II.5) Conclusions	25
CHAPITRE III : Expertise, évaluation de l’indice de vulnérabilité, essais non destructifs et pose du diagnostic.	
III.1) Expertise	26
III.1.1) Paramètres d’évaluation des dommages selon la fiche d’expertise	26
III.1.2) Utilisation des fiches d’expertises	26
III.1.3) Note méthodologique	26
III.2) évaluation des dommages	27
III.2.1) Classification des bâtiments en fonction des différents critères potentiellement pathologiques	27
III.2.2) Evaluation de l’indice de vulnérabilité	29
III.2.3) Estimation des dommages du pavillon	29
III.2.4) Calcul de l’indice de vulnérabilité	29
III.2.5) Différentes valeurs des différents critères potentiellement pathologiques :	30
III.2.6) Conclusion	31
III.3) Essais non destructif sur le béton	31
III.3.1) Définition	31
III.3.2) Les différents types d’essais non destructifs	32
III.3.2.1) Essai au scléromètre	32

III.3.2.2) Essai à l'ultrason	34
III.3.3) Les avantages	36
III.4) Résultats des essais non destructifs	37
III.4.1) Classification des résultats obtenus par niveau	37
III.5) Conclusion	38
Chapitre IV : Détermination du point de performance du pavillon d'urologie par la méthode push over	
IV.1) Objectif	40
IV.2) l'analyse push over	40
IV.2.1) Caractéristique concernant la méthode push over	40
IV.2.2) Intérêt de l'analyse push over	40
IV.2.3) La demande sismique	41
IV.2.3.1) La représentation (Sa-Sd) pour la demande sismique	42
IV.2.4) La courbe de capacité	43
IV.2.5) Point de performance	43
IV.2.6) Le déplacement cible d'un bâtiment	44
IV.2.7) Analyse en poussée progressive « Push over »	44
IV.2.8) Le rapport entre la courbe de capacité et niveaux d'endommagement	45
IV.2.9) Niveaux d'endommagement	46
IV.3) Application de la méthode de performance sur notre structure	47
IV.3.1) Introduction	47
IV.3.2) Présentation et description des blocs	47
IV.3.3) Étude du bâtiment dans son état actuel	48
IV.3.3.1) détermination du spectre de capacité des blocs	48
IV.3.3.2) Évaluation du point de performance	51
IV.3.3.3) Analyse des résultats	
IV.3.3.4) La variation du point de performance	53
IV.3.3.5) Analyse des courbes	56
IV.4) Conclusion	56
Chapitre V : Réhabilitation du pavillon d'urologie	
V.1) Introduction	57
V.2) Phases d'élaboration d'une réhabilitation	58
V.2.1) Phase Étude	58
V.3) Définitions	58
V.3.1) Réparation	58
V.3.2) Renforcement	58
V.3.3) Réhabilitation	58
V.4) Pathologie des bâtiments vis-à-vis au séisme	59
V.4.1) Erreurs de conception	59
V.4.2) Erreurs de calcul	59
V.4.3) Qualité de réalisation	59
V.5) RENFORCEMENT	59
V.5.1) Stratégie du renforcement	59
V.5.2) Réparation et solutions de renforcement	61
V.5.3) Méthodes de confortement	61
V.5.3.1) Le renforcement par ajout de murs de contreventement en voiles béton	61
V.5.3.2) Renforcement par chemisage des poteaux et des poutres	62
V.5.3.3) Confortement par palées de stabilité	63
V.5.3.4) Amélioration par addition de contreventements métalliques	63
V.5.3.5) Suivi de l'ouvrage	64
V.5.4) Conclusion :	64
V.6) Plans de renforcement	64
V.6.1) Critères d'intervention sur la structure	64
V.6.2) Critères techniques	64
V.6.3) Justification du type d'intervention choisi	65
V.7) Étude de notre structure après confortement	65

V.7.1) Calcul de la structure après confortement	68
V.7.1.1) les résultats obtenus lors de l'analyse push over du bloc 1 suivant les deux directions (après confortement)	68
V.7.1.2) Représentation du point de performance du bloc 1 conforté	68
V.7.1.3) les résultats obtenus lors de l'analyse push over du bloc 2 selon les deux directions (après confortement)	69
V.7.1.4) Représentation du point de performance du bloc 2 conforté	69
V.7.2) La variation du point de performance	70
V.7.3) Analyse des courbes	72
V.7.3.1) courbe capacité et variation de la demande sismique	72
V.7.4) courbe de capacité avant et après confortement	72
V.7.4.1) Point de performance avant et après confortement	74
V.7.5) Analyse des courbes	76
V.7.5.1) Superposition de la courbe de capacité avec la demande sismique avant et après confortement	76
V.7.5.2) point de performance avant et après confortement	76
V.8) Conclusion	76
Conclusion générale	78
Sommaire	80

Liste des figures

	Page
Figure I.1. CHU Bab El Oued (Maillot)	3
Figure I.2. CHU Nedir Mohamed (Tizi-ouzou)	4
Figure I.3. CHU d'Oran	5
Figure I.4. CHU Mustapha Pacha	6
Figure I.5. Plan de masse de Mustapha Pacha	8
Figure I.6. Vue en plan actuel de la clinique d'urologie	9
Figure I.7. Présentation du Bloc 1	10
Figure I.8. Présentation du Bloc 2	10
Figure I.9. Vue en plan du bloc -1-	11
Figure I.10. Vue en plan du bloc -2-	12
Figure I.11. Carte des zones sismiques de l'Algérie	15
Figure II.1. Lézarde d'un mur	18
Figure II.2. Fissure au niveau du sous-sol	18
Figure II.3. Infiltration d'eau sous-sol	19
Figure II.4. Infiltration d'eau dernière étage	19
Figure II.5. Mustapha pasha en 1945	19
Figure II.6. Vue en élévation du bloc -1- portique 1	21
Figure II.7. Vue en élévation du bloc -1- Portique 5	22
Figure II.8. Vue en élévation du bloc -2- Portique 11	23
Figure II.9. Vue en élévation du bloc -2- Portique 6	24
Figure III.1. Fiche d'évaluations des désordres élaborés par le C.T.C.	28
Figure III.2. Appareil de test de résistance scléromètre	32
Figure III.3. Courbe figurant sur l'appareil	33
Figure III.4. Appareil de test de résistance ultrason	34
Figure III.5. Mesure directe avec l'ultrason	35
Figure III.6. Mesure indirecte avec l'ultrason	35
Figure III.7. Mesure semi directe avec l'ultrason	36
Figure III.8. Vue en plan des deux blocs	39
Figure IV.1. Le spectre de réponse en format traditionnelle (Sa- T(s))	42
Figure IV.2. Le spectre de réponse en format (Sa-Sd)	42
Figure IV.3. Courbe de capacité	43
Figure IV.4. Intersection des courbes de capacité et demande sismique	43
Figure IV.5. Cas de la demande est inférieur ou égale à la capacité	44
Figure IV.6. Cas de la demande est supérieur à la capacité	44
Figure IV.7. Déformation après application du chargement	45
Figure IV.8. Niveaux d'endommagement par rapport à la courbe de capacité	45
Figure IV.9. Vue en 3D du bloc1	47
Figure IV.10. Vue en 3D du bloc 2	48
Figure IV.11. Courbe de capacité du bloc 1 selon la direction x-x	49
Figure IV.12. Courbe de capacité du bloc 1 selon la direction y-y	49
Figure IV.13. Courbe de capacité du bloc 2 selon la direction x-x	50
Figure IV.14. Courbe de capacité du bloc 2 selon la direction y-y	51
Figure IV.15. Superposition courbe capacité et demande sismique du bloc 1 selon la direction x-x	51
Figure IV.16. Superposition courbe capacité et demande sismique du bloc 1 selon la direction y-y	52
Figure IV.17. Superposition courbe capacité et demande sismique du bloc 2 selon la direction x-x	52

Figure IV.18.	Superposition courbe capacité et demande sismique du bloc 2 selon la direction y-y	53
Figure IV.19.	Superposition de la courbe de capacité et des courbes de demande sismique du bloc 1 (x-x)	54
Figure IV.20.	Superposition de la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique du bloc 1 (y-y)	54
Figure IV.21.	Superposition de la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique du bloc 2 (x-x)	55
Figure IV.22.	Superposition de la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique du bloc 2 (y-y)	55
Figure V.1.	Organigramme des stratégies de réhabilitation	60
Figure V.2.	Confortement par injection de voiles	61
Figure V.3.	Confortement par chemisage des poteaux	62
Figure V.4.	Confortement par palées de stabilité	63
Figure V.5.	Confortement par des amortisseurs	63
Figure V.6.	Vue en 3D après confortement du bloc-1-	66
Figure V.7.	Vue en plan après confortement du bloc-1-	66
Figure V.8.	Vue en 3D après confortement du bloc-1-	67
Figure V.9.	Vue en plan après confortement du bloc-2-	67
Figure V.10.	Le point de performance du bloc 1 conforté dans le sens x-x	68
Figure V.11.	Le point de performance du bloc 1 conforté dans le sens y-y	68
Figure V.12.	Le point de performance du bloc 2 conforté dans le sens x-x	69
Figure V.13.	Le point de performance du bloc 2 conforté dans le sens y-y	69
Figure V.14.	Superposition la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique du bloc 1 sens x-x	70
Figure V.15.	Superposition la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique du bloc 1 sens x-x	70
Figure V.16.	Superposition la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique du bloc 2 sens x-x	71
Figure V.17.	Superposition la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique du bloc 2 sens x-x	71
Figure V.18.	Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement du bloc 1 sens x-x	72
Figure V.19.	Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement du bloc 1 sens y-y	73
Figure V.20.	Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement du bloc 2 sens x-x	73
Figure V.21.	Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement du bloc 2 sens y-y	73
Figure V.22.	Superposition de la courbe de capacité et de la demande du bloc 1 avant et après confortement sens x-x	74
Figure V.23.	Superposition de la courbe de capacité et de la demande du bloc 1 avant et après confortement sens y-y	74
Figure V.24.	Superposition de la courbe de capacité et de la demande du bloc 2 avant et après confortement sens x-x	75
Figure V.25.	Superposition de la courbe de capacité et de la demande du bloc 2 avant et après confortement sens y-y	75

Liste des tables

	Page
Tableau III.1. Niveau général des dommages	27
Tableau III.2. attribution des poids des 11 facteurs pathologiques	29
Tableau III.3 Les facteurs applicables pour chaque critère pathologique	30
Tableau III.4 Résultats obtenus pour les poteaux du Sous-sol	37
Tableau III.5 Résultats obtenus pour les poutres principales et secondaires du Sous-sol	37
Tableau III.6 Résultats obtenus pour les poteaux du 1er étage	37
Tableau III.7 Résultats obtenus pour les poutres principales et secondaires du 1er étage	38
Tableau IV.1 Les différents niveaux d'endommagement	46
Tableau IV.2 Spectre de capacité selon les deux directions du bloc 1.	49
Tableau IV.3 Spectre de capacité selon les deux directions du bloc 2.	50
Tableau V.1 Spectre de capacité selon les deux directions du bloc 1 après confortement	68
Tableau V.2 Spectre de capacité selon les deux directions du bloc 2 après confortement	69

Introduction

I. Introduction :

Le risque sur le bâti algérien est lié à l'aléa sismique et à la vulnérabilité de la construction, raison pour laquelle une démarche globale de conception parasismique dans la construction doit être mise en place. Elle doit s'appuyer sur le respect de l'aléa sismique (tenir compte des zones sismiques), le respect de la réglementation parasismique, et la bonne mise en œuvre des matériaux et des procédés de construction.

L'Algérie telle que nous la connaissons au jour d'aujourd'hui se divise en deux bâtis :

- ❖ Un parc ancien qui n'a pas été soumis au calcul des risques sismiques et ;
- ❖ Un nouveau parc qui répond plus au moins aux normes sismiques.

Si les nouvelles constructions ont fait l'objet d'un calcul sismique, du moins après les années 80, le reste du bâti ancien est très vulnérable. C'est pour cela, qu'il est nécessaire de créer des normes spécifiques pour l'expertise, la pose du diagnostic, la réhabilitation et le confortement du vieux bâti afin de lui permettre de continuer sa servitude avec des dommages attendus très élémentaires.

I.1 Origine des parcs immobiliers en Algérie :

❖ Parc ancien d'Alger :

Le parc ancien est constitué de structures du temps de l'ère coloniale. Après la reconquête et la réappropriation des villes à la suite du départ des Européens à l'indépendance du pays, le parc immobilier a été libéré, et ce sont ces infrastructures que l'on considère comme parc ancien, ces dernières n'ont pas fait l'objet de calcul aux séismes. Ce qui les rend très vulnérables vu l'absence de réglementation parasismique à cette époque-là.

❖ Nouveau parc d'Alger :

Le nouveau parc est constitué de structures construites après l'ère coloniale qui ont été conçues pour une meilleure résistance aux séismes et une meilleure réponse aux critères élaborés par le code parasismique algérien.

I.2 Historique du code parasismique algérien (1980–2003) :

Marqué par le séisme d'El Asnam en octobre 1980, le premier règlement parasismique algérien (RPA) a vu le jour à cette époque suite à des recommandations des pouvoirs publics pour que de telles catastrophes ne se reproduisent plus. Le RPA a été cependant révisé en 1981, 1983 et 1988 à chaque fois pour des considérations soient économiques ou sécuritaires.

En 1999, et dans le contexte du séisme d'Ain-Temouchent, le RPA a été une nouvelle fois révisé. Le même règlement a été par la suite révisé suite au séisme dévastateur de Boumerdès en 2003. Des mesures parasismiques plus draconiennes sont alors imposées aux nouvelles constructions ainsi qu'aux infrastructures et ouvrages publics.

❖ Principales modifications du code parasismique :

Les premières mesures parasismiques étaient de doter le pays d'une réglementation typiquement Algérienne qui tient compte de nos spécificités (ceinture Alpine, des séismes faibles à modérés, une industrie immobilière naissante, élaboration de méthodes de calcul qui comporte des coefficients et des paramètres sismiques qui

Introduction

s'adaptent au contexte Algérien). Toutes ces recommandations ont donné naissance au premier règlement parasismique Algérien (le RPA 80). Cependant, il a été révisé en 1988 suite à une série de séismes ayant touché le centre et l'ouest Algérien (Béni Chougrane, Ain Témouchent, Mascara,...). Les concepteurs du règlement se sont rendu compte, tel qu'il conçu, qu'il est très économique et pas du tout sécuritaire et que des coefficients de sécurité plus élevés ont été introduits. Suite à ces séismes, le R.P.A. fut révisé surtout en termes de zonage sismique, tout en y incluant des nouvelles méthodes de calcul à savoir, la méthode statique équivalente et la méthode dynamique spectrale ce qui donna la version RPA 99. Le séisme de Boumerdès /Alger 2003 vient corriger pour la 5^{ème} fois cette réglementation, qui s'est traduite par les modifications des zones en faisant passer principalement Alger et Boumerdès en zone III au lieu de IIa ainsi que des modifications sur le système de contreventement en fonction de la hauteur des constructions et des zones sismiques.

I.3 Introduction de la problématique :

L'urbanisme est en train de se redéfinir et de se construire à travers les temps, tout en appliquant la nouvelle réglementation parasismique en vigueur pour limiter les dégâts matériels et les pertes humaines. Pour que cette protection des vies humaines et des biens soit très efficace, il y a lieu de réhabiliter le bâti ancien et de le mettre aux normes nouvelles. Dans le parc ancien du bâti algérien, nous allons nous concentrer sur les le bâti hospitalier, et plus particulièrement sur le CHU Mustapha Pacha (Alger). Notre choix s'est porté sur cette catégorie de constructions pour son importance vitale et sa vétusté avérée.

I.4 Objectifs de cette étude :

Dans cette étude sur le pavillon d'Urologie de l'hôpital Mustapha Pacha, nous nous sommes fixé comme objectifs :

- ❖ La réalisation de son expertise en procédant par une approche visuelle des pathologies ainsi que le calcul de l'indice de vulnérabilité de cette structure ;
- ❖ Le confortement de l'expertise par une approche complémentaire en utilisant des mesures in situ (essais non destructifs) ;
- ❖ La pose un diagnostic à propos du pavillon d'urologie du CHU Mustapha Pacha (Alger),
- ❖ L'évaluation des désordres sur la structure par une approche non linéaire de type push over ;
- ❖ La proposition d'une réhabilitation éventuelle.

Ce projet s'inscrit dans une approche : d'expertise, pose de diagnostic, évaluation des dommages et réhabilitation d'un ouvrage névralgique.

Chapitre I

Le bâti hospitalier Algérien et le pavillon d'urologie du
CHU Mustapha pacha

I.1) Différents bâtis hospitaliers réalisés durant l'ère coloniale

L'état colonial a réalisé quelques hôpitaux, la plupart ont été implantés dans les grandes agglomérations. Parmi ces hôpitaux, nous pouvons citer :

I.1.1) Centre Hospitalier et Universitaire Bab El Oued (Maillot) :

a) Historique :

L'ancien palais d'été du dey Hassan Pacha. En 1917, l'hôpital du dey est rebaptisé François Clément Maillot, du nom du médecin qui codifia l'usage de la quinine contre le paludisme en 1834. C'est le plus ancien des établissements hospitaliers d'Afrique du Nord. Après l'indépendance, il continue à être l'hôpital militaire d'instruction des armées.

En 1988, l'hôpital est cédé au service du Ministère de la Santé. Plus récemment, il est rebaptisé du nom du Chahid Lamine Debaghine.



Figure I.1 CHU Bab El Oued (Maillot)

b) Constitution du CHU :

En date du 2 février 1988 et par le décret N° 88-20 ; le Centre Hospitalo-universitaire de Bab El Oued fut créé. Il s'étend sur une superficie de 18 960 m², dont 10 630 m² de surface utile (bâti). Les missions du Centre Hospitalo-universitaire se résument en quatre tâches essentielles :

- ❖ Les Soins (Généraux et Hautement Spécialisés).
- ❖ La Formation Médicale et Paramédicale
- ❖ La Recherche Scientifique
- ❖ Explorations Spécialisées (Centre National de Radiologie, Médecine Nucléaire et un Centre de Référence Toxicologique)

I.1.2) Centre Hospitalier et Universitaire Nedir Mohamed (Tizi-Ouzou) :

a) Historique :

L'hôpital Nedir Mohamed est une structure sanitaire, sise au centre de la ville de Tizi Ouzou, qui dépend du centre hospitalo-universitaire de Tizi Ouzou, cet hôpital répond aux besoins de toute la Kabylie (Tizi-Ouzou, Bejaïa et Bouira) et de la wilaya de Boumerdès, et qui relèvent de la Direction de la Santé et de la Population de la wilaya de Tizi-Ouzou. Cet hôpital comprend aussi une annexe qui est l'hôpital Sidi Belloua.



Figure I.2 CHU Nedir Mohamed (Tizi-ouzou)

b) Constitution du CHU :

Cet hôpital est l'un des hôpitaux en Algérie qui relèvent du Ministère de la Santé et de la Réforme hospitalière

La commune de Tizi Ouzou a été dotée d'un Centre hospitalier universitaire (CHU) créé en février 1986, constitué de deux unités principales d'une capacité de 900 lits comptant 3487 employés dont 981 constituent l'effectif médical, 1067 paramédicaux et psychologues, ainsi que 1439 éléments du personnel administratif et autres répartis en 42 services implantés à l'Hôpital Nedir Mohamed

I.1.3) Centre Hospitalier et Universitaire d'Oran :

a) Historique :

L'origine du centre Hospitalier Régional d'Oran remonte en 1877, année où fut mise en chantier la construction du premier pavillon du nouvel hôpital. Le CHUO appelé autrefois l'hôpital civil du plateau « saint Michel » a été baptisé au lendemain de l'indépendance du nom du martyr le Docteur Benzerdjeb.



Figure I.3 CHU d'Oran

b) Constitution du CHU :

Le centre hospitalier régional d'Oran couvre une superficie de 24 hectares et comprend en plus de 54 services dont 13 extra-muros. Il a une capacité de plus de 1600 lits et de 6000 travailleurs. Le centre est administré par une commission administrative assisté d'une commission médicale consultative.

Cet ensemble deviendra, par suite de la création de la faculté de médecine d'Oran, et conformément aux dispositions de l'ordonnance 58-1373 du 30 décembre 1958, le « Centre Hospitalier et Universitaire d'Oran ».

I.1.4) Centre Hospitalier et Universitaire Mustapha Pacha :

Le centre hospitalier universitaire (CHU) Mustapha Pacha est situé sur la commune de Sidi M'hamed à Alger. Il est considéré comme étant l'un des plus grands hôpitaux d'Algérie. [9]

a) Historique :

L'origine de l'hôpital Mustapha Pacha prend ses origines au 19e siècle à la suite du don d'un riche colon nommé Fortin à la ville d'Alger d'une somme de 1 200 000 francs pour la construction d'un hôpital civil.



Figure I.4 CHU Mustapha Pacha

b) Constitution du CHU :

Il s'agit en fait d'un hôpital de type militaire constitué de baraquements, sur un terrain huit (8) hectares. Au tout début, il ne contenait que 14 pavillons en dur sur les plans de l'architecte-Jules-Voinot.

Les premiers services ouverts sont ceux de pédiatrie en 1883 et d'obstétrique en 1884. Décidés en 1920, les agrandissements, exigés par l'accroissement démographique et les exigences de soins, vont faire que le nombre de pavillons va doubler en 1930 pour atteindre la trentaine. Poursuivis en 1944, ils n'ont jamais cessé, y compris après l'indépendance du pays.

I.2) Description et état des lieux du pavillon d'urologie :

Dans le cadre de la préparation du mémoire de Master II option structures, nous nous sommes intéressés au pavillon d'Urologie du C.H.U. Mustapha Pacha qui se veut un service très important de par le nombre de malades qu'il accueille chaque jour. Néanmoins, ce pavillon est dans un état de résistance très précaire du fait qu'il date de l'ère coloniale, et malgré les opérations de réhabilitation dont il a bénéficié, ce pavillon reste très vulnérable. L'objet de ce mémoire est de le réhabiliter, surtout par rapport aux actions sismiques, pour qu'il puisse continuer de servir les malades.

I.2.1) Le bloc d'urologie :

Notre bloc d'urologie est le bloc qui porte le numéro 14 sur le plan de masse de l'hôpital Mustapha pacha (Figure II.I.1) portant le nom de Jean-Dominique Sabadini (à sa réalisation), le pavillon d'urologie perpétue ainsi la mémoire d'un médecin qui, de 1885 à 1911, fut à Alger chirurgien des hôpitaux. Le service, lui, fut fondé en 1941, par transformation d'un service de chirurgie générale en service spécialisé et à la demande du titulaire de ce service [9].

Jusqu'à cette époque, l'urologie se trouvait à l'hôpital Parnet (Hussein-Dey) et fonctionna pendant la guerre, avec plus de 200 lits. Créé à la Faculté d'Alger en 1945, la chaire d'urologie est venue s'installer à l'hôpital où le pavillon s'est ouvert en mars 1953.

I.2.2) Description du bâtiment et du système structural :

a) Description de l'ouvrage :

La clinique d'Urologie est un ancien bâtiment datant des années quarante. Il est composé de 4 blocs distincts séparés chacun par des joints de dilatation de 4 cm.

Le bâtiment initial comprenait deux pavillons seulement et de plus complètement distincts : le pavillon « Diday-Leloir » et le pavillon « Marion ». Le premier constitue les blocs actuels I et II, tandis que le second constitue les blocs III et IV ayant subi par la suite des modifications (Voir vue en plan du bâtiment) (Figure I.6).

En raison de l'importance des activités assurées par la clinique, il a été décidé de procéder à d'importantes modifications. Ainsi, un nouveau pavillon a été construit entre les deux anciens permettant leur liaison, il constitue l'actuel bloc III qui abrite le hall central, la cage d'escalier et le monte-malades. Le pavillon Marion quant à lui a subi une extension ayant permis l'augmentation de sa superficie.

En raison de la variété de ses matériaux constitutifs, le système structurel du bâtiment est difficile à définir. En effet, l'ossature est en portiques (poteaux-poutres) en béton armé pour les blocs I, II et III.

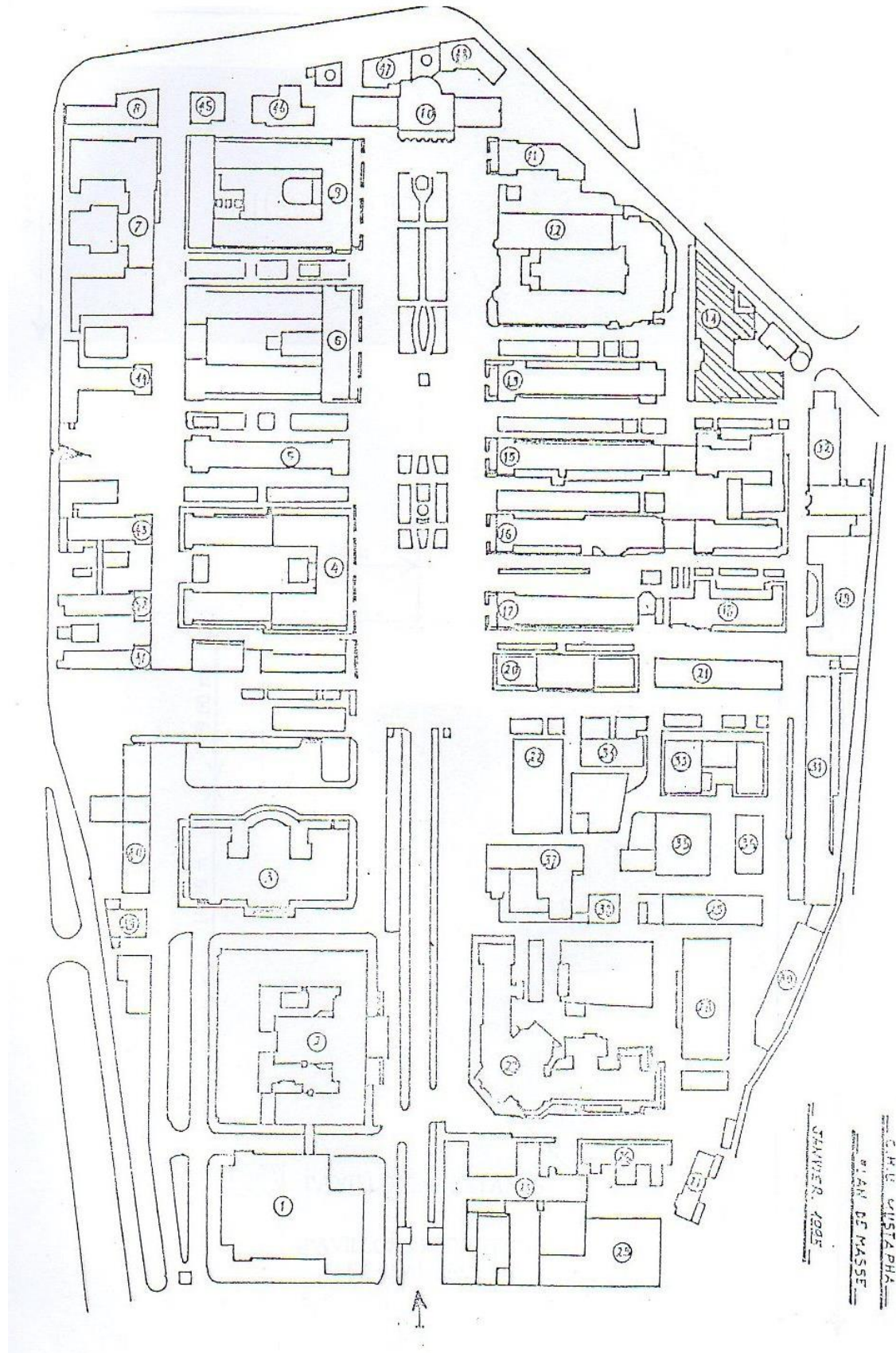


Figure I.5 Plan de masse de Mustapha Pacha

b) Description du système structural :

Les poteaux formant l'ossature de la structure sont de deux types : circulaire et rectangulaire. Les poteaux circulaires existent uniquement au niveau des blocs III et IV, ils supportent le plancher évidé du bloc III. Ils sont situés longitudinalement au milieu de la travée du bloc IV, et sont chaînés dans un sens (transversal), mais pas dans l'autre (longitudinal). Les poteaux rectangulaires par contre sont tous des poteaux de rives. Ces poteaux ainsi que les murs d'allèges sont chemisés par des briques pleines en mortier de béton de 10 cm d'épaisseur.

Les dimensions en plan du pavillon sont de 57,23 x 35,53 m avec une hauteur totale de 19,3 m. avec une superficie totale de plancher de la clinique est de 5422 m² répartie comme suit :

- ❖ Bloc I: 776 m².
- ❖ Bloc II: 1000 m²
- ❖ Bloc III : 905 m²
- ❖ Bloc IV: 274 1 m²

Les blocs constituant le bâtiment comprennent :

- ❖ un sous-sol (avec cours anglaises) de hauteur $h = 4,00$ m
- ❖ un rez-de-chaussée de hauteur $h = 4,20$ m
- ❖ 3 étages de hauteur $h = 3,70$ m

En raison de la simplicité de son système structurel (système de portiques), de sa forme géométrique régulière nous allons faire l'expertise des blocs I et II étant donné que les deux autres se trouvent dans le même état de conservation.

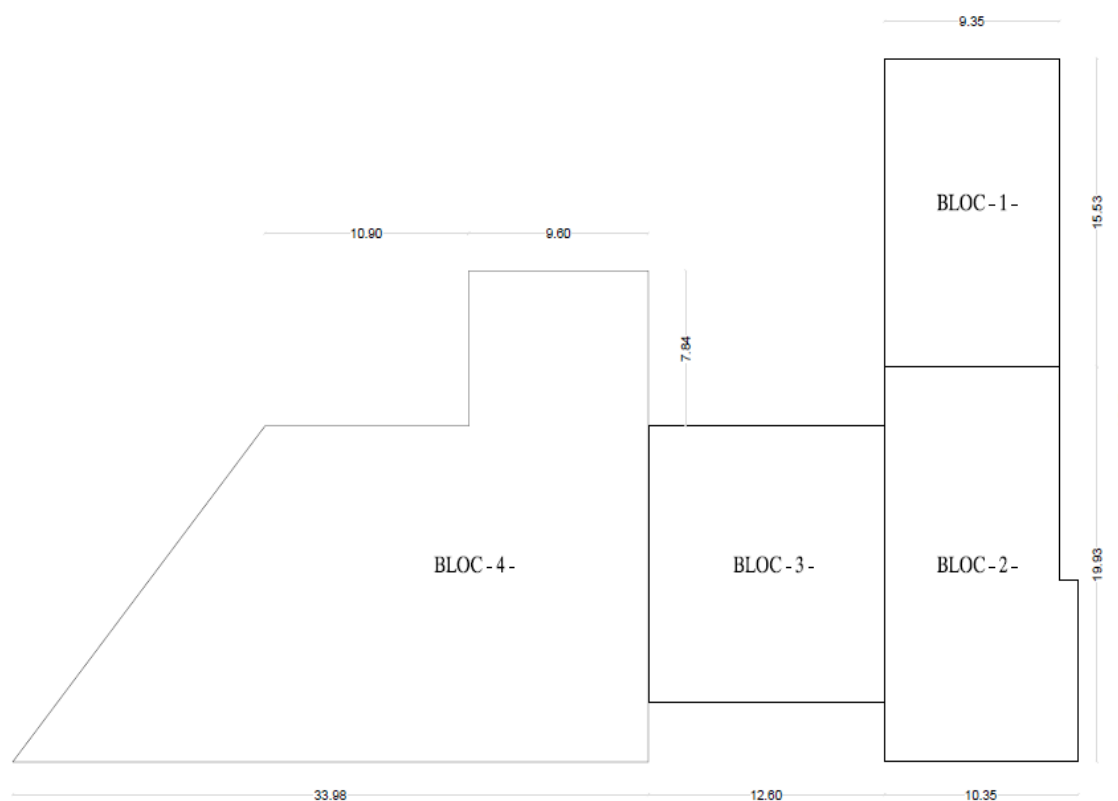


Figure I.6 Vue en plan actuel de la clinique d'urologie

c) Description des blocs étudiés et du système de fondation :

❖ Description du bloc 1 :

Le bloc étudié est le bloc I de la clinique d'urologie. Il présente une configuration géométrique très simple et un système structural en portique en béton armé. Il est constitué d'un sous-sol, d'un rez-de-chaussée et de trois étages de hauteur totale de 19,3 m. Les dimensions en plan de ce bloc sont de 15,25 x 8,85 m, soit une superficie totale de 776 m². Le système structural est constitué de 2 portiques dans le sens longitudinal et de 5 portiques dans le sens transversal. Les poteaux sont chemisés par de la brique pleine en mortier de béton de 10 cm d'épaisseur. Les poutres sont de dimensions 30 x 80 cm dans le sens transversal et de 35 x 40 cm dans le sens longitudinal. Le plancher est en corps creux de 20 cm d'épaisseur voir (Figure I.8, Figure 1.10)

❖ Description du bloc 2 :

Le bloc étudié est le bloc II de la clinique d'urologie. Il présente une configuration géométrique simple et un système structural en portique en béton armé. Il est constitué d'un sous-sol, d'un rez-de-chaussée et de trois étages. De hauteur totale de 19,3 m, les dimensions en plan de ce bloc sont de 20,08 x 10,65 m, soit une superficie totale de 1000 m². Le système structural est constitué de 3 portiques dans le sens longitudinal et de 6 Portiques dans le sens transversal. Les poteaux sont chemisés par de la brique pleine en mortier de béton de 10 cm d'épaisseur. Les poutres sont de dimensions 30 x 80 cm et 30 x 40 cm dans le sens transversal et de 35 x 40 cm dans le sens longitudinal. Le plancher est en corps creux de 20 cm d'épaisseur. (Figure I.9, Figure 1.11)



Figure I.7 Bloc-1-



Figure I.8 Bloc -2-

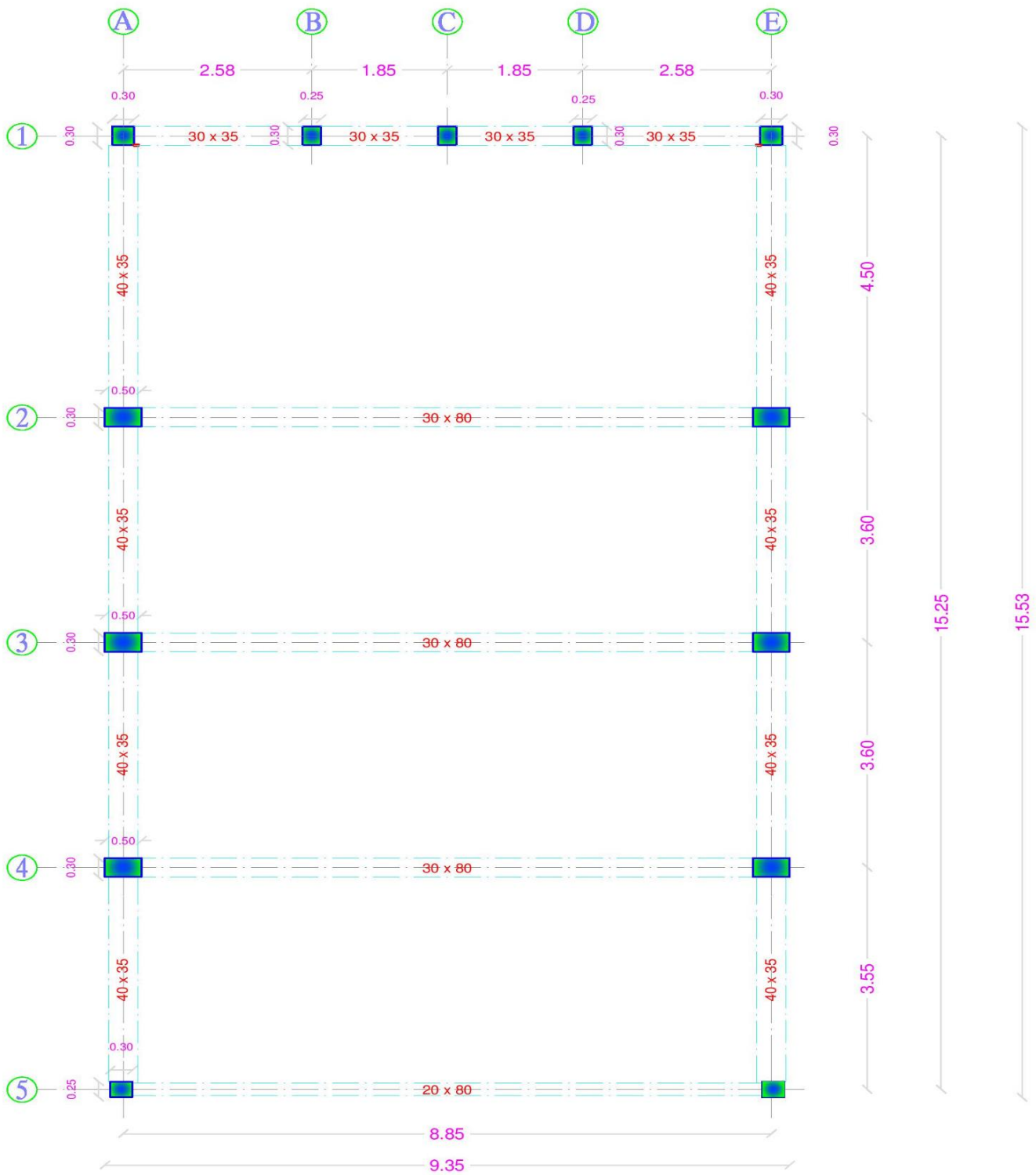


Figure I.9 vue en plan du bloc -1-.

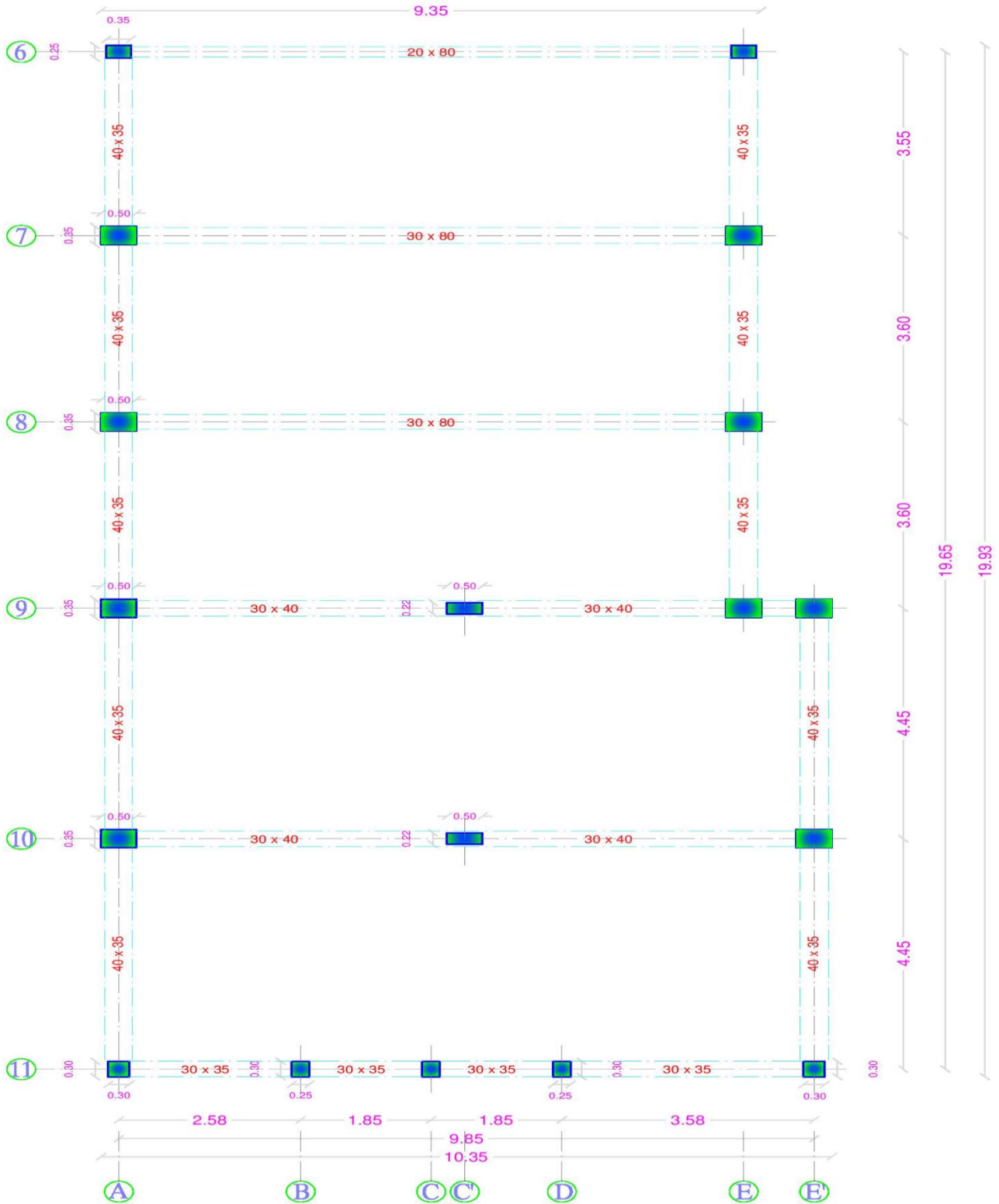


Figure I.10 vue en plan du bloc -2-

d) Conditions de sol et système de fondations :

Selon le rapport de « Synthèse des données géologiques, sismotectoniques et géotechniques [2], le site de l'hôpital ne présente aucun risque d'instabilité au glissement. Dans la partie nord du site, lieu d'implantation de notre ouvrage, il y'a présence d'une formation de molasse peu profonde, sur laquelle notre structure prend appui par l'intermédiaire de semelles isolées, les conditions de sol sont dans l'ensemble moyennes à bonnes.

e) Importance du pavillon :

L'urologie est la spécialité chirurgicale qui s'occupe de la prévention, du diagnostic et du traitement des maladies de l'appareil uro-génital de l'homme et de l'appareil urinaire de la femme.

Le service d'urologie de Mustapha se divise en 2 secteurs : la polyclinique au sein de laquelle plus de 10 000 consultations ambulatoires ont lieu chaque année, et la clinique dans laquelle 1500 patients par an bénéficient des soins et des interventions chirurgicales nécessitant une hospitalisation. Hormis soigner, le service d'Urologie assure également 2 missions liées à son appartenance à l'Hôpital Universitaire : l'enseignement pré-gradué aux étudiants en médecine et la formation post-graduée des médecins. Pour ce faire, 9 médecins spécialisés en urologie collaborent avec le chef de service, un médecin adjoint, 2 chefs de clinique et 7 médecins internes en formation. L'ensemble de cette équipe médicale est secondé par le personnel infirmier et paramédical ainsi qu'administratif, qui comporte respectivement 21 (dont 14 infirmiers et 7 aides-soignants) collaboratrices et collaborateurs essentiels à la bonne marche du service. [2]

Sur le plan de l'infrastructure, le service d'urologie dispose de 200 lits d'hospitalisation, son importance réside dans le fait de pouvoir subvenir aux besoins de la capitale et de sa périphérie on y envoie la plupart des cas jugés graves. Afin d'offrir des soins plus adaptés et spécifiques, l'activité du service d'urologie de Mustapha a été subdivisée en plusieurs consultations spécialisées, notamment celles prenant en charge les calculs urinaires, les cancers (uro-oncologie), l'incontinence urinaire (uro-dynamique et uro-gynécologie), la stérilité et l'impuissance masculine (andrologie).

f) Importance de l'évaluation de la structure à la réponse sismique :

Le séisme du 21 mai 2003 qui a secoué la région de Boumerdès et les localités avoisinantes a montré encore une fois que le nord de l'Algérie est une zone à haute activité et risque sismiques, et qu'une grande partie de son patrimoine bâti ne répond pas aux normes sismiques.

La nature de la secousse sismique qui n'était que d'une intensité moyenne (Magnitude de 6,8 sur l'échelle de Richter) a occasionnée des dégâts matériels et des pertes en vies humaines considérables. En effet, le coût des dégâts était faramineux et les pertes en vie humaine ont dépassé les 3000 victimes.

Pour réduire le risque et préserver les vies humaines et les biens matériels des dangers qu'ils encourent (sachant que le nord de l'Algérie est sujet à ce genre de séisme), il a été décidé de procéder à l'étude de vulnérabilité des bâtiments dits stratégiques qui, dans une première phase ne concernera que certains édifices de la Capitale. Cela, est dû, en premier lieu, à la méconnaissance des séismes à venir et c'est pour cela,

d'ailleurs, qu'ils ont procédé à un changement de zone pour la capitale dans le RPA. [19]

Dans ce cadre, le centre hospitalo-universitaire Mustapha, l'un des principaux hôpitaux de la capitale a été désigné par le Ministère de la Santé en raison de son envergure et de l'importance des activités qu'il assure à être réhabilité (conforter), notre mémoire rentre dans cette perspective et porte sur la clinique d'urologie.

g) Historique des études au préalable :

L'État avait commandé une étude de vulnérabilité pour tous les ouvrages névralgiques après le séisme de Boumerdès, bien qu'il existe, déjà, un rapport alarmant de 1997 faisant état de l'urgence de déclasser l'hôpital Mustapha Pacha et l'unité de la Protection civile du port, qui ne résisteraient pas à un nouveau séisme. Cette recommandation n'est toujours pas prise en considération. Mohamed Naboussi Farsi, chef de département au Centre national de recherche appliquée en génie parasismique, appuie l'idée que les sites stratégiques d'Alger ne pourraient pas faire face à un tremblement de terre de la même puissance que celui de Boumerdès. En 2006, on parlait déjà du déclassement de l'hôpital Mustapha Pacha d'Alger qui ne résisterait pas à un fort séisme [10]

L'hôpital avait attiré l'attention du CGS depuis le séisme d'El Asnam en 1980. A cette époque, en imaginant un scénario en cas de séisme, le CGS avait buté sur le problème d'accès à l'hôpital, site stratégique en cas de tremblement de terre. Cette problématique a été posée dans le cas où l'hôpital tiendrait le coup et ne céderait pas à la secousse. Mais l'étude approfondie ne fut effectuée qu'en 1990 et les résultats ont été connus en 1997. Menée par le CGS, l'étude avait montré que 80% des salles ne résisteraient pas à un séisme de même magnitude que celui de Boumerdès en 2003. [2]

Les réaménagements effectués depuis des années n'ont pas été faits dans l'idée de garantir une tenue anti sismique. Ils ont donc constaté qu'il était important de déclasser la majorité des services et que cet hôpital ne pouvait plus être considéré comme un bâtiment stratégique.

I.3) Individualisation des zones sources sismiques :

I.3.1) Les différents zonages sismiques proposés pour le Maghreb :

En nous appuyant sur les zonages existants et à l'aide des données géologiques et sismiques, nous avons donc étendu l'interprétation du zonage sismique à l'ensemble du bassin méditerranéen occidental [18].

Le principe utilisé pour la réalisation du zonage s'appuie sur les démarches mises en œuvre classiquement dans le cadre de zonages sismiques.

A partir de l'analyse des données géologiques et sismologiques, c'est-à-dire à une région dont les caractéristiques sont suffisamment homogènes pour que l'on puisse envisager l'occurrence d'un séisme analogue à un séisme historiquement connu, puis compte tenu des données disponibles en termes de distribution des intensités et magnitudes, de localisation des épacentres et de profondeur des foyers, chaque zone est caractérisée par les séismes les plus forts connus.

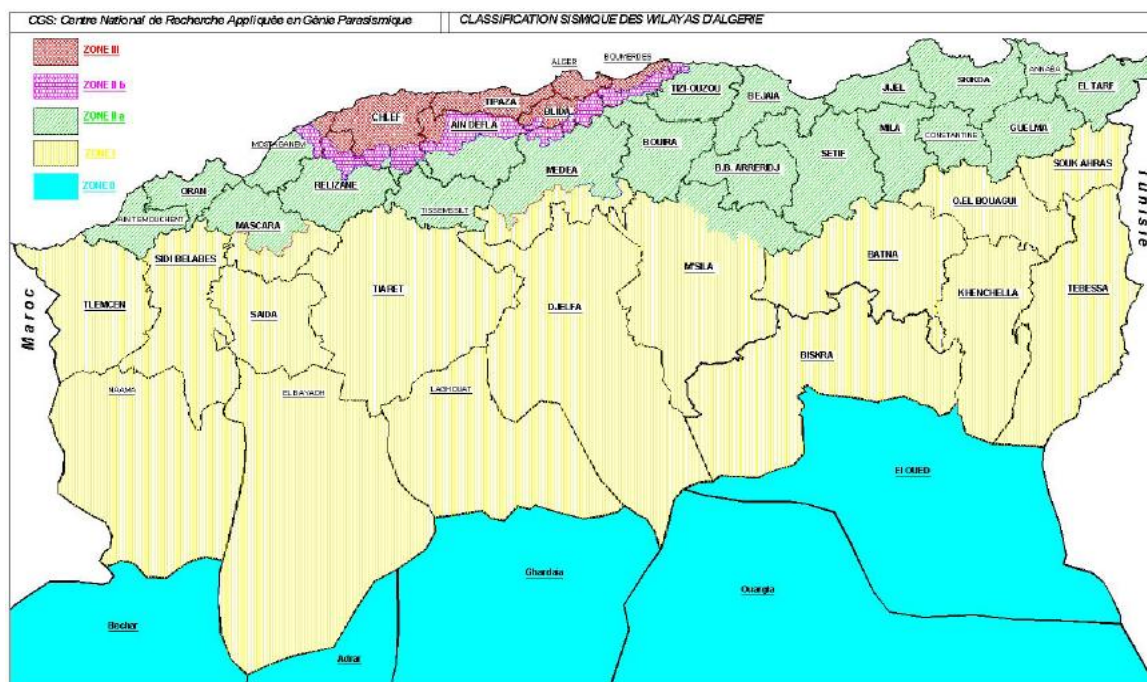


Figure I.11 carte des zones sismiques de l'Algérie

I.3.2) Le rôle du RPA dans les différents zonages sismiques :

À ce titre, il est utile de rappeler que les RPA visent un double objectif :
Protéger les vies humaines en évitant l'effondrement des ouvrages sous l'effet d'un séisme majeur, rare, en limitant le choix des systèmes constructifs ainsi que la hauteur des ouvrages en fonction de l'importance de la sismicité de la zone d'implantation. [19]

Ainsi, la présente révision à court terme du RPA 99, intitulée MODIFICATIFS ET COMPLÉMENTS AUX RPA 99, porte essentiellement sur deux volets :

- ❖ Révision du zonage sismique du RPA 99.
- ❖ Nouvelles prescriptions, plus restrictives, pour le système de portiques autostables en béton armé (système poteaux-poutres).

I.3.3) Les différents zonages sismiques selon le RPA :

Le territoire national est divisé en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies sur la carte des zones de sismicité et le tableau associé qui précise cette répartition par wilaya et par commune, soit :

Zone 0	:	sismicité négligeable
Zone I	:	sismicité faible
Zones IIa et IIb	:	sismicité moyenne
Zone III	:	sismicité élevée

La zone III : est une zone à sismicité élevée qui nécessite l'application des critères spécifiques proposés par le RPA afin d'assurer la sécurité, dont notre ouvrage dont il aurait besoin.

I.4) Conclusions :

Nous avons vu lors de ce chapitre que les CHU existant en Algérie ont été construits durant l'ère coloniale et de ce fait ils sont considérés comme une partie intégrante au patrimoine algérien. Néanmoins, ils sont devenus vétustes et sujet à des dégradations au fil du temps, ayant connaissance du risque encouru pas **moins de 1000 milliards de dinars sont « prévus pour la réhabilitation de 15 CHU, répartis à travers le territoire national, et la construction de cinq autres dans cinq wilayas du pays ».**

Notre travail porte sur le pavillon d'urologie du CHU Mustapha pacha, **l'objectif de notre étude** consiste dans un premier lieu à évaluer l'aptitude du pavillon à faire face aux séismes, et dans un second lieu, proposer un confortement si nécessaire.

Notre structure fut calculée au séisme avec l'ancienne réglementation (sa première réhabilitation des années 90), Toutefois, le calcul fait à cette époque n'est plus en adéquation avec les normes du RPA 99 modifiée 2003, d'où la nécessité de vérifier la structure en appliquant les nouvelles normes préconisées dans le RPA 99 version 2003 à savoir :

La classification de la wilaya d'Alger en zone III, conduisant ainsi à une augmentation des accélérations sismiques à travers le coefficient « A » (coefficient de zone RPA99).

Chapitre II

Relevé des facteurs pathologiques du pavillon d'urologie

Chapitre II :

II.1) Généralités :

Le classement des causes principales de désordres pour les ouvrages en béton armé correspond au classement type, basé sur la division des responsabilités entre les concepteurs (y compris les calculs) et les réalisateurs (exécution sur chantier).

Une étude des pathologies d'un ouvrage se décompose en plusieurs phases. Celle-ci commence par une visite de l'ouvrage accompagné d'un relevé détaillé des différentes pathologies présentes sur les ouvrages. Ensuite, nous procédons à un diagnostic afin de connaître l'origine des pathologies pour préconiser d'une part le classement de l'état de l'ouvrage et d'autre part les travaux de réparation, confortement à réaliser.

II.2) Les Pathologies de vulnérabilité :

Les pathologies peuvent être classées en plusieurs familles :

- ❖ Les dégradations superficielles.
- ❖ Les déformations.
- ❖ Les fissurations.
- ❖ Les dégradations d'ordre structurel.

Cependant, il est nécessaire de distinguer les pathologies existantes à l'origine, telles que le bullage et les nids de cailloux, et celles apparaissant dans le temps comme les fissures.

***Remarque vis-à-vis des pathologies :

Étude des désordres affectant un bâtiment ou un matériau en œuvre, une étude pathologique comprend :

- L'observation et l'analyse des symptômes et de leur processus de formation, ainsi que des conditions de mise en œuvre.
- L'établissement d'un diagnostic sur les causes probables et sur les risques d'évolution du désordre.

II.3) Inspection visuelle d'une structure :

Les inspections visuelles permettent de vérifier l'état et le fonctionnement de l'ouvrage en service. L'observation et le relevé de l'état intérieur de l'ouvrage sont réalisés directement par un personnel spécialisé. Les dégradations sont repérées et localisées, moyennant des outils de mesure de distance. L'ensemble des désordres est reporté sur un document graphique et dans un tableau.

Les anomalies doivent être qualifiées en termes de nature du défaut et quantifiées en termes de forme et d'orientation. Les résultats des visites sont exploités en analysant les dégradations relevées sur l'ouvrage et la recherche sur site des éventuelles corrélations avec l'environnement proche de celui-ci.

L'exploitation des visites antérieures permet de juger l'évolution des dégradations et l'importance du paramètre temps comme facteur aggravant.

Chapitre II :

II.4) État des lieux :

Dans ce qui va suivre nous allons procéder à une expertise visuelle qui nous conduira à noter le niveau général et de relevé les pathologies de vulnérabilité qui pourrait nuire à notre structure.

II.4.1) Expertise visuelle de l'ouvrage :

L'aspect extérieur du bâtiment ne présente aucune anomalie ni désordre apparent. Les éléments structuraux et non structuraux ne présentent aucun signe d'avarie, excepté (les légères fissures au niveau de quelques murs de remplissage). Le joint séparant le bloc I et II a par contre travaillé au cours du séisme de Boumerdès.

On signale cependant des infiltrations d'eau localisées en plusieurs endroits notamment au niveau des chutes d'eau, de la salle (le radio et de l'ancienne cuisine, ce qui peut évidemment nuire à la stabilité des éléments structuraux et à la fiabilité des équipements.

En conclusion et compte tenu de ces constatations, le bâtiment est jugé globalement en bon état.

II.4.2) Pathologies remarquées :

II.4.2.1) Fissure :

Les fissures remarquées sur les poteaux sont visibles à l'œil nu, affectant aussi les surfaces de maçonnerie, d'un dallage, d'appareil sanitaire, etc.

Par convention, la fissure a entre 0,2 et 2 mm de largeur ; au-dessous il s'agit d'un faïençage ou d'un simple fil ; au-dessus, la fissure est une lézarde, les fissures relevées sur les lieux sont illustrées dans les figures II.1 et Figure II.2.

Dans leur majorité, les fissures n'ont qu'un inconvénient esthétique : fissure de retrait, ou de mouvement différentiel à la jonction de deux matériaux appart celle remarquer dans les poteaux.



Figure II.1 Lézarde d'un mur



Figure II.2 Fissure au niveau du sous-sol

Chapitre II :

II.4.2.2) Infiltration d'eau :

On parle d'infiltrations d'eau lorsque l'eau de pluie pénètre dans les parois ou le toit de votre habitation. Elle finit par imbiber les murs intérieurs, ce qui peut causer de graves dégâts, les infiltrations d'eau peuvent aussi être présentes dans les caves, les sous-sols ou toute autre partie de la maison enterrées ou semi-enterrées comme remarquer sur les figures II.3 et figure II.4.

L'eau imprègne d'abord l'extérieur des murs et envahit peu à peu l'intérieur sous la pression exercée par le sol. Les infiltrations d'eau sont, avec les remontées capillaires, la pression hydrostatique, une mauvaise ventilation et les causes accidentelles, l'une des sources principales d'humidité à l'intérieur des habitations.



Figure II.3 Infiltration d'eau sous-sol



Figure II.4 Infiltration d'eau dernière étage

II.4.2.3) L'âge de la construction :

L'âge de la construction est relié directement aux méthodes de calcul et de construction y compris les exigences sismiques du code en vigueur, il constitue un facteur important dans la détermination du degré de vulnérabilité d'un bâtiment ce qui est une pathologie de vulnérabilité dans notre cas ayant connaissance que la structure fut construite en 1943 voir (figure II.5).



Figure II.5 Mustapha Pasha en 1945

Chapitre II :

II.4.2.4) Système poteaux faibles, poutres fortes :

Quelques fois, les structures en portiques, sont réalisées en poteaux de sections faibles par rapport à celles des poutres, donc les poteaux atteignent leur limite de résistance avant les poutres ce qui risque de fragiliser la structure portante voir (Figure II.6). La stabilité de la structure peut être rompue par la formation des rotules plastiques dans les poteaux. Par conséquent, on doit toujours respecter le principe poteau fort, poutre faible [3].

II.4.2.5) Structure élancée en élévation :

Par notre structure comporte un rez-de-chaussée un sous-sol et trois étages, ce qui fait un total de 19,3 m voir (Figure II.6 Figure II.7)
Alors cette dernière ne satisfait pas le texte du RPA défini pour la zone III [19].

II.4.2.6) Symétrie structurale et contreventement :

Le système structural tel que décrit précédemment n'a été conçu que vis-à-vis des charges verticales. En effet, les poutres de dimensions 30 x 80 assurent la diffusion des charges due au poids du plancher et des surcharges aux poteaux qui les transmettent aux fondations. La retombée de 30 cm de la poutre correspond approximativement au dixième de la portée entre nus des poteaux égaie à 8,85 m.

D'une manière générale, la structure se comporte bien aux charges gravitaires.

En ce qui concerne le système de contreventement, la structure ne possède que deux travées au plus dans le sens transversal, et deux files de portiques par étage dans le sens longitudinal. Cette configuration est évidemment insuffisante compte tenu des exigences du code parasismique [19] qui recommande au moins 3 travées et 4 files de portiques dans la direction des forces latérales voir (Figure II.8 Figure II.9). La résistance latérale de la structure vis-à-vis des forces sismiques est insuffisante et ne peut être assurée à elle seule par les poteaux. De plus, la disposition en plan des éléments porteurs et l'hétérogénéité des matériaux constitutifs imposent à la structure un comportement difficile à définir et prévoir.

En conclusion, la structure présente une mauvaise conception aux charges sismique, et sa résistance latérale ne peut être assurée par le système de contreventement existant.

II.4.2.7) Condition du sol :

Selon le rapport de « Synthèse des données géologiques, sismotectoniques et géotechniques », le site de l'hôpital ne présente aucun risque d'instabilité au glissement.

Dans la partie nord du site, lieu d'implantation de notre ouvrage, il y'a présence d'une formation de molasse peu profonde, sur laquelle notre structure prend appui par l'intermédiaire de semelles isolées. Les conditions de sol sont, dans l'ensemble, moyennes à bonnes. [16]

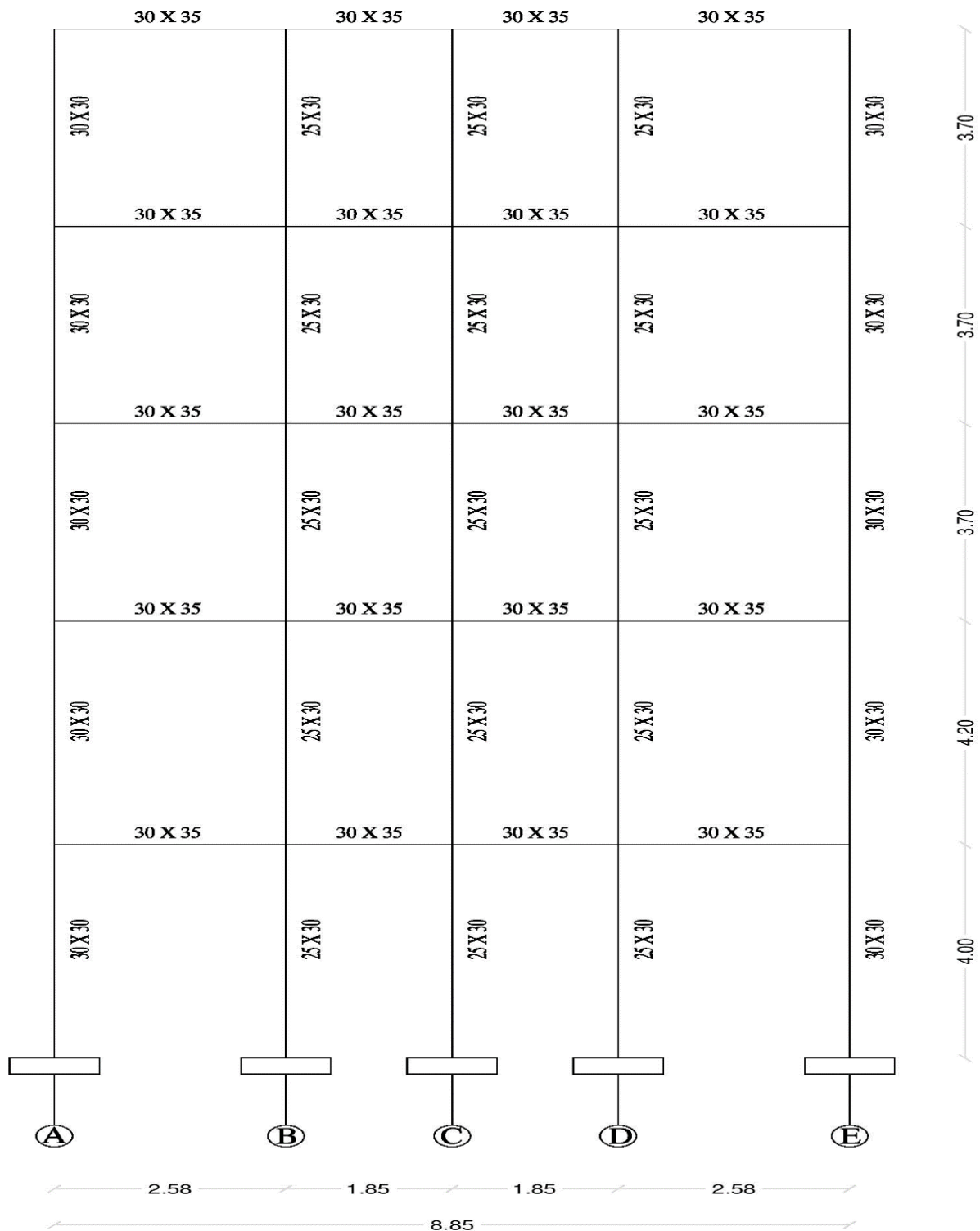


Figure II.6 vue en élévation du bloc -1- portique 1

Chapitre II :

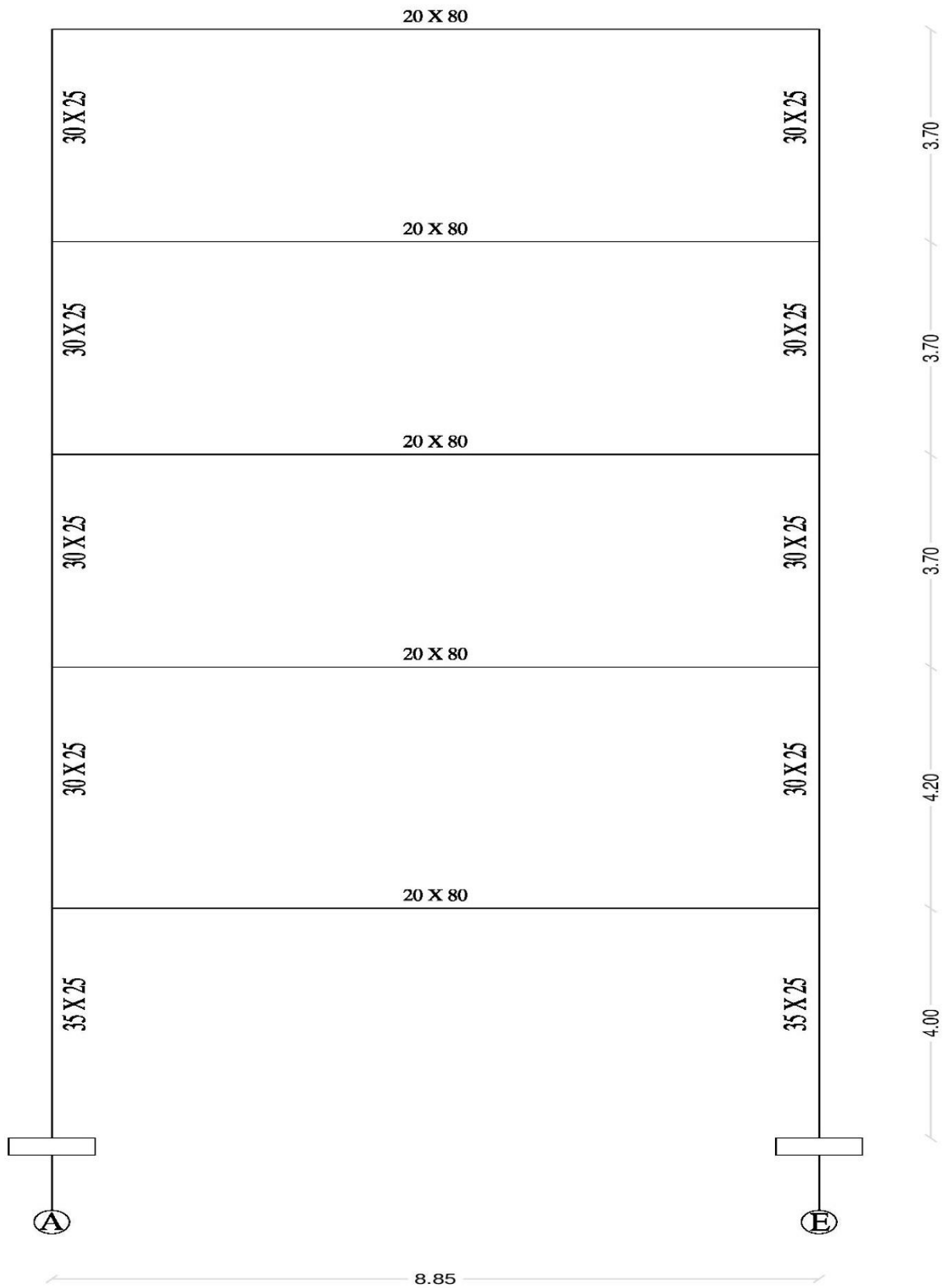


Figure II.7 vue en élévation du bloc -1- Portique 5

Chapitre II :

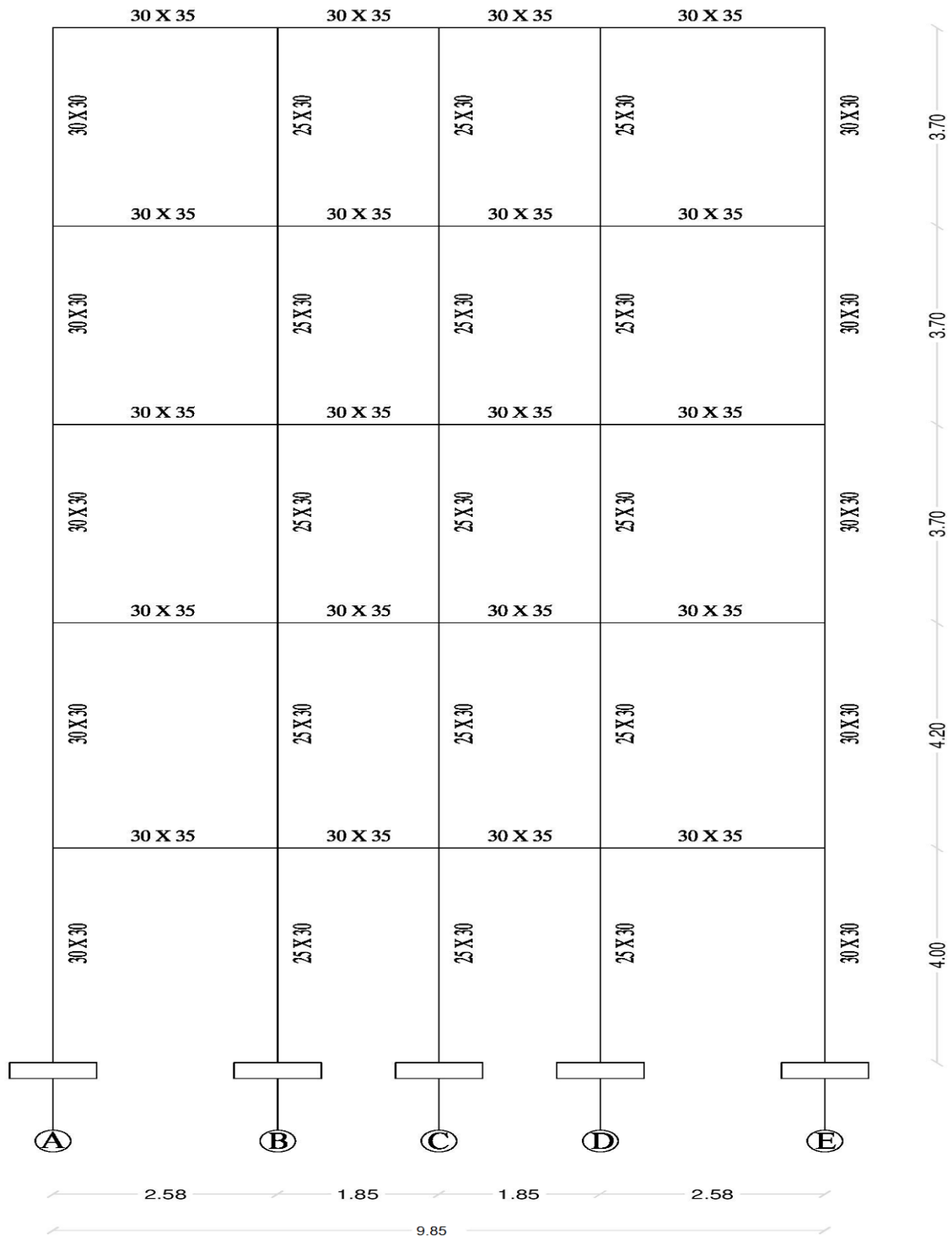


Figure II.8 vue en élévation du bloc -2- Portique 11

Chapitre II :

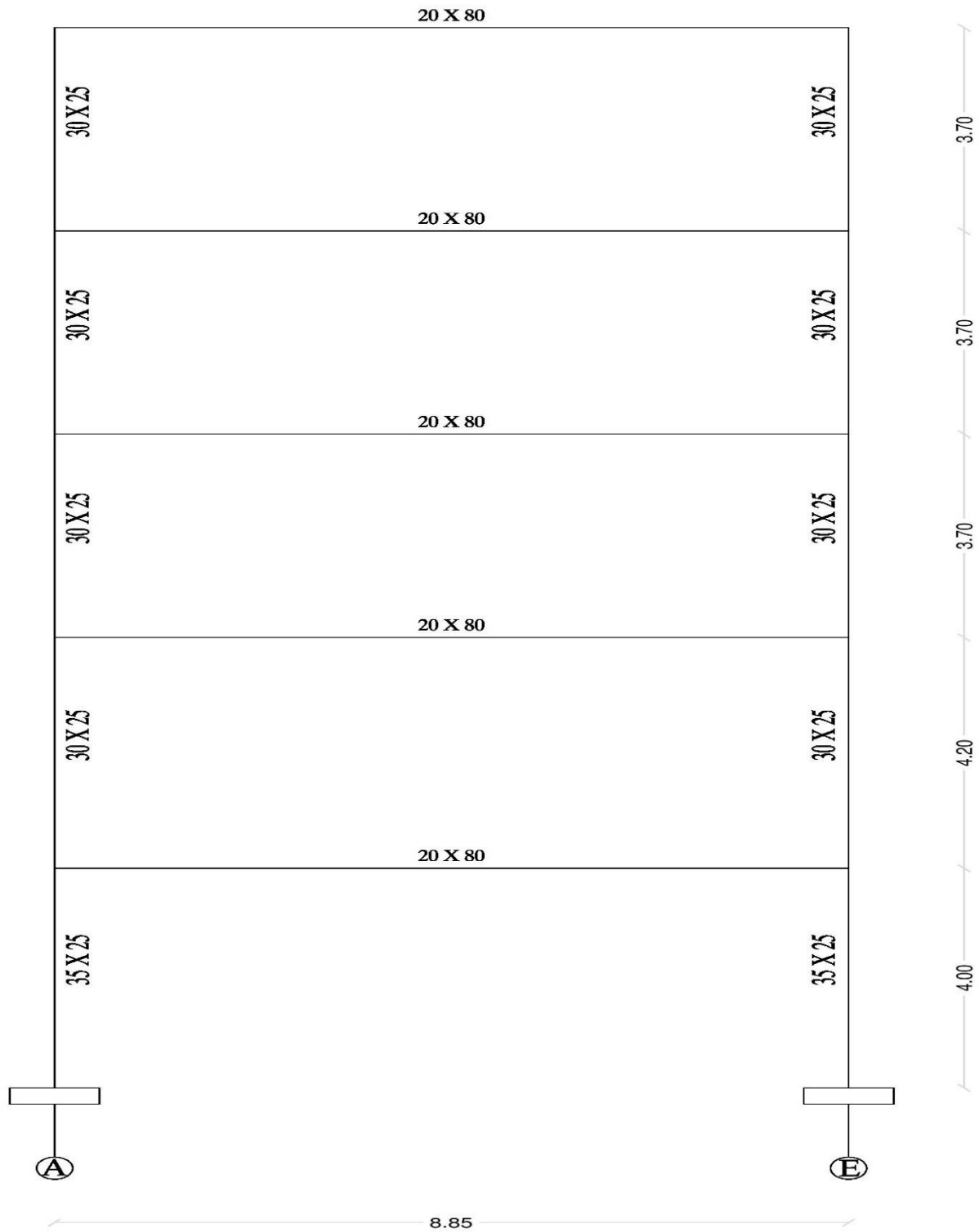


Figure II.9 vue en élévation du bloc -2- Portique 6

II.5) Conclusions :

Nous avons vu dans ce chapitre 'expertise' qui avait pour objectif, le recensement de l'ensemble des facteurs pathologiques des deux blocs étudiés, pour une éventuelle évaluation de leur vulnérabilité sismique, que des pathologies existent.

Cependant, il est nécessaire de distinguer les pathologies existantes à l'origine, telles que le bullage et les nids de cailloux, et celles qui se sont apparues dans le temps comme les fissures.

Ayant constaté que plusieurs pathologies existent après que l'expertise visuelle soit faite, une investigation plus approfondie est nécessaire afin de confirmer ou d'infirmer les menaces de ruine, en cas de séisme, qui pèsent sur cette structure.

Nous allons donc procéder à des essais non destructifs qui vont nous renseigner sur l'état de santé de notre structure et aussi de procéder au calcul au séisme après la récolte des résultats afin de déterminer le point de performance du pavillon.

Chapitre III

Expertise, évaluation de l'indice de vulnérabilité, essais non destructifs et pose du diagnostic.

Chapitre III :

III.I) Expertise :

Dans ce qui va suivre nous allons procéder à une démarche systématique qui nous conduira à noter le niveau général des dommages et à attribuer à la construction l'une des couleurs qui va nous renseigner plus spécifiquement sur le degré de dommages du pavillon en utilisant la fiche d'évaluations des désordres élaborés par le C.T.C

III.I.1) Paramètres d'évaluation des dommages selon la fiche d'expertise :

La fiche d'expertise utilisée par le GECOTEC (groupement de CTC) contient un nombre suffisant d'éléments sur lesquels s'appuie l'évaluation finale de la construction. En lui rajoutant quelques paramètres complémentaires, comme le modèle sur lequel nous allons travailler en introduisant une notation spécifique. Ces détails concernent notamment l'identification de la construction, en insérant les coordonnées par GPS ainsi que les éléments à prendre en compte dans la notation et qui sont :

- ❖ Le Sol : Faille ; Liquéfaction ; Glissement ; Affaissement-Soulèvement.
- ❖ Les Fondations : Glissement ; Basculement.
- ❖ La Structure Résistante : éléments porteurs ; éléments de contreventement.
- ❖ Les Planchers : terrasses ; toitures inclinées.
- ❖ Les Eléments secondaires : les escaliers ; les éléments intérieurs.
- ❖ Remplissages extérieurs ; les autres éléments extérieurs.

L'analyse de cette structure a suivi une méthodologie bien organisée. En premier lieu, nous avons bien identifié la construction, puis nous avons entamé l'évaluation des dommages en commençant par le sol autour de la construction, par la suite nous nous sommes intéressés aux éléments structuraux qui sont classés suivant leur rôle de résistance aux différents efforts qu'ils reprennent, comme les éléments porteurs qui servent à reprendre les efforts verticaux et les éléments de contreventement qui reprennent les efforts horizontaux.

Le travail de cette première étape d'expertise se résume sur la fiche suivante :

III.1.2) Utilisation des fiches d'expertises :

L'utilisation des fiches d'expertises est une démarche naturelle pour estimer la vulnérabilité, ou faire le diagnostic sismique d'un groupe de bâtiments (dans notre cas : le pavillon urologie de l'hôpital Mustapha pacha).

Cette tâche de recueil des informations nécessaires à l'analyse de la vulnérabilité ne devrait en aucun cas, être sous-estimée comme cela a été le cas, car les bâtis anciens n'ont pas été calculés selon le code parasismique adéquat [19].

III.I.3) Note méthodologique :

La méthodologie est déclinée à travers une fiche formalisée CTC qui comporte :

- ❖ Des renseignements d'ordre général : identification, usage, nombre de niveaux des observations concernant les problèmes de sol, fondations et infrastructure, une évaluation des dommages subis par les éléments structurels et secondaires, des commentaires sur les causes probables des dommages, ainsi qu'une évaluation globale du niveau général des dommages, des recommandations de mesures d'urgence.

Chapitre III :

- ❖ Pour l'évaluation du niveau de dommages des éléments de construction ou de la construction tout entière, une classification à 5 niveaux est utilisée.

III.2) ÉVALUATION DES DOMMAGES :

Au terme de cette démarche systématique, l'ingénieur est conduit à noter le niveau général des dommages et à attribuer à la construction l'une des couleurs : VERT, ORANGE, OU ROUGE. Le tableau suivant nous montre plus spécifiquement le degré de dommages pour chaque couleur voir (figure III.1).

Niveau	Couleur	Degré des dommages	Description
1	Vert	Pas de dommages	À l'exception des meubles et des glaces cassées
2	Vert	Dommages légers	Fissures des cloisons intérieures ou des plafonds. Dommages pour canalisations
3	Orange	Dommages modérés	Dommages importants pour les parties non structurales et dommages faibles pour les parties structurales.
4	Orange	Dommages importants	Dommages non structuraux très importants et dommages structuraux considérables. Fissures en X dans les voiles de contreventement, éclatement des nœuds « Poutres-Poteaux
5	Rouge	Dommages très importants	Bâtiment condamné ou effondré

Tableau III.1 niveau général des dommages

III.2.1) Classification des bâtiments en fonction des différents critères potentiellement pathologiques :

Sur notre structure considérée, les dommages recensés sont [20]

- ❖ Qualité du système résistant (Qr).
- ❖ Qualité du contreventement (Qc).
- ❖ Âge de la construction (Ag).
- ❖ État de conservation (Ec).
- ❖ Entrechoquement (Et).
- ❖ Éléments secondaires (Es).
- ❖ Condition de sol (So).
- ❖ Infrastructure (If).
- ❖ Symétrie en plan (Sy).
- ❖ Régularité en élévation (Ré).

Chapitre III :

Code Inspecteur :
Date :

IDENTIFICATION DE LA CONSTRUCTION
 Secteur ALGER Zone III Construction calculée au séisme : Oui - non
 Adresse Construction contrôlée : Oui - non
non

Position GPS : X..... ; Y..... ; Z.....

USAGE DE LA CONSTRUCTION
 Logement Scolaire Commercial
 Administration Hospitalier Industriel
 Socioculturel Sportif Réservoir d'eau
 Autres (à préciser)

DESCRIPTION SOMMAIRE
 Age approximatif : 65 Ans Vide sanitaire : Oui - Non
 Nombre de niveaux : 5 Sous-sol : Oui - Non
 Nombre de joints de dilatation : 1

DOMMAGES VISIBLES SUR LA CONSTRUCTION :
 * Un étage disparu : Oui - Non
 * Effondrement total du bâtiment : Oui - Non

PROBLEMES DE SOL AU TOUR DE LA CONSTRUCTION
 * Faïlle : Oui - Non * Liquéfaction : Oui - Non
Non
 * Glissement : Oui - Non - Menace la stabilité de la construction
Non - Son danger est non négligeable
 * Affaissement - soulèvement : Oui - Non - Menace la stabilité de la construction
Non - Son danger est non négligeable

FONDACTIONS – INFRASTRUCTURE
 Fondations :
 -Type de dommages
 4-5 -Glissement : Oui - Non
 4-5 -Basculement : Oui - Non

INFRASTRUCTURE (dans le cas VS ou S/Sol)
 Voile en béton continu : 1-2-3-
 Poteaux en béton avec remplissage : 1-2-3-

STRUCTURE RESISTANTE
 Eléments porteurs (charges verticales)
 -Murs en maçonnerie 1-2-3-4-5
 -Voiles béton 1-2-3-4-5
 -Poteaux béton 1-2-3-4-5
 -Poteaux métalliques 1-2-3-4-5
 -Poteaux bois 1-2-3-4-5
 -Murs en pierres 1-2-3-4-5
 Planchers – Toiture terrasse
 -Béton armé : 1-2-3-4-5
 -Solives métalliques : 1-2-3-4-5
 -Solives en bois 1-2-3-4-5
 - Autres : 1-2-3-4-5

Eléments contreventement
 -Murs en maçonnerie 1-2-3-4-5
 -Voiles béton 1-2-3-4-5
 -Portiques béton armé 1-2-3-4-5
 -Portiques métalliques 1-2-3-4-5
 -Palées triangulées 1-2-3-4-5
 -Murs en pierres 1-2-3-4-5
 Toiture inclinée
 - Charpente Métallique : 1-2-3-4-5
 - Charpente en bois : 1-2-3-4-5
 - Couverture amiante-ciment : 1-2-3-4-5
 - Couverture Métallique : 1-2-3-4-5
 - Couverture tuile 1-2-3-4-5

ELEMENTS SECONDAIRES
 Escaliers
 - Béton : 1-2-3-4-5
 - Métal : 1-2-3-4-5
 - Bois : 1-2-3-4-5
 Autres éléments intérieurs
 - Plafonds : 1-2-3-4-5
 - Cloisons : 1-2-3-4-5
 - Eléments Vitrés : 1-2-3-4-5

Remplissages extérieurs
 - Maçonnerie : 1-2-3-4-5
 - Béton préfabriqué : 1-2-3-4-5
 - Bardages : 1-2-3-4-5
 - Autres : 1-2-3-4-5
Eléments extérieurs
 - Balcons : 1-2-3-4-5
 - Garde Corps : 1-2-3-4-5
 - Auvents : 1-2-3-4-5
 - Acrotères – Corniches : 1-2-3-4-5
 - Cheminée : 1-2-3-4-5
 - Autres : 1-2-3-4-5

INFLUENCE DES CONSTRUCTION ADJACENTES
 La construction menace une autre construction : Oui - non
 La construction est menacée par une autre construction : Oui - non
 La construction peut être soutenue par une autre construction : Oui - non
 La construction peut être un soutien pour une autre construction : Oui - non

VICTIMS : Oui - Non - Peut être Si Oui combien :

COMMENTAIRES SUR LA NATURE ET LA CAUSE PROBALE DES DOMMAGES
 Sens Transversal
 - Symétrie en plan : Bon - Moyen - Mauvais
 - Régularité en élévation : Bon - Moyen - Mauvais
 - Redondances des files : Bon - Moyen - Mauvais
 Sens Longitudinal
 - Symétrie en plan : Bon - Moyen - Mauvais
 - Régularité en élévation : Bon - Moyen - Mauvais
 - Redondances des files : Bon - Moyen - Mauvais

AUTRES COMMENTAIRES

Evaluation finale : -Vert 1- -Vert 2- -Orange 3- -Orange 4- -Rouge 5-

Figure III.1 fiche d'évaluations des désordres élaborés par le C.T.C.

Chapitre III :

III.2.2) Evaluation de l'indice de vulnérabilité :

Nous avons constaté plusieurs pathologies lors de l'utilisation de la fiche d'expertise. Par la suite, nous avons procédé au calcul du degré de dommage et de l'indice de vulnérabilité afin de confirmer ou d'infirmer les menaces qui pèsent sur notre structure.

III.2.3) Estimation des dommages du pavillon :

L'état de dommage de la structure expertisée a été obtenu en attribuant à chaque élément structurel et non structurel une échelle graduelle, représentée par des valeurs et des couleurs voir (Figure III.1) Le degré de dommage pour le pavillon est donc compris entre 0 et 1 [20]. La procédure de l'estimation des dommages est obtenue comme suit :

La structure comporte 11 critères pathologiques, ceux-ci sont affectés par des poids allant de 1 à 5 (Tableau III.2).

Le degré de dommage est obtenu, en sommant les poids - trouvés d'après le (tableau III.2) des 11 facteurs pathologiques.

$$D_j = \sum P_{ij}$$

Le degré de dommage maximal sera égal à 55. Il est obtenu lorsque tous les critères pathologiques atteignent la valeur maximale de 5, (11 facteurs x poids max 5 = 55).

Le total est ainsi divisé sur 55, pour trouver le degré de dommage normalisé pour chaque structure : D_{jn} [20]

$$\text{La loi } D_{jn} = \frac{D_j}{55} \text{ d'où } 0 < D_{jn} < 1 \text{ [20]}$$

Critères pathologique	Qr	Qc	Ac	Ec	Et	Es	So	If	Sy	Ré	Rf
Poids (Pu)	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,3,5	1,2,3,4,5	1,3,5	1,2,3,4,5	1,3,5	1,2,3,4,5	1,3,5	1,3,5	1,3,5

Tableau III.2 attribution des poids des 11 facteurs pathologiques

***Résultats :** Dans notre cas nous étudions une seule structure ce qui annule la variable J.

Donc après obtention du degré de dommage pour notre structure qui est de l'ordre de ($D_j=0.67$) ce résultat obtenu après calcul nous indique que le degré de dommages de notre structure obtenu avec fiche d'évaluations qui est de classe orange 4 voir (Tableau III.1) est cohérent.

III.2.4) Calcul de l'indice de vulnérabilité :

La méthode de l'indice de vulnérabilité (I_v) permet d'identifier les éléments structuraux et non structuraux susceptibles de jouer un rôle significatif dans le comportement sismique du bâtiment [20].

Cet indice est un paramètre obtenu à partir du diagnostic de tous les éléments composant chaque bâtiment.

L'indice de vulnérabilité (I_v) pour chaque structure est égal à la somme des produits des poids des différents critères pathologiques par leurs coefficients de pondération, selon les concepts d'approche développés dans AFPS n° 25 et [20].

Chapitre III :

Dans notre cas nous étudiant une seule structure alors la formule donner dans [20] ce simplifie et s'écrit de la sorte : $I_v = \frac{\sum P_i}{55 \times 11}$

III.2.5) Différentes valeurs des différents critères potentiellement pathologiques:

A chacune des caractéristiques (chacun des facteurs) est associée une des 5 classes (A, B, C, D et E) voir (Tableau III.3) :

- ❖ **A** : La classe des bâtiments respectant pratiquement les normes sismiques.
- ❖ **B** : La classe des bâtiments respectant les normes sismiques à 75%.
- ❖ **C** : La classe des bâtiments respectant les normes sismiques à 50%.
- ❖ **D** : La classe des bâtiments respectant les normes sismiques à 25%.
- ❖ **E** : La classe des bâtiments les plus vulnérables au séisme (tableau suivant)

Ci	A	B	C	D	E
Qr	0	5	25	45	55
Qc	0	5	25	45	55
Ag	0	5	20	40	55
Ec	0	5	25	45	55
Et	0	0	20	40	55
Es	0	0	25	45	55
So	0	15	25	45	55
If	0	5	20	40	55
Sy	0	5	25	45	55
Ré	0	5	25	45	55
Rf	0	5	25	45	55

Tableau III.3 Les facteurs applicable pour chaque critère pathologique

***Résultats :** Après application des facteurs pathologiques nous obtenons $I_v = \frac{335}{605}$ ce qui nous donne un indice de vulnérabilité (I_v) qui est de l'ordre de (0.553).

Remarque :

Le C.T.C. ayant élaboré une fiche d'évaluation de dommages afin de classer les structures. Après une expertise visuelle simple et rapide où nous avons utilisé la fiche d'expertise élaborée par le C.T.C. et améliorée par Madame Bouzid [20], qui est au fait une amélioration de celle existante auparavant et utilisée par le C.T.C. [Figure III.1.]

Dans un contexte où l'élaboration de mesure d'urgence pour se préparer à d'éventuelles catastrophes naturelles (séisme...) est de plus en plus répandue, l'évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments est devenue un outil de diagnostic très répandu.

Chapitre III :

III.2.6) Conclusion :

À ce stade de l'expertise, après un check out très rapide, en utilisant la fiche d'expertise utilisée par le C.T.C. et un calcul de l'indice de vulnérabilité (Iv) ; nous pouvons, sans aucun doute classer le pavillon d'Urologie de l'hôpital Mustapha Pacha **en Orange 4** (des dommages importants sont attendus en cas de séisme modéré à fort).

Nous allons donc procéder à des essais non destructifs qui vont nous renseigner sur l'état de santé de notre structure.

III.3) Essais non destructif sur le béton :

Dans le cadre de ce sous chapitre, une campagne d'essais non destructifs sera entamée sur notre structure afin de connaître son état de santé et de pouvoir se servir des résultats obtenues dans l'analyse qui nous informera sur le comportement sismique de cette dernière.

III.3.1) Définition :

Les problèmes de qualité rencontrés dans les structures en béton apparaissent à différentes phases de la réalisation des ouvrages. C'est pour cette raison que depuis longtemps il y a une demande accrue pour des méthodes plus précises et en même temps plus souples d'évaluation de la qualité du béton.

Le contrôle par essais destructifs nécessite la confection d'éprouvettes prélevées représentant un échantillon. Ce contrôle ne peut être effectué à 100 % ou tout au moins sur un échantillonnage significatif de plus. L'échantillon prélevé n'est pas toujours représentatif du béton de la structure réelle. Ainsi pour répondre à ces problèmes, on a développé une gamme d'essais in situ appelés non destructifs » venant compléter les essais destructifs.

- ❖ Les essais non destructifs consistent à prendre des mesures qui n'endommagent pas les constructions. Ils représentent des méthodes de reconnaissance couramment appliquées aux structures de bâtiments.
- ❖ Les essais non destructifs peuvent jouer un rôle exceptionnel dans la garantie de la qualité du béton et dans le développement ultérieur de la technologie de construction. La signification de ces essais se développera considérablement à l'avenir, parce que sa technologie de mesure automatisée et la réduction de la taille de l'appareillage de mesure ouvriront des applications entièrement nouvelles.

Une importante caractéristique des essais non destructifs est qu'ils peuvent être refaits au même endroit ou presque. Ce qui permet de suivre les changements des propriétés du béton dans le temps.

a) But d'utilisation :

Ces essais sont rapides et faciles à mettre en œuvre, et apportent de surcroît une réponse globale à l'échelle d'une structure ou d'un ouvrage. Dans le cadre de contrôles d'ouvrages neufs ou en construction comme ils apportent des réponses de diagnostic dans le cas d'ouvrages anciens. [12]

Chapitre III :

b) Principaux domaines d'application :

Les essais non destructifs permettent de contrôler la qualité de la construction et mesurer de façon indirecte les caractéristiques des matériaux à savoir :
La résistance, l'homogénéité, la porosité et la durabilité.

III.3.2) Les différents types d'essais non destructifs :

Il existe deux types de méthodes pour l'estimation de la résistance de compression du béton. Les premiers. Englobent les méthodes qui ne mesurent pas directement la résistance, mais d'autres propriétés du béton, à partir desquelles, une estimation de la résistance peut être obtenue. Ces méthodes incluent les tests suivants :

- ❖ Scléromètre :
- ❖ D'auscultation dynamique

III.3.2.1) Essai au scléromètre :

a) Introduction

L'essai au scléromètre consiste à projeter une masse sur la surface du béton avec une énergie initiale constante. Suite au choc, une partie de l'énergie est absorbée par le béton. L'autre partie provoque le rebondissement de la masse. L'énergie d'impact est produite par un système de ressorts dont l'amplitude du mouvement de recul est sanction de : l'énergie de recul caractéristique des systèmes de ressorts. La mesure de la dureté au choc permet d'évaluer la résistance d'un béton de manière non destructive. Cette méthode est intéressante en raison de sa simplicité elle permet de faire rapidement des contrôles de régularité des bétons d'un ouvrage (Figure III.1).



Figure III.2 Appareil de test de résistance scléromètre

Chapitre III :

b) Mode opératoire :

b.1) Préparation de la surface :

Les mesures doivent être effectuées sur des surfaces nettes ne présentant pas de nids de gravier, des écaillages, de texture grossière, de porosité élevée ou d'armatures. La préparation de la surface consiste à éliminer tout enduit ou peinture adhérent ou bien poncer si cette surface est constituée d'une couche superficielle friable. Toute trace d'eau sur la surface doit être essuyée.

b.2) Étalonnage de l'appareil

Le scléromètre doit être contrôlé par des essais d'étalonnage. Car les constantes des ressorts changent après plusieurs utilisations.

b.3) Méthode de la courbe unique

Dans la plupart des cas, la composition du béton ainsi que les conditions de conservation affectant la corrélation « Indice sclérométrique - Résistance du béton » sont inconnues. On utilise alors une courbe de transformation unique figurant sur l'appareil fourni par le fabricant voir (Figure III.2) t. La précision sur la résistance du béton obtenue par la méthode de la courbe peut être évaluée à +/- 50 %

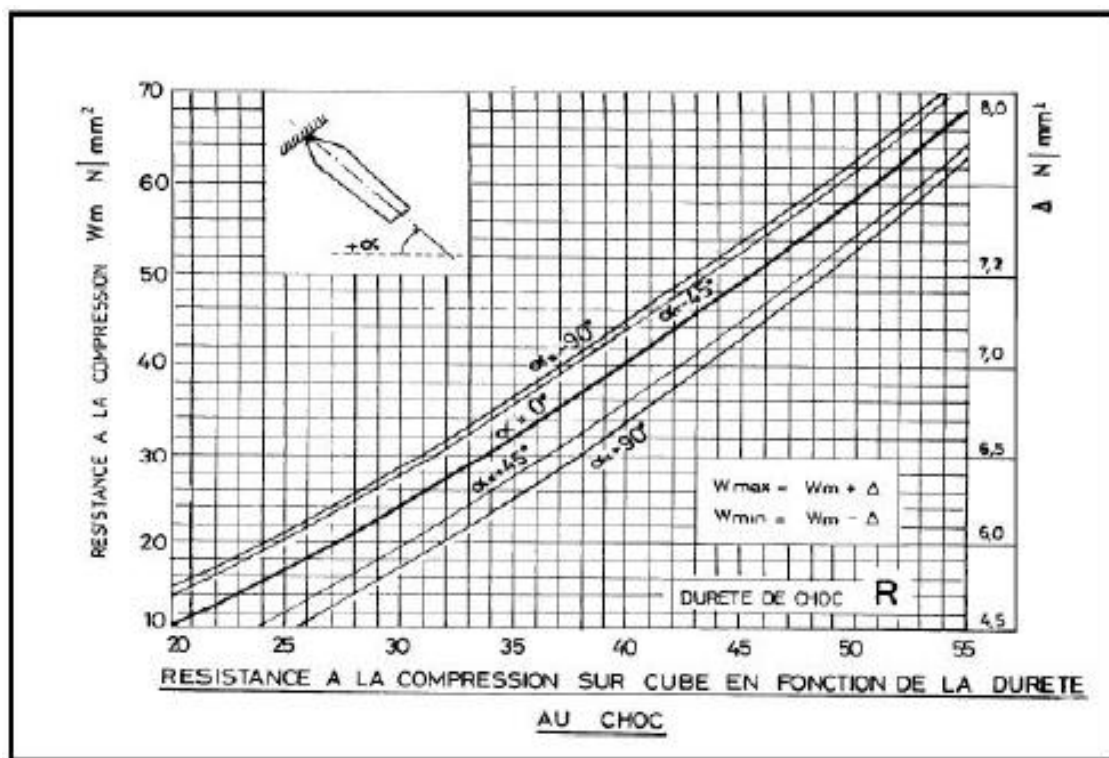


Figure III.3 courbe figurant sur l'appareil

III.3.2.2) Essai à l'ultrason :

a) Introduction :

Le principe de cette méthode consistant à mesurer la vitesse de propagation des impulsions à travers un élément de béton pour qu'on puisse, par la suite, déterminer la résistance du béton avec l'utilisation d'abaques qui convertissent la vitesse donnée en résistance équivalente au béton tester, d'où le nom de la méthode (essai de vitesse de propagation d'ondes sonores).

Ces essais peuvent être effectués sur des éprouvettes de laboratoire ou sur des ouvrages en béton directement (Figure III.3).



Figure III.4 Appareil de test de résistance ultrason

b) Travaux préparatoires :

Il faut, poncer et égaliser la partie de la surface de l'élément à ausculter où le transducteur sera fixé, et de plus employer un matériau intermédiaire entre les deux et en prenant soin de vérifier que l'appareil est bien appliqué contre la surface à tester à l'aide d'un matériau d'interposition comme la vaseline, ou une pâte constituée de Kaolin et de glycérol ou de la graisse

c) Étalonnage de l'appareil :

L'ultrason doit toujours être contrôlé par des essais d'étalonnage avant chaque utilisation. L'étalonnage consiste à vérifier le temps de propagation à travers la tige étalon dont le temps est connu à l'avance. Il faut ajuster l'ultrason dans le cas où le temps mesuré ne correspond pas à celui marqué sur la tige étalon.

Chapitre III :

d) Manières de faire la mesure:

La détermination de la vitesse de propagation des ultrasons se fait de trois manières, suivant le type de l'élément à tester :

d.1) Mesure en transparence (directe) :

Les mesures en transparence sont utilisées dans le cas des éprouvettes, des poteaux ou de certaines poutres. Les transducteurs sont appliqués sur les deux faces de l'élément à tester (Figure III.5).

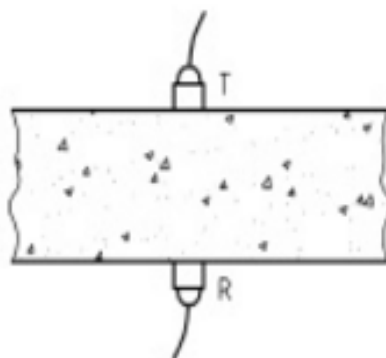


Figure III.5 Mesure directe avec l'ultrason

d.2) Mesures en surfaces (indirecte) :

Elles sont utilisées sur tous les éléments de structure et sur les éprouvettes. Mais plus particulièrement sur les dalles et éléments en longueur.

L'émetteur est maintenu en un point fixe. Le récepteur est déplacé successivement à des distances marquées à l'avance.

Après avoir relevé le temps correspondant à un point considéré, on passe au point suivant voir (Figure III.6)

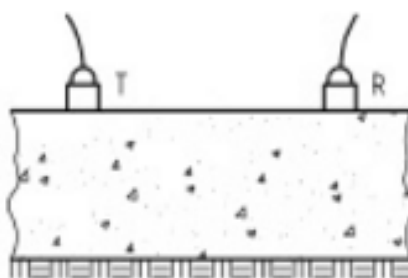


Figure III.6 Mesure indirecte avec l'ultrason

d.3) Mesures semi directe :

Elles sont utilisées sur tous les éléments de structure et sur les éprouvettes. Mais plus particulièrement sur les éléments de structure où on ne peut pas utiliser les deux autres manières voir (Figure III.7).

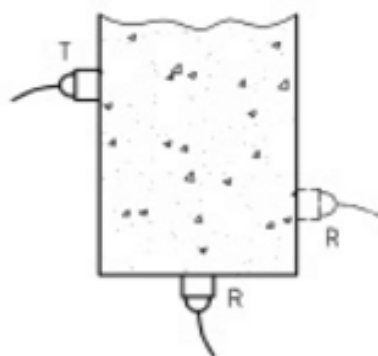


Figure III.7 Mesure semi directe avec l'ultrason

e) Interprétation des Résultats de Mesure aux Ultrasons :

Dans un milieu homogène et isotrope, la vitesse des ondes longitudinales des ultrasons est reliée au module d'élasticité et à la masse volumique. Cette relation donne une base logique pour utiliser des mesures de vitesse des ondes pour estimer la résistance à la compression du béton. Mais il faut mentionner qu'il n'y a pas de relation physique unique entre les deux paramètres compte tenu de l'influence des différents constituants entrant dans la composition du béton. Par conséquent une corrélation plus fiable entre la vitesse de propagation des ultrasons et la résistance du béton à la compression ne peut être établie que dans des limites strictes.

III.3.3) Les avantages :

C'est des méthodes peu coûteuses, simples et rapides.

L'essai au scléromètre est comparatif il est utile pour évaluer l'homogénéité du béton dans une structure ou lors de la fabrication d'éléments semblables des éléments préfabriqués

C'est des méthodes idéales pour déterminer (homogénéité du béton)

Une application particulière de l'essai au scléromètre consiste à évaluer la résistance à l'abrasion des planchers de béton.

Les essais peuvent être utilisés autant sur les ouvrages complétés que sur ceux en construction. [12]

Chapitre III :

III.4) Résultats des essais non destructifs :

III.4.1) Classification des résultats obtenus par niveau :

a) Résultats des essais pour le Sous-sol :

Après avoir fait plusieurs essais non destructifs sur les éléments structuraux qui constituent les deux blocs nous allons les maîtriser dans les Tableau III.1 et Tableau III.2.

❖ Résultats obtenus pour les poteaux du Sous-sol :

N Du poteau	Essais ultrason					Essais scléromètre			
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne
				Vitesse (m/s)	Résistance (Mpa)				
P (10 - C')	4140	4130	4140	4130	26,5	26	30	28	28
P (9-E)	4048	4055	4052	4050	25	23	25	24	24
P (5-A)	4062	4060	4062	4060	25	25	25	26	25,33

Tableau III.4

❖ Résultats obtenus pour les poutres principales et secondaires du Sous-sol :

N De la poutre	Essais ultrason					Essais scléromètre			
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne
				Vitesse (m/s)	Résistance (Mpa)				
Pp 2	4125	4100	4150	4125	27	26	26	26	26
Pp 5	4066	4066	4048	4060	25	26	23	24	25
Ps A	4090	4050	4150	4100	27	28	28	27	28

Tableau III.5

b) Résultats des essais pour le 1^{er} étage :

Après avoir fait plusieurs essais non destructifs sur les éléments structuraux qui constituent les deux blocs nous allons les maîtriser dans les Tableau III.3 et Tableau III.4

❖ Résultats obtenus pour les poteaux du 1^{er} étage :

N De la poutre	Essais ultrason					Essais scléromètre			
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne
				Vitesse (m/s)	Résistance (Mpa)				
Pp 2	4070	4070	4085	4075	26	23	24	25	24
Pp 5	4047	4052	4050	4050	25	25	25	26	25.33
Ps E	4040	4070	4030	4040	25	24	24	25	24

Tableau III.6

Chapitre III :

❖ Résultats obtenus pour les poutres principales et secondaires du 1^{er} étage :

N Du poteau	Essais ultrason					Essais scléromètre			
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne
				Vitesse (m/s)	Résistance (Mpa)				
P(10-C')	4000	4004	3998	4000	24	26	26	26	26
P(9-E)	4070	4075	4080	4075	26	24	28	24	25.33
P(5-A)	4070	4080	4060	4070	26	23	26	26	25

Tableau III.7

*Voir la Figure III.8 afin de reconnaître les éléments étudiés.

PP : poutre principale

Ps : poutre secondaire

P : poteau

Remarque :

L'essai à l'ultrason est comparatif. Il est utile pour évaluer l'homogénéité des matériaux et aussi le plus utilisé car comparé à l'essai au scléromètre. Il est plus précis, c'est pour cela que nous allons tenir compte des résultats obtenus avec l'ultrason.

- ❖ Nous avons fait une campagne ultrason et sclérométrique que pour le sous-sol et 1^{er} étage car les étages restants sont occupés par les patients et aussi par les blocs opératoires.
- ❖ Au vu des résultats récoltés dans ces essais et afin de permettre le déroulement du logiciel ETABS pour le calcul de la méthode pushover, nous allons tenir compte du résultat le plus défavorable.

Nous allons donc prendre la valeur de 24 Mpa de résistance pour le béton.

III.5) Conclusion :

Nous avons vu lors de cette étude qui avait comme objectif l'évaluation de la vulnérabilité sismique pour notre structure.

L'utilisation des fonctions de vulnérabilité [20] pour la typologie de notre pavillon a permis de déterminer l'indice de vulnérabilité (**Iv = 0.553**) ainsi que le degré de dommages (**Dj = 0.67**).

Ces deux valeurs permettent de classer notre structure dans le niveau général des dommages (**orange 4**).

Les deux blocs formant le pavillon d'urologie, présentent une vulnérabilité très élevée aux séismes, de plus l'évaluation sismique a permis de confirmer la nécessité de conforter en urgence les blocs du pavillon de pédiatrie car ils présentent un risque d'effondrement partiel ou total sous séisme.

Ceci dit cette méthode de calcul n'étant pas un moyen fiable, nous allons passer à l'analyse de la structure en utilisant la méthode **PUSH OVER**.

Chapitre III :



Figure III.8 Vue en plan des deux blocs

Chapitre IV

Détermination du point de performance du pavillon
d'urologie par la méthode push over

Chapitre IV :

IV.1) Objectif :

La méthode « Push over » est basée sur le principe que la capacité de la structure d'atteindre un niveau de performance est évaluée en termes de déplacements. Dans ce cas, la structure est soumise à un chargement incrémental qui est distribué le long de la hauteur et la courbe de capacité est obtenue en contrôlant le déplacement en tête de structure [25].

La distribution de charges et le déplacement cible sont obtenus suivant l'hypothèse que la réponse est fondamentalement contrôlée par un seul mode de vibration et que la forme de ce mode demeure constante durant le séisme [26].

IV.2) l'analyse push over :

Le principe de la méthode push over consiste à superposer la courbe représentant la capacité résistante de la structure qui est issue d'une analyse non linéaire en poussée progressive (push over) avec la courbe représentative de la sollicitation apportée par le séisme (spectre de réponse) [28].

L'intersection de ces deux courbes évaluées à partir des considérations qui vont suivre représente un point de performance permettant d'évaluer le déplacement maximal que la structure subira et subséquemment son degré de pénétration dans le domaine plastique [27].

IV.2.1) Caractéristique concernant la méthode push over :

L'évaluation est basée sur une évaluation des paramètres de performance les plus importants y compris les déplacements entre les niveaux (déplacements inter étages), les déformations anélastiques dans les éléments (en valeur absolue ou normalisée par rapport à valeur de plastification), les déformations entre les éléments ainsi que les forces dans les éléments et les assemblages. [8]

L'analyse non linéaire Push over est considérée comme une méthode très performante pour prédire les demandes en termes de forces sismiques et de déformations. Cette méthode tient compte de la redistribution des forces internes qui se produisent lorsque la structure est soumise à des forces d'inertie qui ne peut être évaluées par un comportement structural linéaire élastique.

IV.2.2) Intérêt de l'analyse push over :

L'analyse Push over est supposée donner des informations sur beaucoup de caractéristiques de la réponse recherchée qui ne peuvent être obtenues à partir d'une analyse élastique ou dynamique linéaire. Dans ce qui suit, on présentera des exemples de ces caractéristiques :

- ❖ Les demandes réalistes en termes de forces dans les éléments potentiellement fragiles, telles que les demandes en force axiales dans les poteaux, les demandes en force dans les connexions des contreventements, les demandes en moments dans les connexions poteaux – poutres et les demandes en cisaillement dans les poutres épaisses.

Chapitre IV :

- ❖ Estimations des demandes en déformations pour les éléments qui doivent se déformer inélastiquement pour dissiper l'énergie provenant de séismes.
- ❖ Les conséquences de la détérioration de la rigidité des éléments individuels sur le comportement global de la structure.
- ❖ Identification des zones critiques dans lesquelles les demandes en déformations sont supposées être élevées et qui doivent être l'objet d'une attention particulière durant la conception.
- ❖ Identification des discontinuités des résistances en plan ou en élévation qui résultent en des modifications des caractéristiques dynamiques dans le domaine non linéaire.
- ❖ Estimations des déplacements entre les niveaux qui tiennent compte des discontinuités des résistances ou des rigidités et qui peuvent être utilisés pour contrôler l'endommagement et pour évaluer l'effet P- Δ .
- ❖ Le modèle analytique contient tous les éléments, aussi bien structuraux que non structuraux, qui contribuent d'une manière significative à la distribution des charges latérales. Par exemple, le transfert des charges à travers les connexions entre les éléments ductiles peut être vérifié avec des forces réalistes. Il est clair que ces bénéfices vont de pair avec un effort supplémentaire d'analyse qui requiert la prise en compte de tous les éléments importants, la modélisation de leurs caractéristiques anélastique et l'analyse incrémentale non linéaire en utilisant si possible un modèle tri dimensionnel.

IV.2.3) La demande sismique :

Le séisme se traduit par une rupture brutale au sein de l'écorce terrestre, selon différents types de mécanismes, et par une émission d'ondes élastiques qui génèrent des ruptures ayant pour conséquence, la mise en vibration du sol. Un sismographe permet de restituer sous forme de représentation analogique les mouvements sismiques sous forme de déplacements, vitesses ou accélérations. Les enregistrements correspondants à l'accélération en fonction du temps sont des accélérogrammes qui ne sont pas couramment utilisés, car l'analyse temporelle, de la réponse d'un bâtiment à un séisme nécessite des moyens de calculs relativement lourds. [6]

La notion la plus répandue pour représenter un séisme est le spectre de réponse. Il fournit la réponse maximale d'oscillateurs linéaires soumis à un séisme. Cette réponse $V(t)$ se calcule simplement comme un oscillateur linéaire de masse (M), de raideur (K) et d'amortissement (C) soumis à une excitation sismique représentée par l'enregistrement de l'accélérogramme et dont le déplacement relatif par rapport à son support donne $V(t)$. [7]

Chapitre IV :

IV.2.3.1) La représentation (S_a - S_d) pour la demande sismique

Dans la représentation classique des codes parasismiques, chaque point du spectre de réponse élastique est représenté dans un diagramme $S_a = f(T)$, pour un amortissement de type visqueux (ξ) voir (Figure IV.1) [4]

Avec : $\begin{cases} S_a : \text{accélération spectrale.} \\ T : \text{période d'oscillation.} \end{cases}$

Chacun des points précédents $S_{ai} = f(T_i)$ est transformé dans un diagramme $S_a = g(S_d)$

ou (S_d) est le déplacement spectral (Figure IV.2) donné par la relation : $S_d = \frac{T^2 \cdot S_a}{4 \cdot \pi^2}$

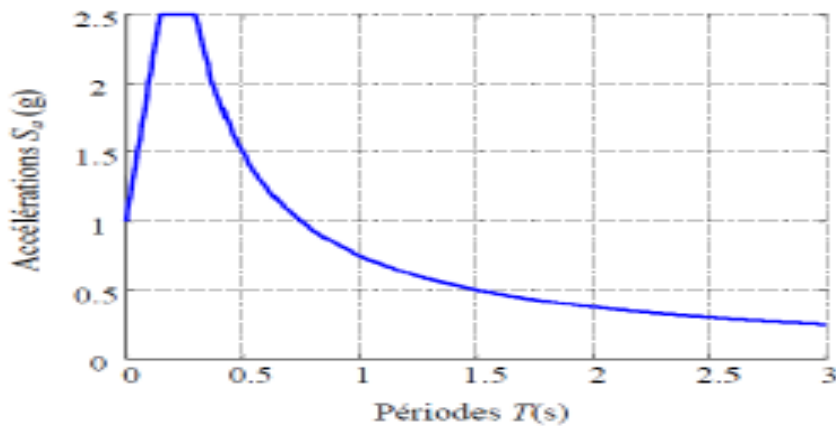


Figure IV.1 Le spectre de réponse en format traditionnelle (S_a - T (s)).

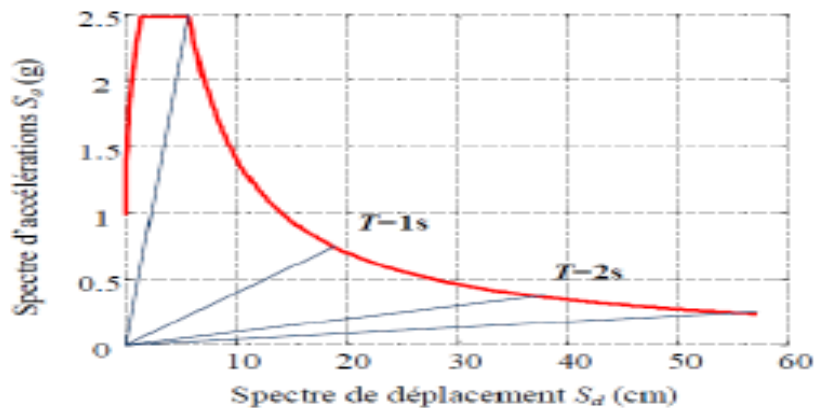


Figure IV.2 Le spectre de réponse en format (S_a - S_d).

Chapitre IV :

IV.2.4) La courbe de capacité :

La courbe de capacité d'une structure représente l'effort horizontal à la base du bâtiment en fonction du déplacement. En général, elle est formée d'une phase à caractère élastique linéaire suivie par une phase non linéaire correspondant à la formation des rotules de flexion et de cisaillement jusqu'au moment de la rupture. [3] La courbe de capacité peut être obtenue par un calcul statique non linéaire « Push over » qui donne l'effort tranchant en fonction du déplacement du dernier niveau par une modélisation numérique Figure IV.3.

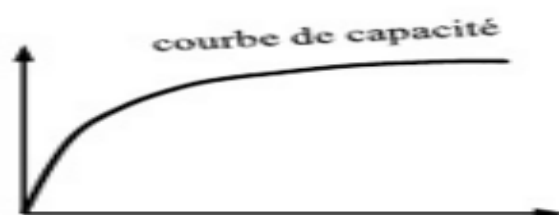


Figure IV.3 Courbe de capacité

IV.2.5) Point de performance :

Une fois dans le plan, la courbe de comportement de la structure ($S_d - S_a$) (que l'on appelle courbe de capacité) peut être superposée avec la courbe de spectre de la demande (Figure IV.4). Si la structure réagit de manière élastique au séisme, les deux courbes se coupent dans la partie linéaire de la courbe de capacité. Si par contre, l'endommagement a commencé, le point de performance est obtenu différemment selon la méthode utilisée (méthode en ductilité ou en amortissement). [7]

Deux approches principales sont proposées, l'une utilisant l'amortissement, comme dans la méthode de l'ATC 40 et l'autre utilise la ductilité, comme dans la méthode présentée dans l'Eurocode L'Eurocode 8 permet de trouver un point de performance sur la base de la règle des déplacements égaux. Les normes américaines, par contre, prévoient des itérations avec plusieurs spectres représentant différents coefficients d'amortissement visqueux. [3]

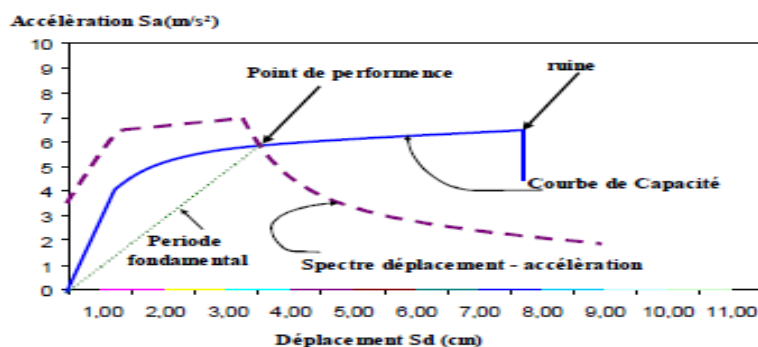


Figure IV.4 Intersection des courbes de capacité et demande sismique

Chapitre IV :

a) Cas de la demande est inférieur ou égale à la capacité

Lorsque le déplacement maximal supporté par la structure est supérieur au déplacement donné par le séisme, la structure résiste, mais elle subit des dommages que l'on estime par la position du point de performance sur la courbe de capacité. Ce point est défini par l'intersection entre la courbe de capacité et la courbe de la demande sismique réduite (Figure IV.5). [4].

b) Cas de la demande est supérieur à la capacité

Lorsque le déplacement donné par le séisme est supérieur à la capacité de la structure, il s'ensuit l'effondrement partiel ou total de celle-ci figure (Figure IV.6) [4].

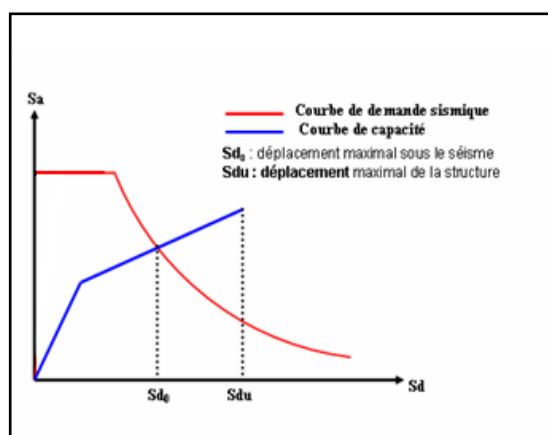


Figure IV.5

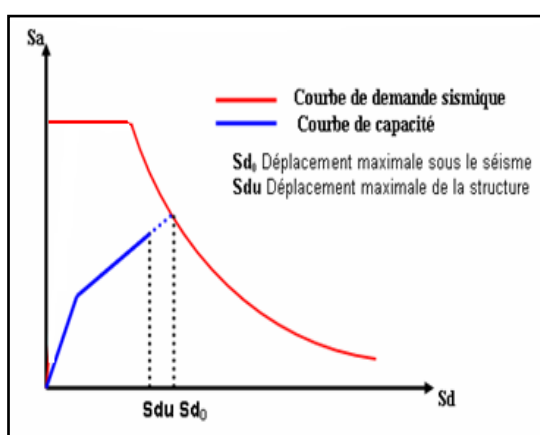


Figure IV.6

IV.2.6) Le déplacement cible d'un bâtiment

La relation entre l'analyse Pushover d'ordre statique, et le comportement réel du bâtiment sous séisme qui lui est dynamique, aboutit à la définition d'un déplacement cible qui correspond au déplacement maximum que peut subir la structure. [13].

IV.2.7) Analyse en poussée progressive « Push over » :

L'analyse push over est effectuée en appliquant à la structure une distribution de forces latérales incrémentées jusqu'à ce que le déplacement au sommet de la structure atteigne un déplacement cible défini. [7] La courbe traduisant le comportement de la structure est tracée en portant en abscisse le déplacement du sommet d et en ordonnée l'effort tranchant à la base V . Le choix d'une distribution appropriée de forces latérales constitue une étape très importante dans l'analyse push over. Voir (figure IV.7)

Chapitre IV :

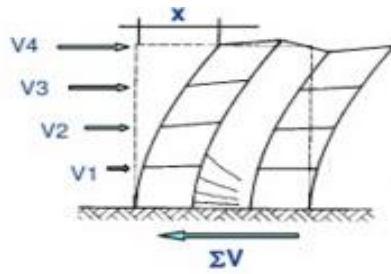


Figure IV.7 déformation après application du chargement

IV.2.8) Le rapport entre la courbe de capacité et niveaux d'endommagement :

Le comportement de la structure sur la partie I est un comportement parfaitement élastique. Si la sollicitation s'arrête, la structure revient à son état initial, sans perte de résistance. Au-delà de cette partie, la déformation de la structure n'est plus proportionnelle à la sollicitation. Si la force s'arrête, la structure ne revient plus à son état initial et présente des déformations irréversibles. Son endommagement progressif provoque une redistribution des efforts dans les différentes parties de la construction, en plastifiant au fur et à mesure les points vulnérables et créant des rotules plastiques, ce qui rend le comportement dans les parties (II, III et IV) très complexes. [6]. Pour notre analyse simplifiée, nous avons considéré uniquement ces deux points comme points de contrôle. Toutefois, dans le cas d'une analyse de la vulnérabilité ou d'un dimensionnement, suivant cette technique il est très important, de considérer la courbe de capacité dans son ensemble, en gardant sa forme exacte [7].

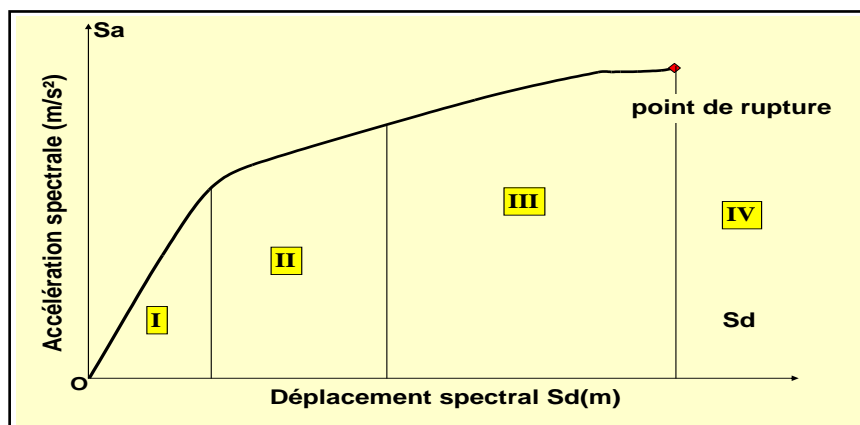


Figure IV.8 niveaux d'endommagement par rapport à la courbe de capacité

Chapitre IV :

IV.2.9) Niveaux d'endommagement :

La courbe de capacité qui représente le déplacement du dernier niveau d'un bâtiment en fonction de la force sismique montre le comportement de la structure face à n'importe quelle sollicitation horizontale, indépendamment de son intensité. Bien évidemment, le déplacement de la structure augmente avec la force, jusqu'au moment où celle-ci perd complètement sa capacité de résistance. De cette manière, le comportement d'un bâtiment face à un séisme donné peut être estimé à travers une analyse visuelle de la courbe de capacité, et plusieurs niveaux d'endommagement peuvent être distingués comme le montre le tableau IV.1. [7]

Niveau D'endommagement	Description
Niveau I	Corresponds au comportement élastique de la structure et représente le niveau de conception parasismique habituel. Il indique par conséquent, un état d'endommagement superficiel (ou bien de non-endommagement). (Fig IV.8)
Niveau II	Représente un endommagement contrôlé. La stabilité de la structure n'est pas en danger. Toutefois un endommagement mineur est susceptible de se développer. (Fig IV.8)
Niveau III	Représente un état d'endommagement avancé, la stabilité de la structure est menacée. (Fig IV.8)
Niveau IV	Au-delà du niveau III (point de rupture), la structure est susceptible de s'effondrer, elle ne présente plus de capacité de résistance. (Fig. IV.8)

Tableau IV.1 Les différents niveaux d'endommagement

Chapitre IV :

IV.3) Application de la méthode de performance sur notre structure :

IV.3.1) Introduction :

Nous avons effectué dans le cadre de ce chapitre, deux études distinctes : Afin de situer la tenue supposée du bloc d'Urologie de l'hôpital Mustapha Pacha au séisme, une analyse Push Over est tout indiquée.

De plus, cette étude viendra confirmer ou infirmer l'expertise, le calcul de l'indice de vulnérabilité ainsi que les essais non destructifs effectués dans les chapitres précédents. Une fois, l'état des dommages déterminé, suivra une étude de confortement qui sera toujours validé par cette analyse Push Over.

IV.3.2) Présentation et description des blocs :

La structure est constituée de portiques auto stables en béton armé en (R+5), avec des remplissages en maçonnerie. Les deux bâtiments sont implantés sur un sol ferme classé -selon le RPA 99 en site S_2 caractérisé par des périodes de transitions spectrales T_1 , T_2 de 0,15 et 0,4 s respectivement.

❖ Bloc1 :

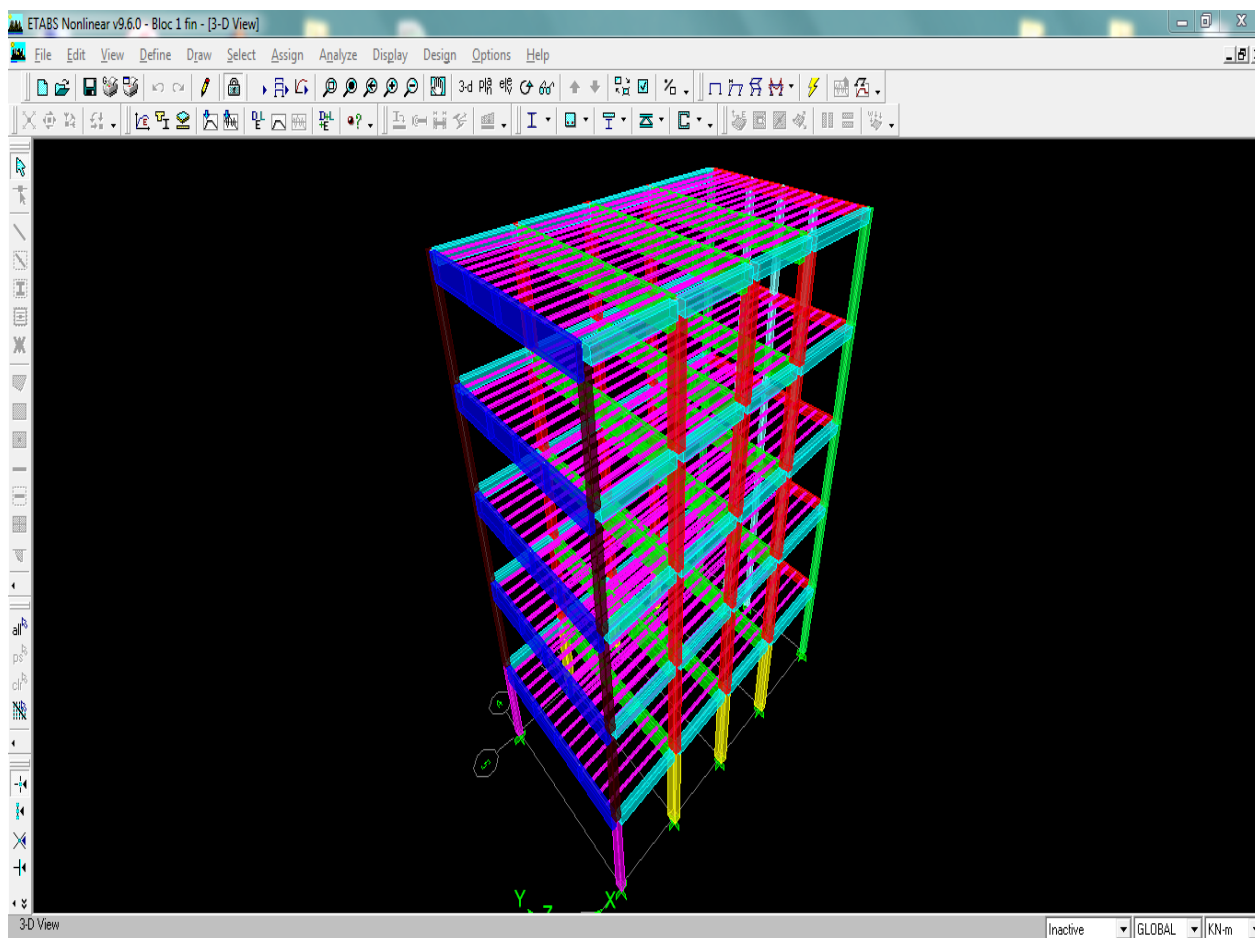


Figure IV.9. Vue en 3D du bloc1

Chapitre IV :

❖ Bloc2 :

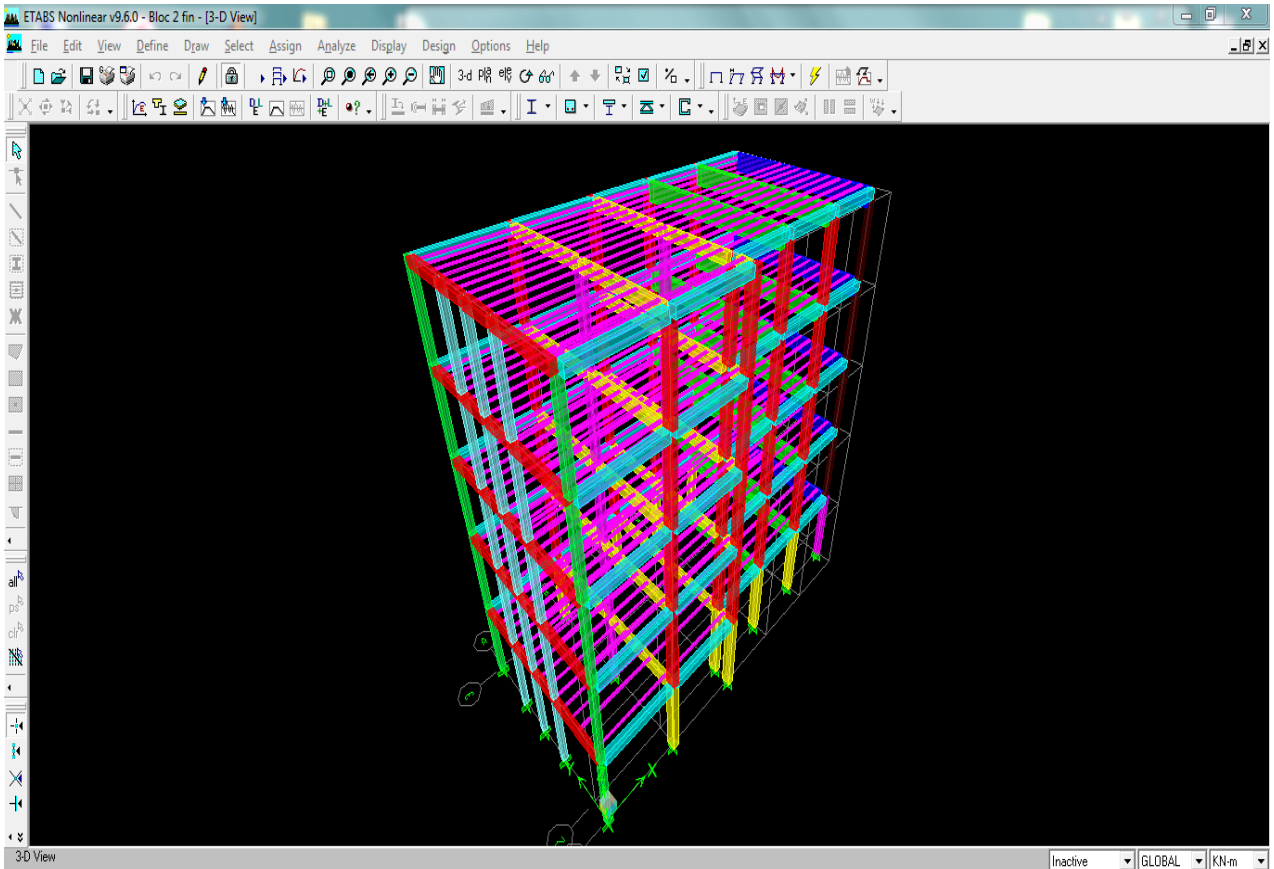


Figure IV.10. Vue en 3D du bloc 2

IV.3.3) Étude du bâtiment dans son état actuel :

Une analyse sur les 2 blocs composant le pavillon d'Urologie est entreprise pour connaître les dommages éventuels qui surviendront en cas de séisme.

IV.3.3.1) détermination du spectre de capacité des blocs :

- a) Dans ce qui va suivre, nous présentons les résultats obtenus lors de l'analyse push over du bloc 1 suivant les deux directions.

Les points qui définissent les courbes de capacité du bloc 1 suivant les deux directions sont résumés dans le tableau (IV.2) :

	Déplacement spectral S_d (m)	Accélération spectrale S_a (m/s^2)
Direction (xx)	0	0
	0,036	0,036
	0,045	0,045
	0,085	0,036

Chapitre IV :

	Déplacement spectral S_d (m)	Accélération spectrale S_a (m/s ²)
Direction (yy)	0	0
	0,016	0,048
	0,027	0,067

Tableau IV.2. Spectre de capacité selon les deux directions.

b) Représentation de la courbe de capacité :

Une représentation de la courbe de capacité qui est développée dans les figures qui suivent. (Figure IV.11- Figure IV.12).

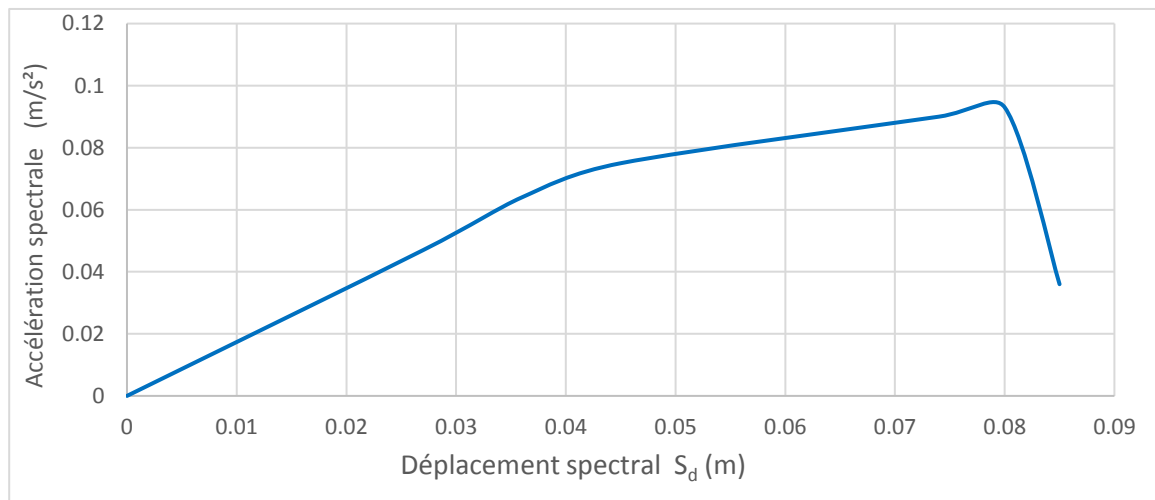


Figure IV.11. Courbe de capacité du bloc 1 selon la direction x-x

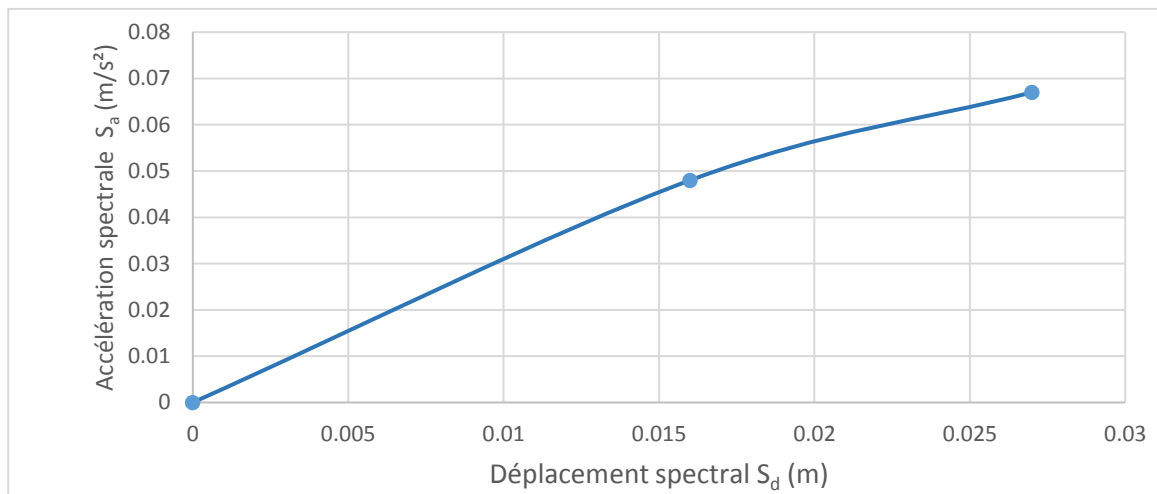


Figure IV.12. Courbe de capacité du bloc 1 selon la direction y-y

Chapitre IV :

c) Dans ce qui suit, nous présentons les résultats obtenus lors de l'analyse push over du bloc 2, selon les deux directions :

Les points qui définissent les courbes de capacité du bloc 2 suivant les deux directions sont résumés dans le tableau (IV.3) :

	Déplacement spectral S_d (m)	Accélération spectrale S_a (m/s ²)
Direction (x-x)	0	0
	0,031	0,066
	0,055	0,103
	0,069	0,115
	0,075	0,117
	0,088	0,091
Direction (y-y)	0	0
	0.0341	0.0125
	0.06.31	0,017
	0.0739	0,02
	0.0858	0,023
	0,090	0,023

Tableau IV.3. Spectre de capacité suivant les deux directions.

d) Représentation de la courbe de capacité :

Une représentation de la courbe de capacité est développée dans les figures qui suivent (figure IV.13- figure IV.14).

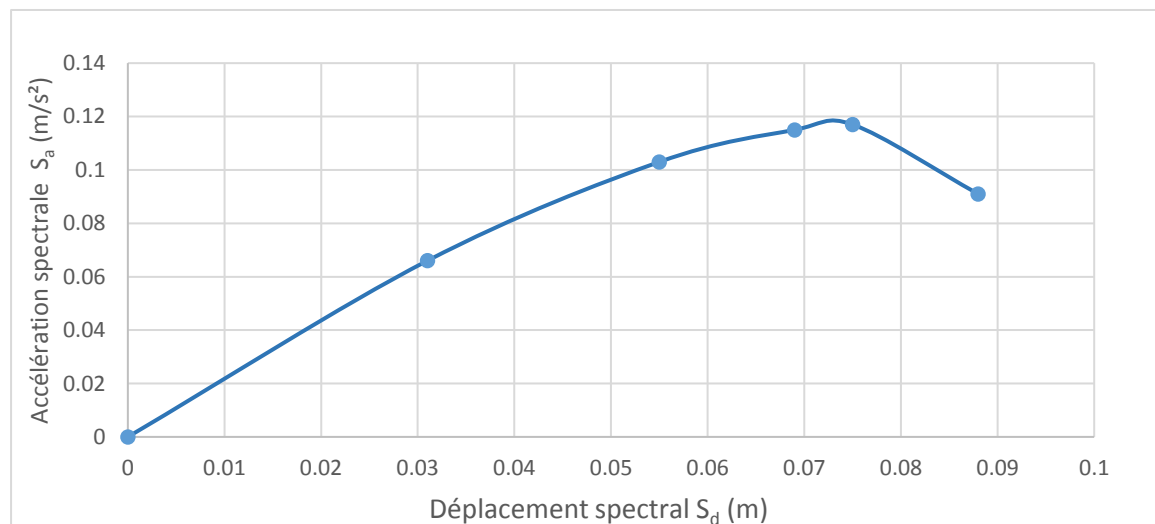


Figure IV.13. Courbe de capacité du bloc 2 selon la direction x-x

Chapitre IV :

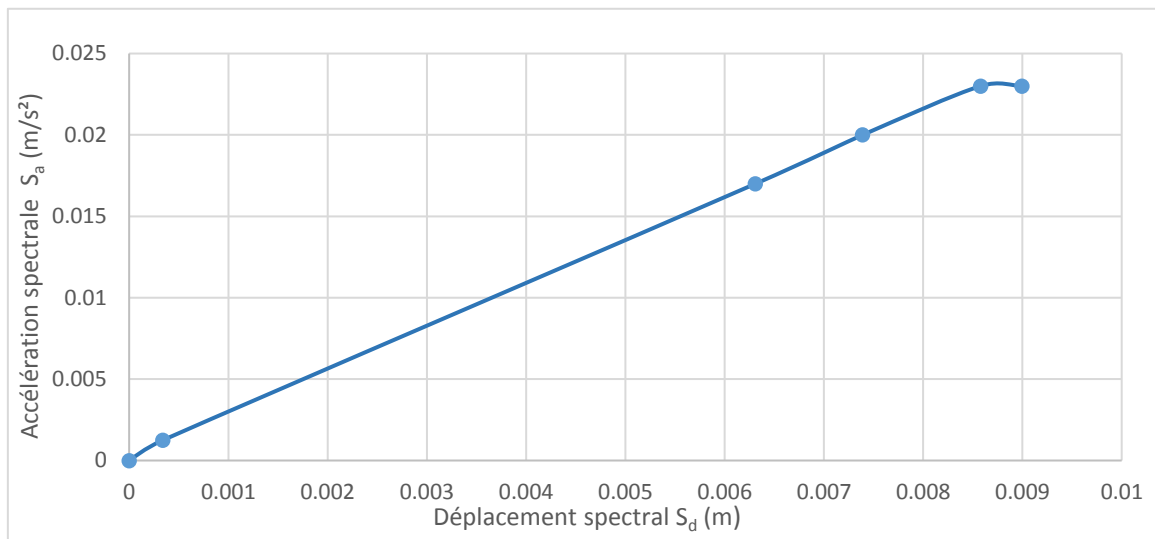


Figure IV.14. Courbe de capacité du bloc 2 selon la direction y-y

IV.3.3.2) Évaluation du point de performance :

Après avoir fait une analyse sur les 2 blocs composant le pavillon d'Urologie nous allons superposer les courbes de capacité obtenus avec les courbes de demande sismique afin de retrouver le point de performance de notre structure (figure IV.15- figure IV.17).

a) Dans ce qui suit, nous avons fait la superposition de la courbe de demande sismique avec la courbe de capacité du bloc 1 selon les deux directions :

❖ Direction (x-x) :

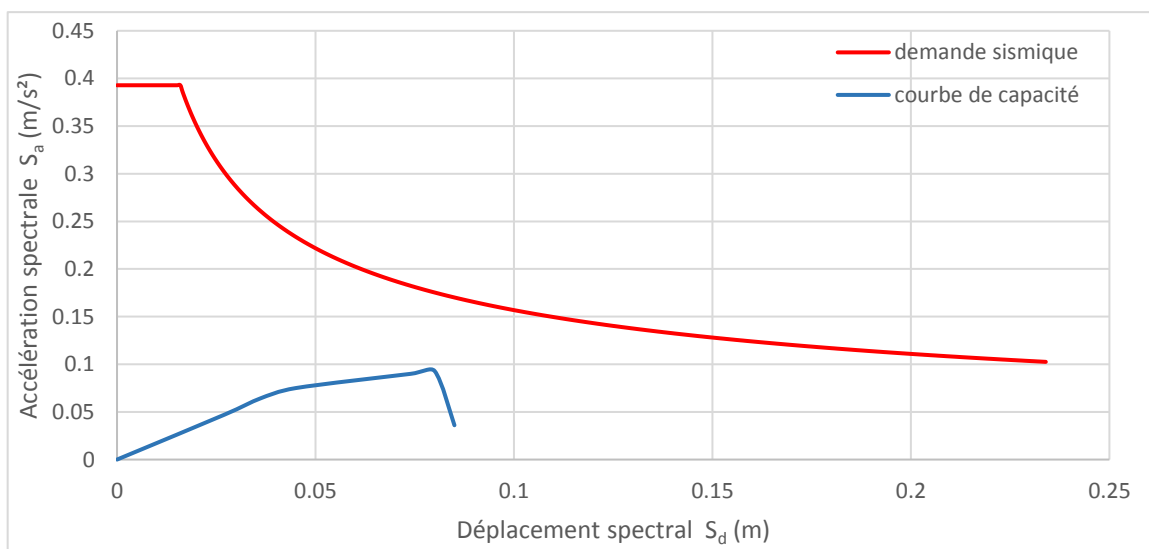


Figure IV.15. Superposition courbe capacité et demande sismique du bloc 1

Chapitre IV :

❖ Direction (y-y) :

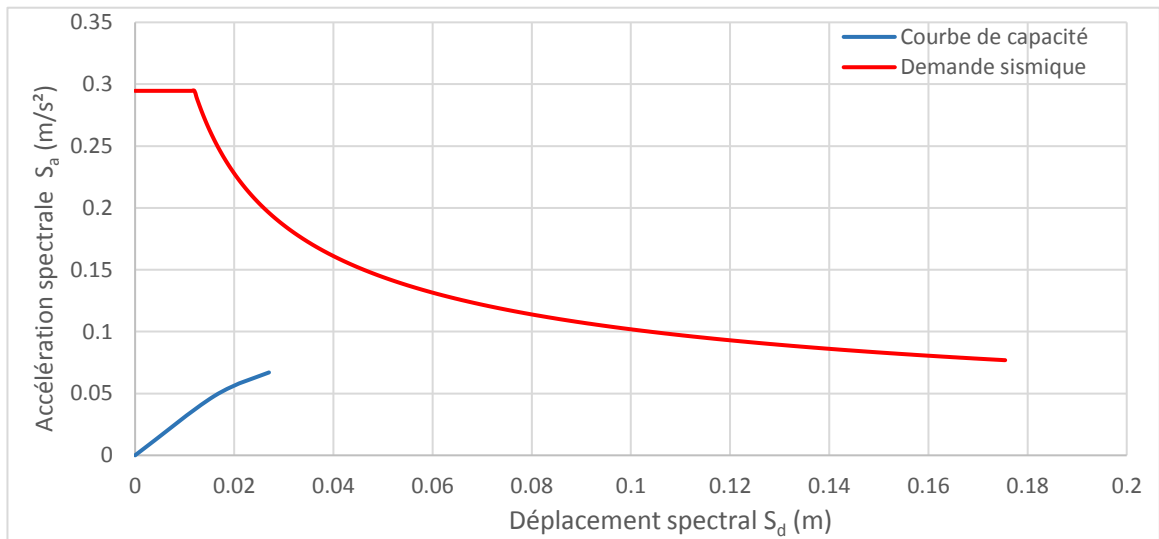


Figure IV.16. Superposition courbes capacité et demande sismique du bloc 1

b) Dans ce qui suit, nous avons fait la superposition de la courbe de demande sismique avec la courbe de capacité du bloc 2 suivant les deux directions :

❖ Direction (x-x) :

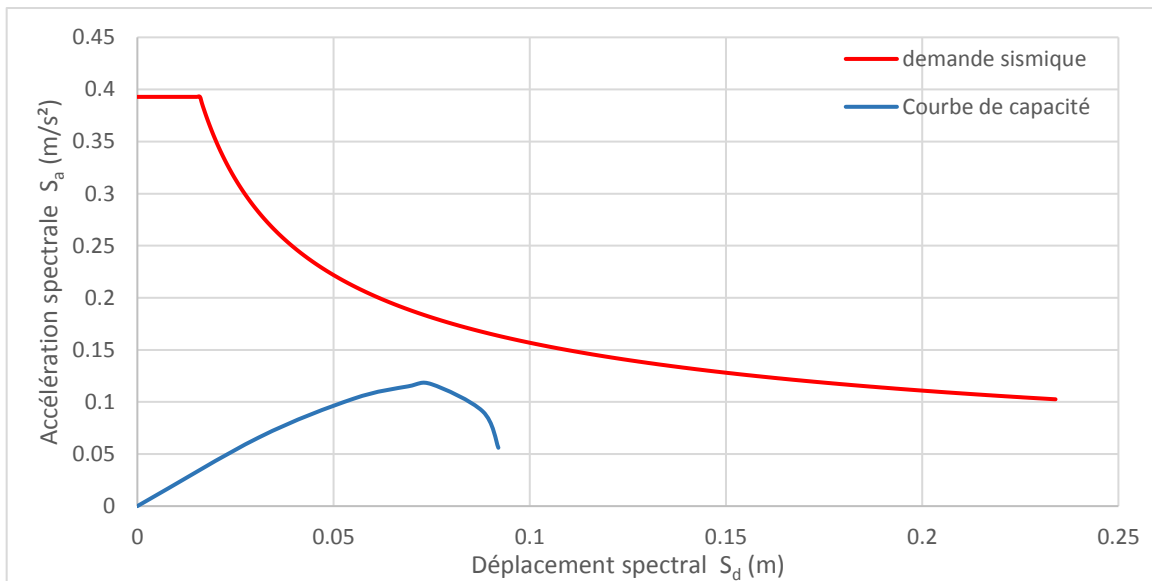


Figure IV.17. Superposition courbes de capacité et de demande sismique du bloc 2

Chapitre IV :

❖ Direction (y-y) :

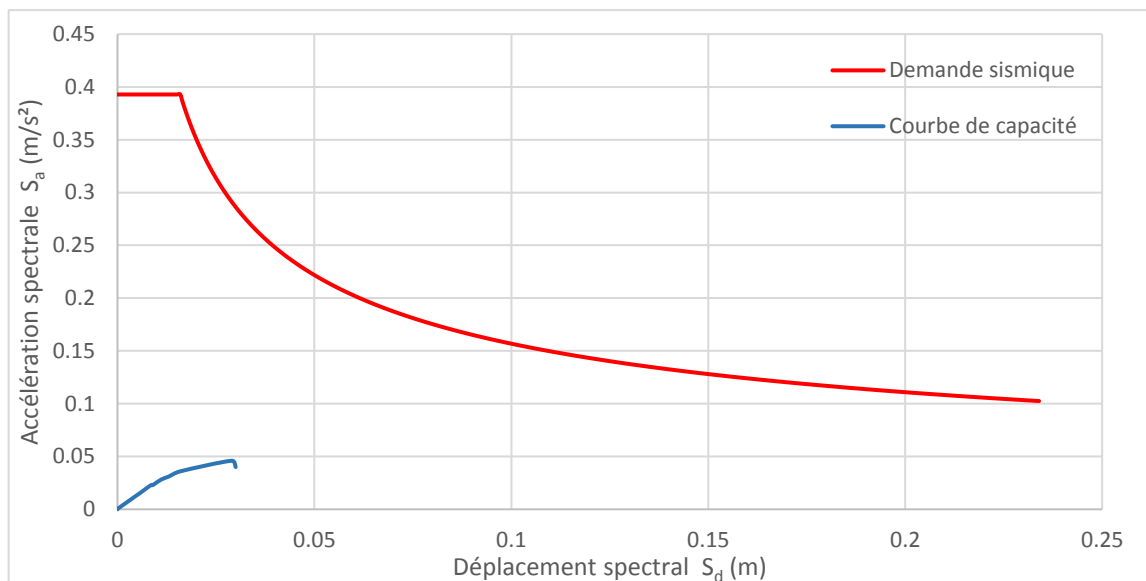


Figure IV.18. Superposition courbes de capacité et de demande sismique du bloc 2

IV.3.3.3) Analyse des résultats :

Après modélisation et analyse push over de la structure existante, nous avons déterminé la courbe de capacité que l'on superpose avec la courbe de demande sismique afin de pouvoir déterminer le point de performance de notre structure.

Cependant, nous avons constaté l'absence d'intersection entre les courbes de capacité et de demande, ce constat est révélateur sur la capacité de la structure à résister aux séismes (selon la réglementation en vigueur : zone III).

Afin de mieux comprendre et mieux évaluer le comportement de notre structure, nous allons procéder à une variation de l'accélération sismique (analyser le comportement de notre structure sous des séismes de plus faibles intensités).

IV.3.3.4) La variation du point de performance :

Ayant un point de performance inexistant ce qui est dû à la courbe de capacité qui est faible comparée à celle de la demande sismique voir (figure IV.15) (Figure IV.17). Pour bien évaluer et visualiser les variations possibles du point de performance (pour cette zone donnée), et de mieux apprécier la sensibilité des différents paramètres ; nous avons superposé les courbes de la demande sismique à 0,15 g, 0,20 g, 0,25 g, 0,30 g, 0,20 g 0,35g et 0,40 g d'accélération avec la courbe de capacité de la structure voir Figure (IV.19) (IV.20) (IV.21) (IV.22).

Chapitre IV :

a) Dans ce qui suit, nous avons fait la superposition de la courbe de capacité avec la variation de la courbe de demande du bloc 1 suivant les deux directions :

❖ Direction (x-x) :

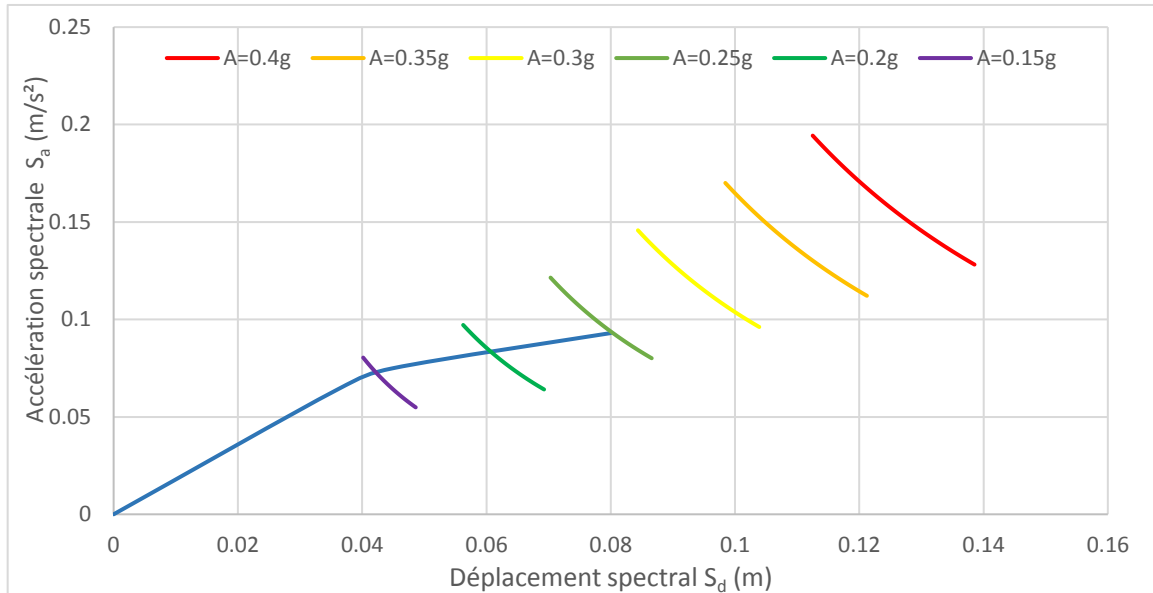


Figure IV.19. Superposition de la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique

❖ Direction (y-y) :

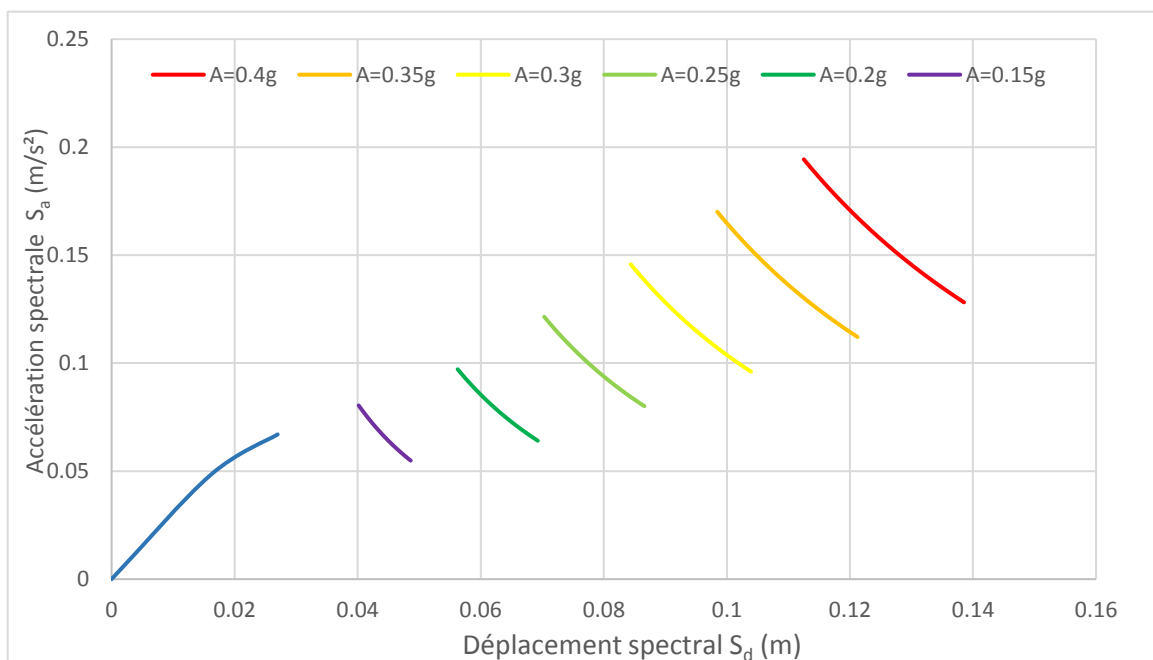


Figure IV.20. Superposition de la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique

Chapitre IV :

b) Dans ce qui suit, nous avons fait la superposition de la courbe de capacité avec la variation de la courbe de demande du bloc 2 suivant les deux directions :

❖ Direction (x-x) :

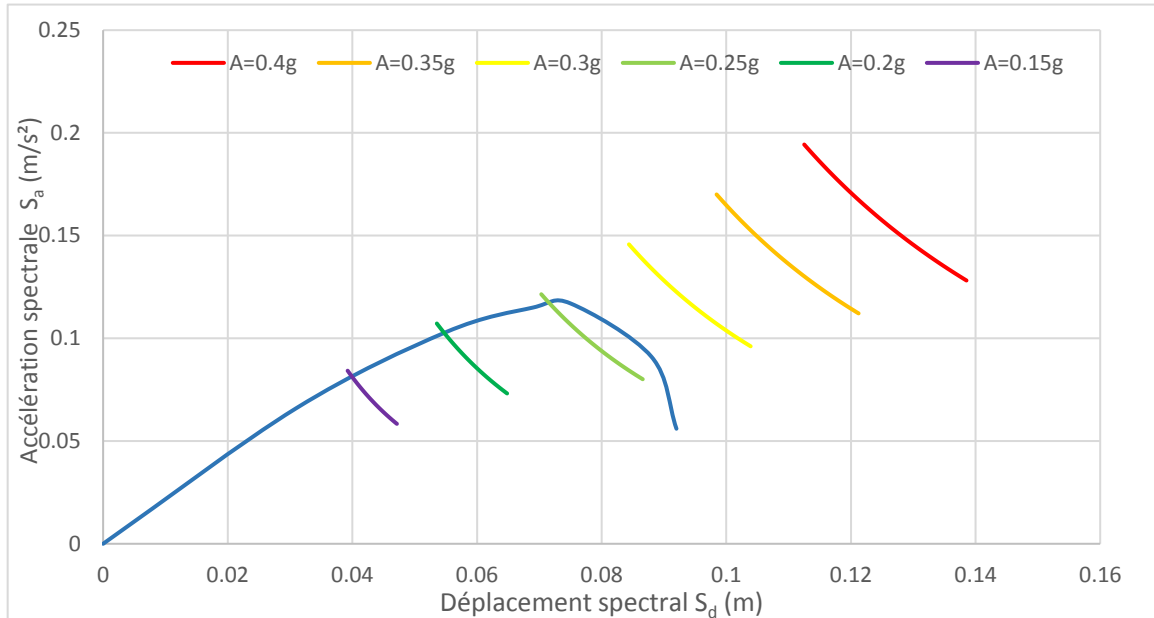


Figure IV.21. Superposition de la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique

❖ Direction (y-y) :

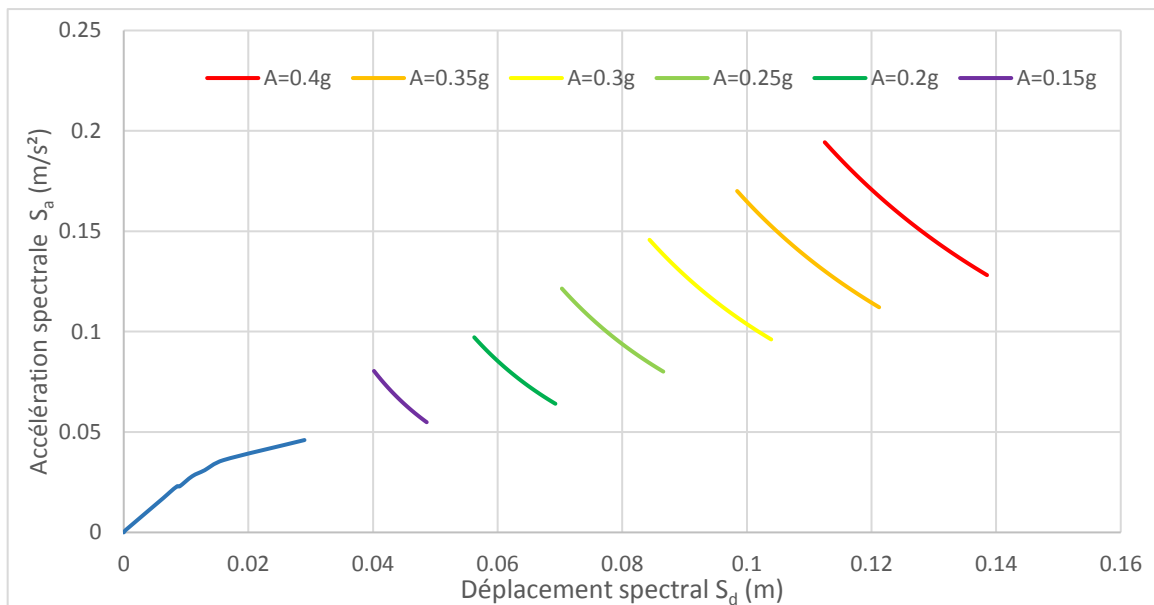


Figure IV.22. Superposition de la courbe de capacité et des courbes de variation de la demande sismique

Chapitre IV :

IV.3.3.5) Analyse des courbes :

Les courbes (IV.19) (IV.20) (IV.21) (IV.22) obtenues, nous permettent de :

- ❖ Remarquer les variations possibles de la position du point de performance, en fonction des courbes respectives de la demande et de la capacité.
- ❖ Visualiser les variations des dommages, qui sont fonction de la plastification progressive des éléments de la structure.
- ❖ Mieux apprécier la sensibilité du paramètre demande sismique qui est influencée par la zone sismique et le type de séisme.
- ❖ Remarquer que nos deux blocs ne peuvent pas résister à un séisme qui correspond à une accélération de 0,4 g néanmoins avec la variation de la demande sismique nous pouvons dire qu'il peut résister à un séisme de 0,3 g selon la direction (x-x) ce qui est insuffisant en vue des critères demandés par le code parasismique.

IV.4) Conclusions :

- ❖ Ayant une structure d'importance vitale qui est implantée sur Alger (zone III) nous devons appliquer le coefficient d'accélération 0.4 g pour répondre aux normes du RPA (le bloc urologie doit résister à une accélération de 0,40 g).
- ❖ Cependant, après superposition des deux courbes il s'avère que ces dernières ne se croisent pas et lorsque le déplacement donné par le séisme est supérieur à la capacité de la structure, il s'ensuit l'effondrement partiel ou total de notre structure, cette dernière ne répond donc pas aux critères et exigences du RPA.
- ❖ Nous avons tout de même fait varier le point de performance en fonction de l'accélération sismique pour mieux positionner notre structure et évaluer sa capacité à résister à des séismes supposés.
- ❖ Pour le sens X-X, la structure peut supporter une accélération allant de 0,15 g à 0,25 g uniquement et à partir de cette valeur c'est la ruine de notre structure (nous pouvons dire que le bloc urologie peut seulement supporter un séisme faible dans le sens X-X)
- ❖ Pour le sens Y-Y, l'analyse push over a permis de constater que la structure subira des dégâts irréversibles pour un séisme de faible intensité, d'où la nécessité d'opter pour un confortement.
- ❖ L'hypothèse ayant été déjà émise lors de l'expertise visuelle qui a déterminé que la structure ne fut calculée que pour les efforts verticaux et non horizontaux (séisme) cela se confirme au vu de ces résultats obtenus

En vue des résultats obtenus et de l'importance de l'ouvrage, le recours à une technique de confortement apparait comme une nécessité absolue, objectif du chapitre suivant.

Chapitre V

Réhabilitation du pavillon d'urologie

Chapitre V :

V.1) Introduction :

La sollicitation sismique est le révélateur de défauts, d'insuffisances, de vices de conception, de calculs et d'exécution qui, sans un séisme ils pourraient rester à jamais cachés. Après un séisme, les constructions subissent des dégâts qui peuvent aller jusqu'à l'effondrement complet de la structure. L'outil informatique à notre disposition nous a permis d'anticiper le mauvais comportement sismique des deux blocs étudiés, de ce fait, les structures doivent faire l'objet de renforcements ou de réparations.

Nos deux blocs peuvent subir un effondrement partiel, voir total sous effet d'un séisme. Donc, pour éviter ce genre de scénarios, ils doivent faire l'objet de renforcements ou de réparations.

a) Risque sismique :

Le risque sismique est lié à l'aléa sismique et à la vulnérabilité de la construction ($R = A \times V$), raison pour laquelle, une démarche globale de conception parasismique dans la construction doit être mise en place. Elle doit s'appuyer sur le respect de la réglementation parasismique, la conception architecturale parasismique et la mise en œuvre soignée de la construction. Le dimensionnement d'une structure contre les actions d'un séisme dépend du comportement ductile ou non ductile de la structure. Dans le cas d'un comportement non ductile, la structure devra être très rigide et résistante, générant ainsi des coûts élevés. L'ouvrage ne subira que peu de dégâts même pour un séisme d'une certaine sévérité. Toutefois, si les valeurs admises pour le dimensionnement sont dépassées, la structure pourrait s'écrouler de façon fragile. Le comportement ductile permet une dissipation d'énergie considérable dans certaines sections choisies sans provoquer l'écroulement de la structure globale. Le dimensionnement permet d'adopter des sections plus faibles et conduire à des structures plus économiques. [13]

Cependant, il est à noter que la structure peut subir, déjà pour des séismes de faible magnitude, des déformations plastiques qui nécessitent une réparation ou un renforcement de certaines sections. Actuellement il existe plusieurs méthodes pour le renforcement des structures vis-à-vis au séisme dans le but d'augmenter la capacité des structures.

b) Perspective de confortement:

Chaque opération de renforcement ou de réparation requiert une réflexion particulière et nécessite l'utilisation de méthodes d'instantes et de techniques adaptées à la situation et aux problèmes spécifiques de chacune des constructions. **Le but de ce mémoire** est d'étudier la pathologie du pavillon d'urologie, de faire son expertise, de poser un diagnostic, d'évaluer sa performance sismique et proposer un confortement de renforcement vis-à-vis au séisme. Cette méthode permet de tracer les courbes de fragilité, de déterminer les zones plastiques, le sens le plus vulnérable, d'évaluer le degré d'endommagement et par conséquent de connaître les éléments à renforcer. Les résultats obtenus montrent que les deux blocs sont très vulnérables aux séismes le recours à une technique de confortement apparaît comme une nécessité, objectif du

Chapitre V :

chapitre suivant étant énuméré les techniques de réhabilitation et de choisir la plus adéquate à notre structure.

V.2) Phases d'élaboration d'une réhabilitation :

V.2.1) Phase Étude :

Le choix de la méthode de réhabilitation dépend de plusieurs facteurs tels que :

- ❖ Le type et l'âge de l'ouvrage.
- ❖ Les conditions locales et environnementales.
- ❖ La nature et le degré des dégradations.
- ❖ Les délais mis à disposition pour l'achèvement des travaux de réhabilitation.
- ❖ Le niveau de sécurité demandé.
- ❖ Le coût de revient de la méthode.

Pour choisir les techniques de réhabilitation des structures, une bonne connaissance des dégradations ainsi que leur origine s'avère nécessaire. Afin d'établir un bon diagnostic de l'état physique de l'ouvrage et aboutir au choix d'une méthode de réhabilitation, les observations et mesures d'auscultation sont réalisées à l'aide de différentes techniques et méthodes adaptées aux besoins (voir chapitre III).

Normalement un ouvrage doit être visité au moins tous les cinq ans, sans dépasser le délai de dix ans. S'il n'y a pas de constatations au niveau de l'état de l'ouvrage et de son fonctionnement, il sera classé « sans suite » et reste inscrit dans le cycle régulier des visites. Dans le cas contraire, l'établissement d'un pré diagnostic sera nécessaire. Ce pré diagnostic conclut, soit à la mise sous surveillance de l'ouvrage et l'évaluation périodique de l'évolution des dégradations observées, soit à la nécessité d'effectuer des investigations complémentaires (essais in situ), afin d'évaluer des paramètres bien définis, dans des zones déterminées.

Donc après avoir fait l'expertise, poser le diagnostic, réaliser les essais adéquats (scléromètre et ultrasons), nous sommes tombés sur le cas où un confortement est obligatoire.

V.3) Définitions

V.3.1) Réparation

La réparation est un ensemble des travaux à effectuer sur un ouvrage endommagé par le séisme afin de lui restituer ses caractéristiques initiales, ou les améliorer le cas échéant et si cela est possible bien sûr.

V.3.2) Renforcement

Le terme renforcement s'applique essentiellement aux bâtiments non encore sollicités par l'action sismique et désigne l'ensemble des travaux à effectuer pour les rendre à résister aux futurs séismes potentiels. [2]

V.3.3) Réhabilitation

La réhabilitation est la combinaison des travaux de réparation (remise à l'état initial), accompagnés éventuellement des travaux de renforcement sur les structures soumises potentiellement au risque sismique [2]

Chapitre V :

V.4) Pathologie des bâtiments vis-à-vis au séisme

En génie civil, la pathologie consiste en la détermination des causes des symptômes et de maladies des constructions. L'objectif réside dans la recherche des remèdes pour ces signes de maladies. [13]

Les causes principales de la pathologie sismique des bâtiments sont :

V.4.1) Erreurs de conception

Les erreurs de conception sont entre autres les maçonneries non chaînées (Figure 1), les bâtiments avec vide sanitaire ou sur des poteaux courts, les salles de classes ou autres locaux avec ouvertures en vasistas qui entraînent des formations des poteaux courts, l'effet P-A et dispositions constructives non adaptées [2]

V.4.2) Erreurs de calcul

Les erreurs de calcul consistent soit en l'absence de calcul parasismique, soit à des calculs qui ne justifient pas les sections d'armatures, les profilés choisis, etc... En Algérie ceci est valable pour l'écrasante majorité des constructions étudiées et réalisées avant 1981, et pour les constructions individuelles après 1981.

V.4.3) Qualité de réalisation

La qualité doit répondre à un minimum de règle de l'art aussi bien au niveau des matériaux et composants de gros œuvres (et particulièrement de structure) eux-mêmes, qu'au niveau également de la mise en œuvre (Bertero V., 1982)

V.5) RENFORCEMENT

Le renforcement est une opération qui consiste à augmenter le niveau de service et en particulier l'augmentation de la ductilité et de la résistance d'un élément de structure pour en permettre l'utilisation dans des conditions non prévues pendant la phase de conception et de calcul. Parmi les nombreuses techniques de renforcement, les plus courantes : Incorporation de profils en acier, collage d'éléments préfabriqués, addition d'armatures en aciers sans augmentation de la section en béton avec ou sans addition d'armature en acier, adjonction de platines en acier, adjonction de lamelles ou bandes de matériaux composites, renforcement injection de voile, chemisage de poteaux ect...

V.5.1) Stratégie du renforcement :

D'une manière plus générale, la stratégie de la réhabilitation consiste en la réparation et le renforcement et elle est résumée par le diagramme de la figure suivante (Fig.V.1).

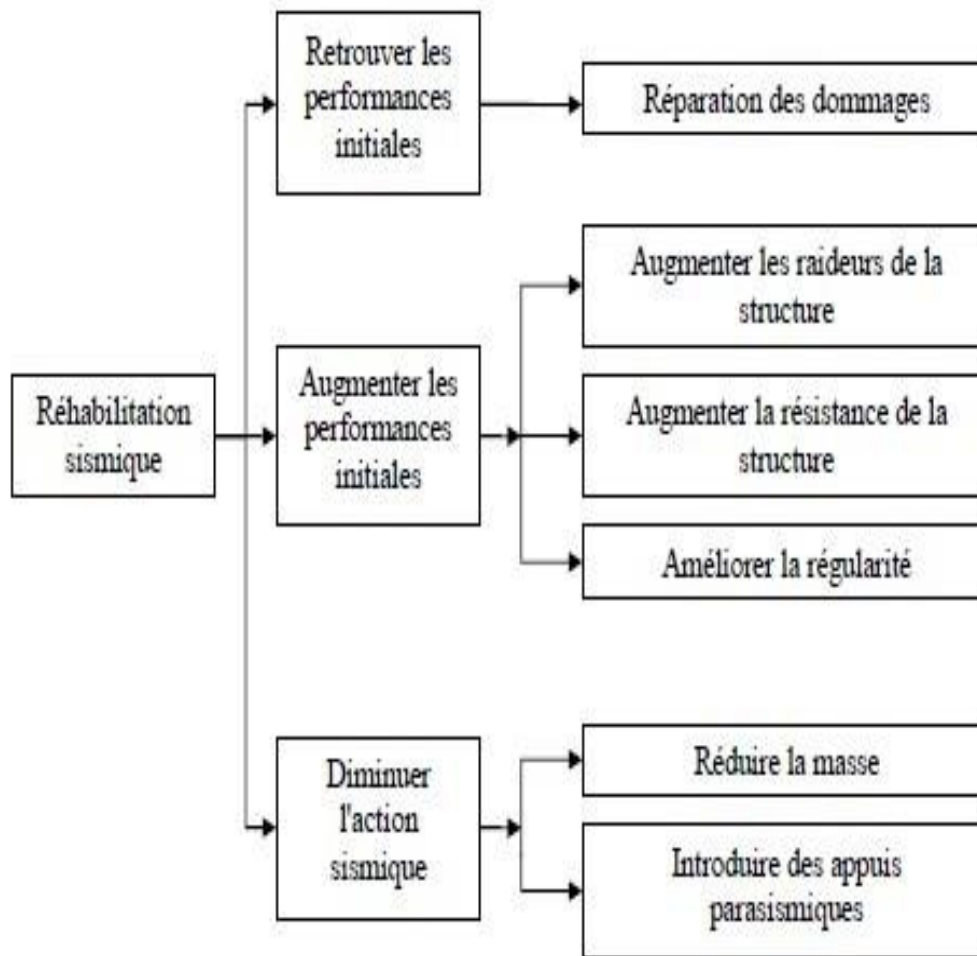


Figure.V.1 organigramme des stratégies de réhabilitation

La stratégie de renforcement est entièrement gouvernée par l'équilibre entre les énergies développées pendant le mouvement sismique, accumulées et dissipées par la structure dans le domaine inélastique [2]

Pour augmenter la capacité de stockage de l'énergie :

- ❖ Le renforcement des structures en portiques doit se faire par les structures en voiles et l'introduction de contre-voiles.
- ❖ Pour augmenter la possibilité de dissipation d'énergie .
- ❖ Adjoindre des éléments ayant un caractère de type dissipatif de façon à consommer le maximum d'énergie.

Chapitre V :

V.5.2) Réparation et solutions de renforcement :

Le renforcement est la mise en œuvre d'un ensemble des dispositions visant la diminution de la vulnérabilité d'un bâtiment au séisme. Divers modes de renforcement ou de réparation se présentent :

- ❖ Création d'une ossature complémentaire (béton armé ou charpente métallique) destinée à remplacer partiellement ou totalement Poussage déficient pour le transfert des efforts sismiques
- ❖ Renforcement par la reconstruction et ou l'adjonction d'éléments structuraux ;
- ❖ Réduction de l'action sismique par la mise en place des isolateurs ;
- ❖ Utilisation de plusieurs renforcements combinés

V.5.3) Méthodes de confortement :

Dans le cadre de ce sous chapitre, nous allons voir les différentes méthodes de confortement tout en mettant en avant leurs avantages et inconvénients cela dans le but de voir quelle méthode utiliser pour notre structure. [14]

V.5.3.1) Le renforcement par ajout de murs de contreventement en voiles béton :

a) Description

Il s'agit d'ajouter des voiles en béton armé à tout bâtiment insuffisamment contreventé. Cette technique fonctionne par la reprise des efforts horizontaux, l'augmentation de la raideur d'ensemble du bâtiment et la diminution de l'effet de torsion.

b) Utilisation

Cependant, les défauts de cette méthode sont de modifier les espaces intérieurs ; de reporter les charges sur les zones plus faibles et de risquer de créer des irrégularités en élévation. C'est de plus une intervention lourde dans un bâtiment. Les effets de surcharge, notamment sur les fondations, doivent être pris en compte. Les liaisons avec la structure existante doivent être très soignées. Il faut sceller des barres de liaison, régulièrement espacées, dans la structure existante et les lier au ferrailage du nouveau voile pour assurer une transmission des efforts, en traitant au mortier sans retrait les interfaces entre nouvelle et ancienne structures. [14]

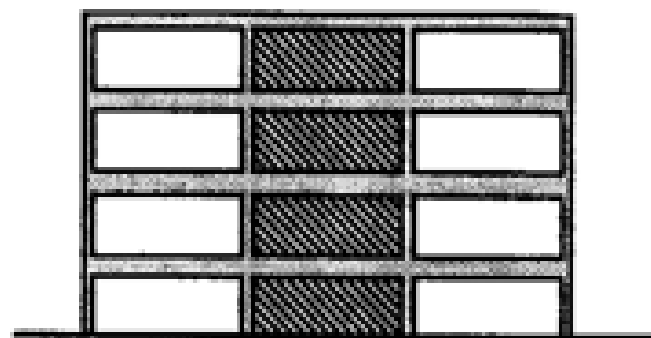


Figure.V.2 confortement par injection de voile

Chapitre V :

V.5.3.2) Renforcement par chemisage des poteaux et des poutres :

a) Description

L'augmentation de la résistance des éléments structuraux (poteaux, poutres et voiles) par un chemisage qui peut se faire en :

- ❖ Béton armé ;
- ❖ Charpente métallique ;
- ❖ Fibres minérales (en carbone) ou synthétiques (matériaux composites)

b) Utilisation :

L'augmentation de la rigidité et la résistance à la flexion de l'élément sont dues à l'augmentation des dimensions de la section transversale et au ferrailage longitudinal supplémentaire, lequel - d'une manière primordiale et à la différence d'autres techniques de renforcement d'éléments individuels - peut facilement se prolonger au-delà de l'extrémité de l'élément et s'ancrer dans des régions communes. Pour les trois autres effets, bien que le béton supplémentaire soit également un facteur, l'apport principal est dans l'ajout des armatures transversales supplémentaires (qui agissent contre le cisaillement et contre le flambement des armatures longitudinales). [14]

Du point de vue technique l'efficacité multiple du chemisage en béton armé c'est la possibilité de se prolonger au-delà de l'extrémité de l'élément et dans les régions communes, ce qui principalement, le différencie des autres techniques de renforcement des différents éléments en béton armé. Pour cette raison, d'autres techniques ne sont employées principalement que pour augmenter certaines ou toutes les propriétés...

Cependant ce chemisage présente certains inconvénients tels que :

- ❖ L'augmentation considérable des dimensions de la section transversale de l'élément, qui peuvent être un inconvénient sérieux dans le cas des colonnes ou des murs dans les bâtiments où la surface utilisable est réduite. [16]
- ❖ L'importance et de la durée de rupture de l'occupation, de la production de poussières et des débris, du bruit, de la salubrité et de la sécurité des ouvriers.

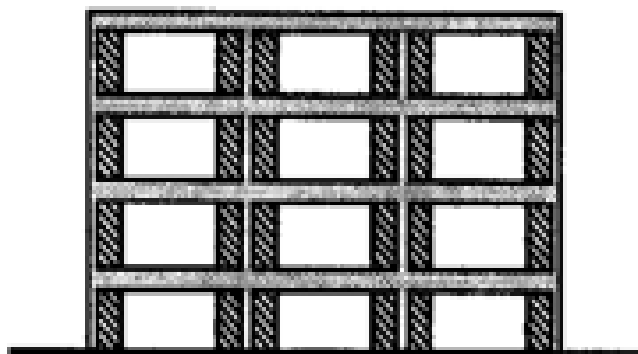


Figure.V.3 confortement par chemisage des poteaux

Chapitre V :

V.5.3.3) Confortement par palées de stabilité

Quand de larges ouvertures sont nécessaires, il est possible de conforter une structure existante par des pilées triangulées ou des éléments en treillis verticaux. Dans une structure en portiques, des éléments placés en diagonale peuvent former avec les poutres et les poteaux, si leurs rigidités sont satisfaisantes, un élément en treillis. [15] Sinon incorporé un portique additionnel en charpente métallique. Il faudrait s'assurer que les liaisons, entre les éléments en acier et ceux en béton, soient convenablement réalisées. Le système fonctionne alors par une transmission d'efforts normaux au lieu de la flexion et du cisaillement.

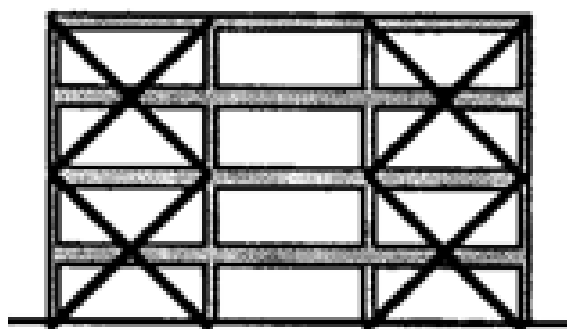


Figure.V.4 confortement par palées de stabilité

V.5.3.4) Amélioration par addition de contreventements métalliques et affaiblissement des poutres

En plus des techniques précédentes d'amélioration de résistance des éléments structuraux (poteaux, poutres, assemblages poutre-poteau), l'utilisation des dispositifs amortisseurs représente une solution efficace pour la réhabilitation des bâtiments existants. La fonction d'un dispositif amortisseur dans un bâtiment est semblable à celle d'un amortisseur dans une automobile. [2] De la même façon que l'amortisseur réduit les chocs causés par les routes cahoteuses, le dispositif amortisseur réduit l'incidence des mouvements du sol sur la structure du bâtiment et sur ses occupants.

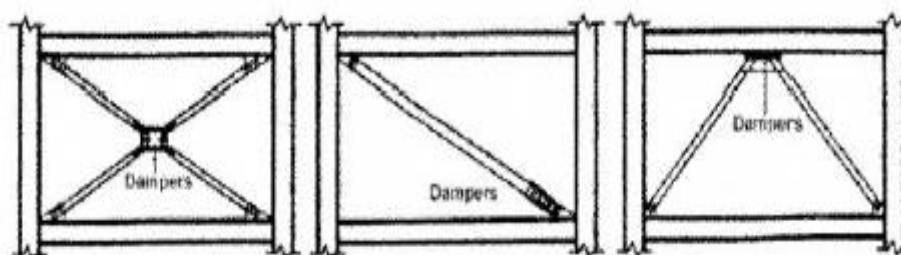


Figure.V.5 confortement par des amortisseurs

Chapitre V :

V.5.3.5) Suivi de l'ouvrage

Dans le cadre d'une stratégie préventive, la mise en place d'un programme de surveillance permet. À partir de chaque intervention, d'apprécier l'évolution de la structure par rapport aux préventions de l'étude. En plus, la surveillance des modifications pendant la durée de vie de l'ouvrage évite l'improvisation dans l'urgence et permet de découvrir le début des évolutions dégradantes. Ceci donnera une réflexion meilleure dans un délai suffisant pour réaliser une remise en service sans risque pour la structure lors des événements futurs. [2]

V.5.4) Conclusion :

La pathologie des bâtiments vis-à-vis au séisme dépend de plusieurs facteurs :

- ❖ Le type de la structure,
- ❖ Le nombre de niveaux,
- ❖ Le système de contreventement,
- ❖ Les matériaux utilisés,
- ❖ La nature du sol des fondations, etc.

Avant le renforcement, l'étude de la vulnérabilité est nécessaire. Elle permet de connaître le sens et les éléments les plus vulnérables et par conséquent le choix du type de renforcement adéquat. Actuellement il existe plusieurs méthodes de renforcement et elles sont en fonction du but :

- ❖ Augmentation de la capacité portante,
- ❖ Augmentation de la ductilité,
- ❖ Ou les deux simultanément.

V.6) Plans de renforcement :

Le plan de renforcement consiste à faire le tour des pathologies de vulnérabilité existantes dans nos deux blocs et d'élaborer un confortement adéquat afin d'éliminer toute pathologie pouvant nuire à notre structure.

V.6.1) Critères d'intervention sur la structure:

Il convient de prendre des décisions concernant l'intervention en fonction des conclusions de l'évaluation de la structure et/ou de la nature et de l'étendue des dommages. Il est à noter que les décisions optimales sont appliquées, comme dans le cas du dimensionnement des structures neuves, en tenant compte des aspects sociaux, tels que l'interruption de l'utilisation ou de l'occupation au cours de l'intervention.

V.6.2) Critères techniques :

Le choix du type d'intervention, sa technique, son ampleur et son urgence, doivent être fondés sur les informations recueillies lors de l'évaluation des deux blocs. Il convient de prendre en compte les aspects suivants :

- ❖ La correction de manière appropriée tous les défauts locaux importants.
- ❖ Dans le cas de bâtiments très irréguliers, l'amélioration la régularité de la structure dans toute la mesure du possible, à la fois en élévation et en plan

Chapitre V :

- ❖ Les caractéristiques de régularité et de résistance requises peuvent être obtenues soit en modifiant la résistance et/ou la rigidité d'un nombre approprié d'éléments existants, soit en introduisant de nouveaux éléments structuraux
- ❖ Augmentation effectivement la ductilité locale où nécessaire
- ❖ Il convient que l'augmentation de résistance après l'intervention ne réduise pas la ductilité d'ensemble disponible.

V.6.3) Justification du type d'intervention choisi :

Dans tous les cas, les documents afférents à la conception du renforcement doivent comprendre la justification du type d'intervention choisi et la description de l'effet prévu de ce dernier sur la réponse de la structure. Comme, il convient que cette justification soit mise à la disposition du maître d'ouvrage.

Dans notre cas nous avons conforté notre structure en nous basant sur les pathologies de vulnérabilité remarquées après modélisation qui sont :

- ❖ La période fondamentale est très élevée, 1,47 s pour le bloc 1 et 1,36 s pour le bloc 2.
- ❖ Les dimensions et le ferrailage des poteaux de rives est inadéquat par rapport aux normes en vigueur.
- ❖ Aucun contreventement prévu pour reprendre les charges sismiques.
- ❖ Apparition de mécanisme de ruine global de la structure (Rotules plastiques dans les poteaux).
- ❖ Notre structure actuelle travaille en torsion dans son 2^e mode de vibration (chose qui n'est pas recommandée). Nous avons essayé d'adopter un confortement qui non seulement peut réhabiliter notre structure, mais de plus éviter que la torsion soit un mode prépondérant lors des vibrations de la structure (revenir sur une structure plus régulière en plan et en élévation)

V.7) Étude de notre structure après confortement :

Dans ce qui suit, nous procéderons à l'étude du bâtiment après confortement, qui se traduit par l'injection à une injection de voiles (épaisseur 20cm) sur la périphérie des deux bâtiments qui forment le pavillon d'urologies. Figures (V.6; V.7; V.8; V.9)

Chapitre V :

❖ Bloc 1 :

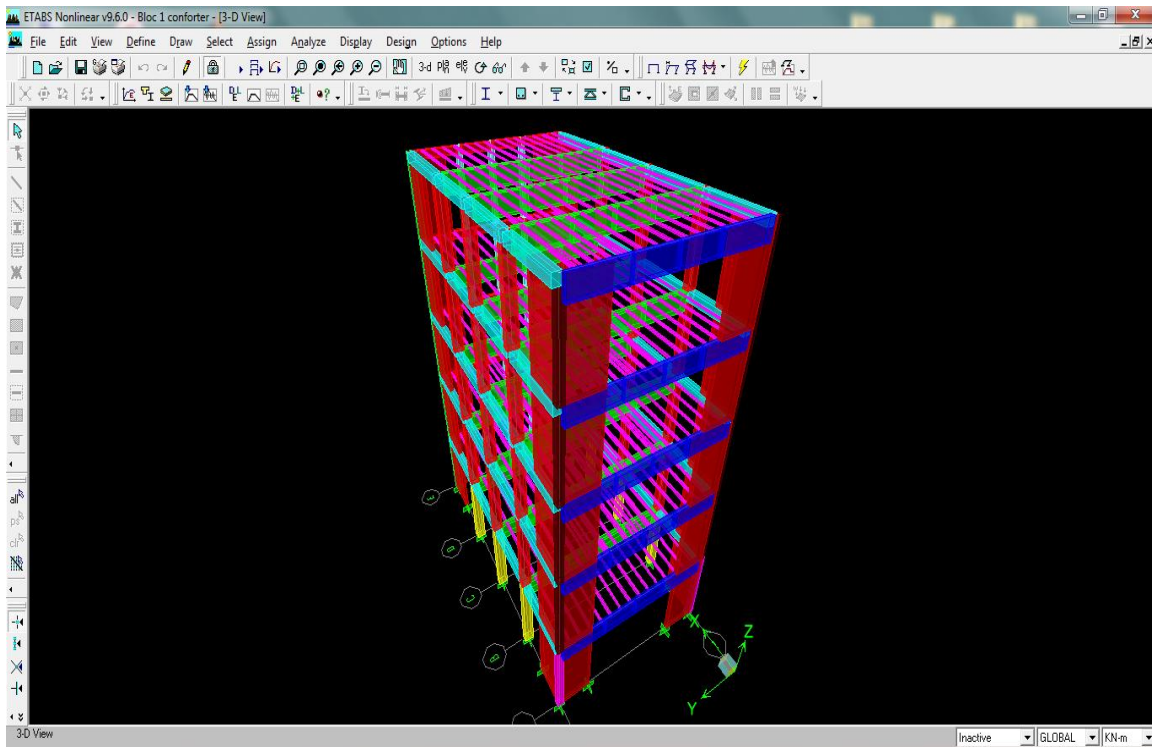


Figure V.6 vue en 3D après confortement du bloc-1-

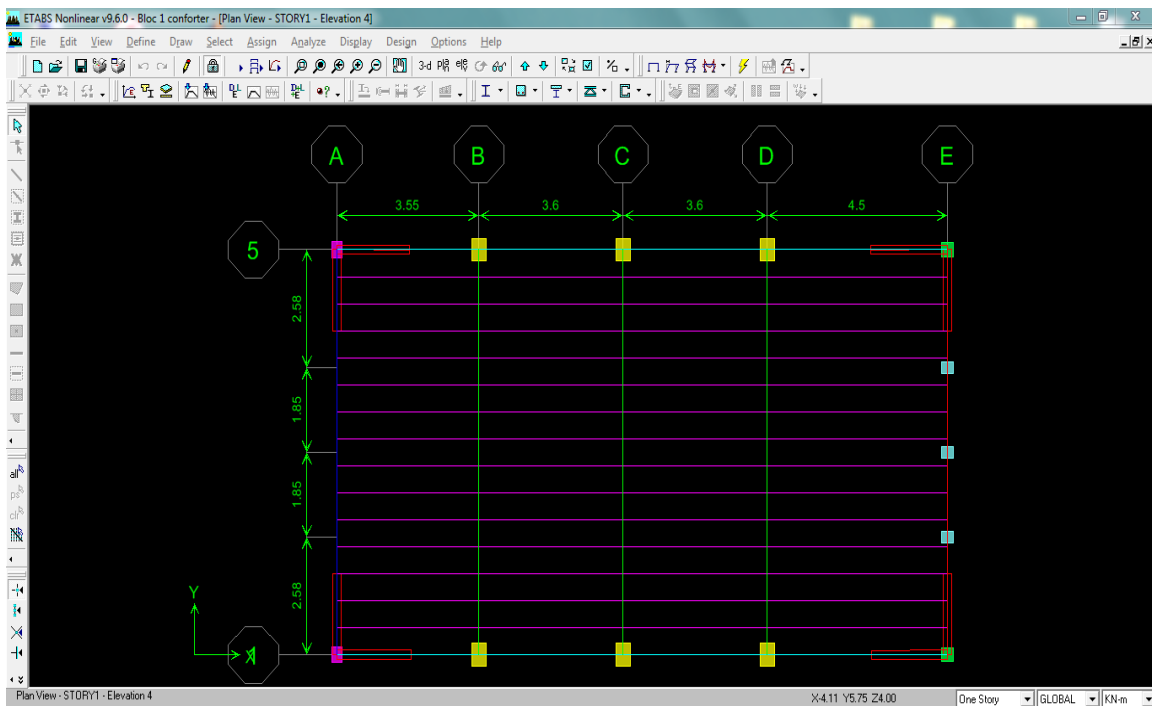


Figure V.7 vue en plan après confortement du bloc-1-

Chapitre V :

❖ Bloc 2 :

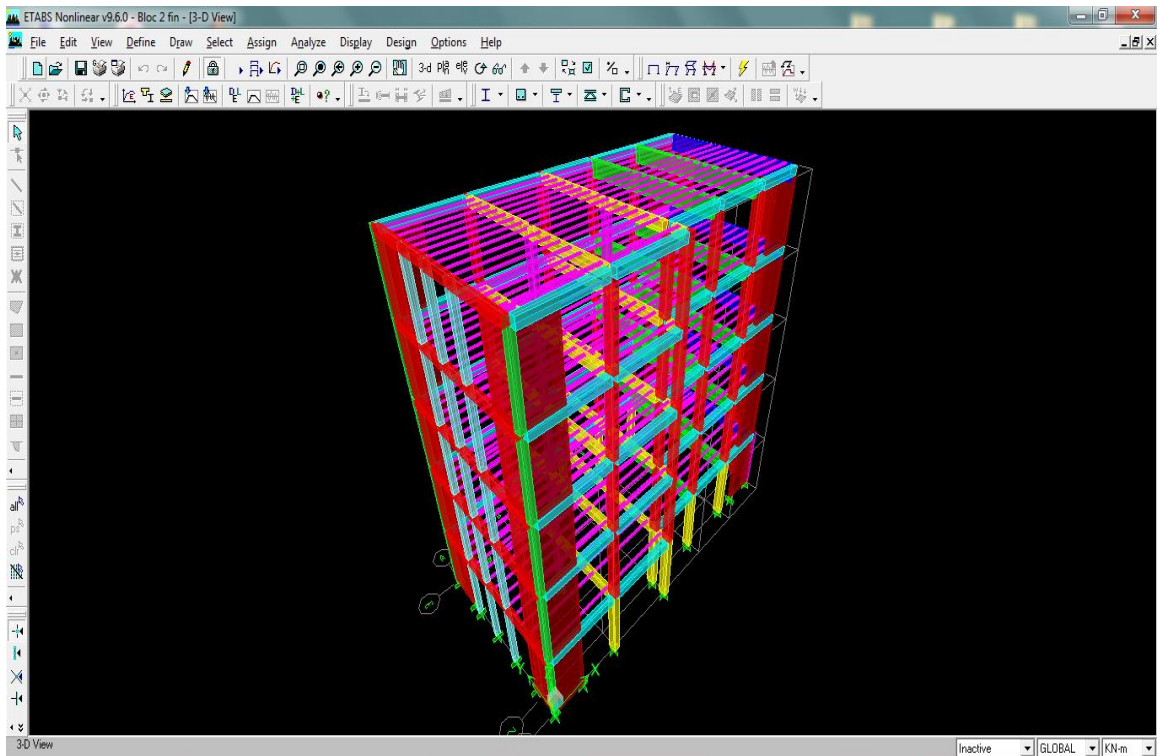


Figure V.8 vue en 3D après confortement du bloc-1-

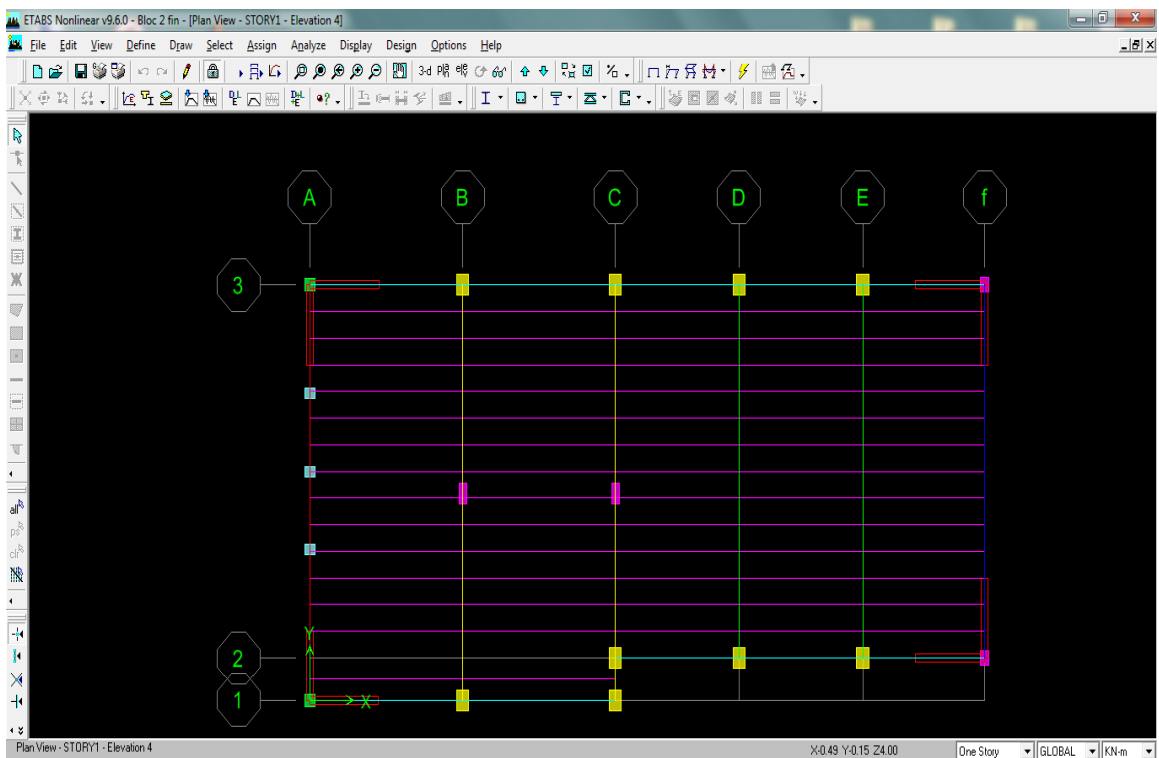


Figure V.9 vue en plan après confortement du bloc-2-

Chapitre V :

V.7.1) Calcul de la structure après confortement :

V.7.1.1) les résultats obtenus lors de l'analyse push over du bloc 1 suivant les deux directions (après confortement) :

Les points qui définissent les courbes de capacité du bloc 1 suivant les deux directions sont résumés dans le tableau (IV.) : cm

	Déplacement spectral S_d (m)	Accélération spectrale S_a (m/s ²)
Direction (xx)	0	0
	0.00976	0,09
	0,061	0,426
	0,063	0,433
	0,063	0,43
	0,064	0,438
Direction (yy)	0	0
	0.00346	0,045
	0,028	0,266

Tableau V.1. Spectre de capacité selon les deux directions.

V.7.1.2) Représentation du point de performance du bloc 1 conforté :

Une représentation bilinéaire de la nouvelle courbe de capacité qui est développée et du nouveau point de performance obtenu dans le sens x-x et sens y-y respectivement dans les figures V.10 - V.11.

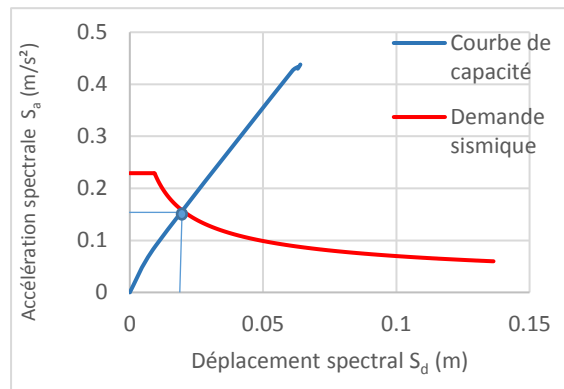


Figure V.10

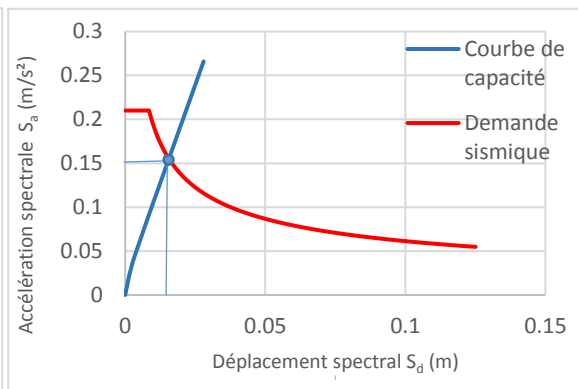


Figure V.11

Remarque :

Les coordonnées du point de performance PP x-x : (0.019-0.157), PP y-y: (0.028-0.0157)

Ce qui positionne notre bloc dans le degré de dommage 1 voir (Tableau IV.1)

Chapitre V :

V.7.1.3) les résultats obtenus lors de l'analyse push over du bloc 2 selon les deux directions (après confortement) :

Les points qui définissent les courbes de capacité du bloc 1 suivant les deux directions sont résumés dans le tableau (IV) :

	Déplacement spectral S_d (m)	Accélération spectrale S_a (m/s ²)
Direction (x-x)	0	0
	0.00340	0,087
	0,048	0,461
	0,051	0,478
	0,075	0,624
	0,09	0,694
	0,09	0,694
Direction (y-y)	0	0
	0.00173	0,023
	0,028	0,224
	0,03	0,225

Tableau V.2.Spectre de capacité selon les deux directions.

V.7.1.4) Représentation du point de performance du bloc 2 conforté :

Une représentation bilinéaire de la nouvelle courbe de capacité qui est développée et du nouveau point de performance obtenu dans le sens x-x et sens y-y respectivement dans les figures V.12 - figure V.13

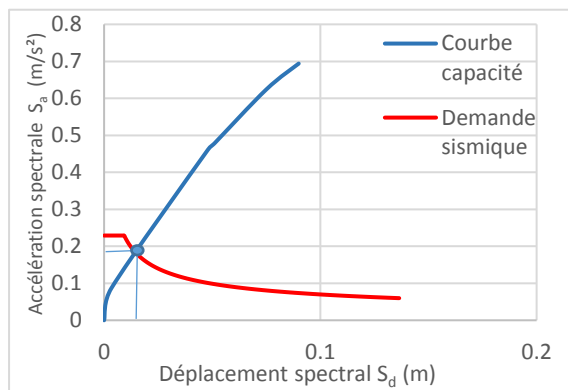


Figure V.12

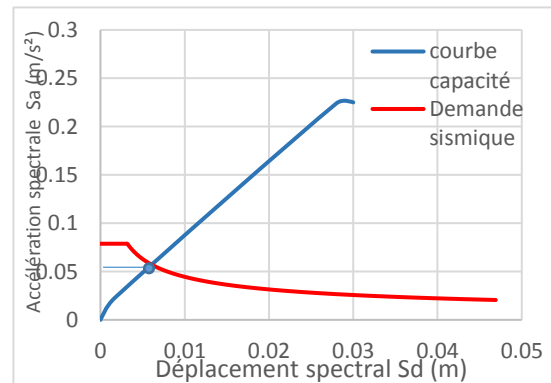


Figure V.13

Les coordonnées du point de performance PP x-x : (0.014-0.185), PP y-y : (0.006-0.056)

Ce qui positionne notre bloc dans le degré de dommage 1 voir (Tableau IV.1)

Chapitre V :

V.7.2) La variation du point de performance :

Le point de performance ayant changé de position avec le confortement proposé pour bien évaluer et visualiser les variations nous avons nous avons superposé les courbes de la demande sismique à 0,15 g, 0,20 g, 0,25 g, 0,30 g, 0,20 g 0.35g et, 0,40 g d'accélération avec la courbe de capacité.

V.7.2.1) Bloc 1 :

❖ Direction (x-x) :

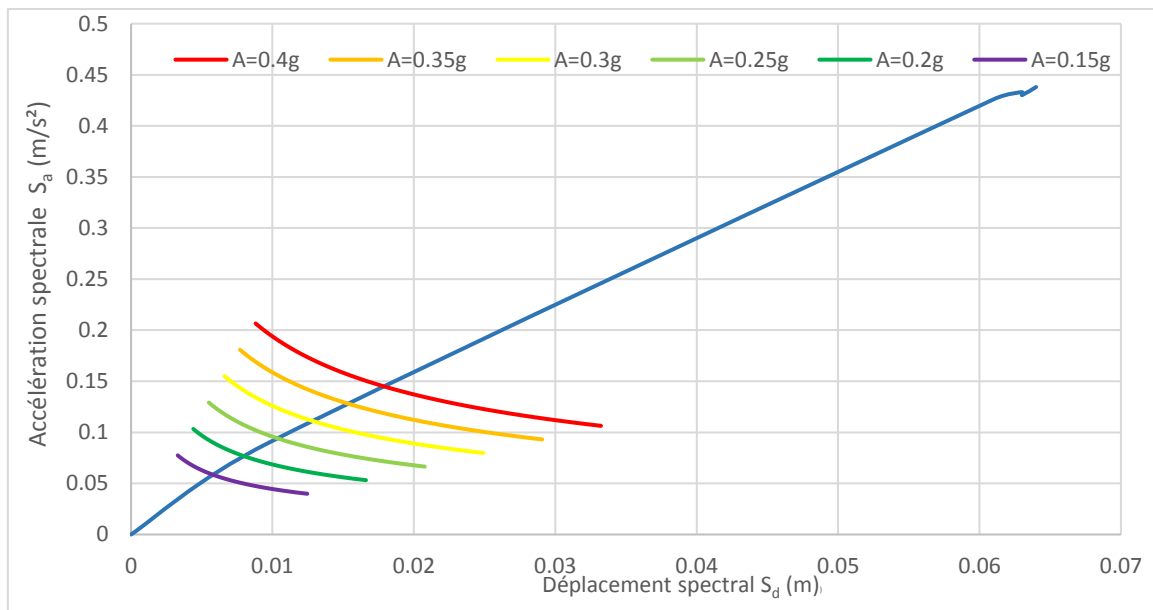


Figure V.14. Superposition de courbe capacité et variation de la demande sismique.

❖ Direction (y-y) :

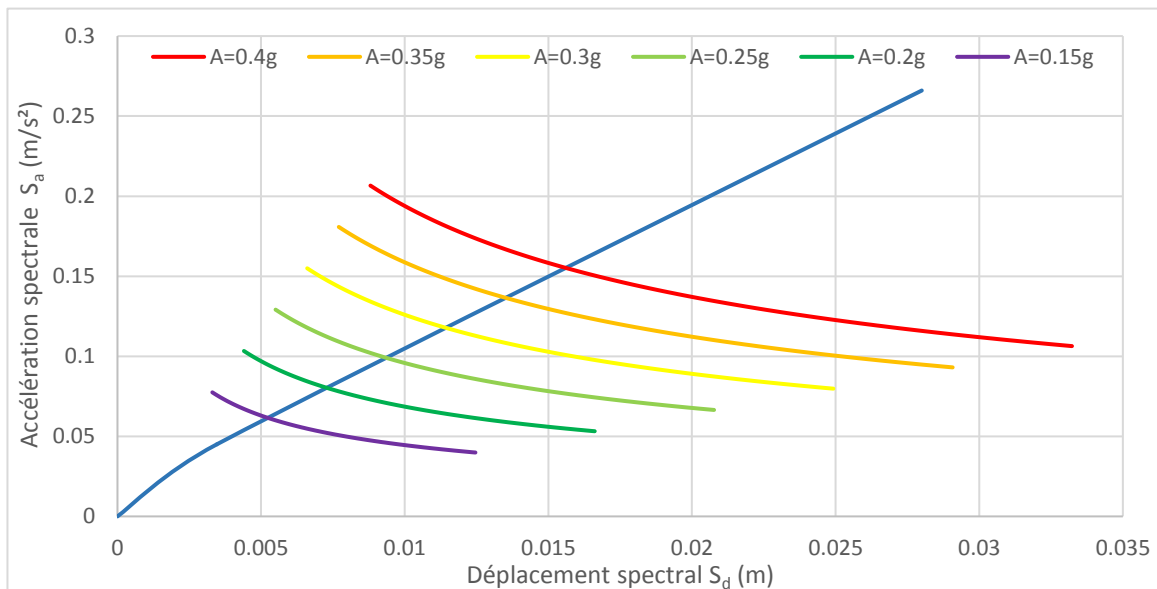


Figure V.15. Superposition courbe de capacité et variation de la demande sismique.

Chapitre V :

V.7.2.2) Bloc 2 :

❖ Direction (xx) :

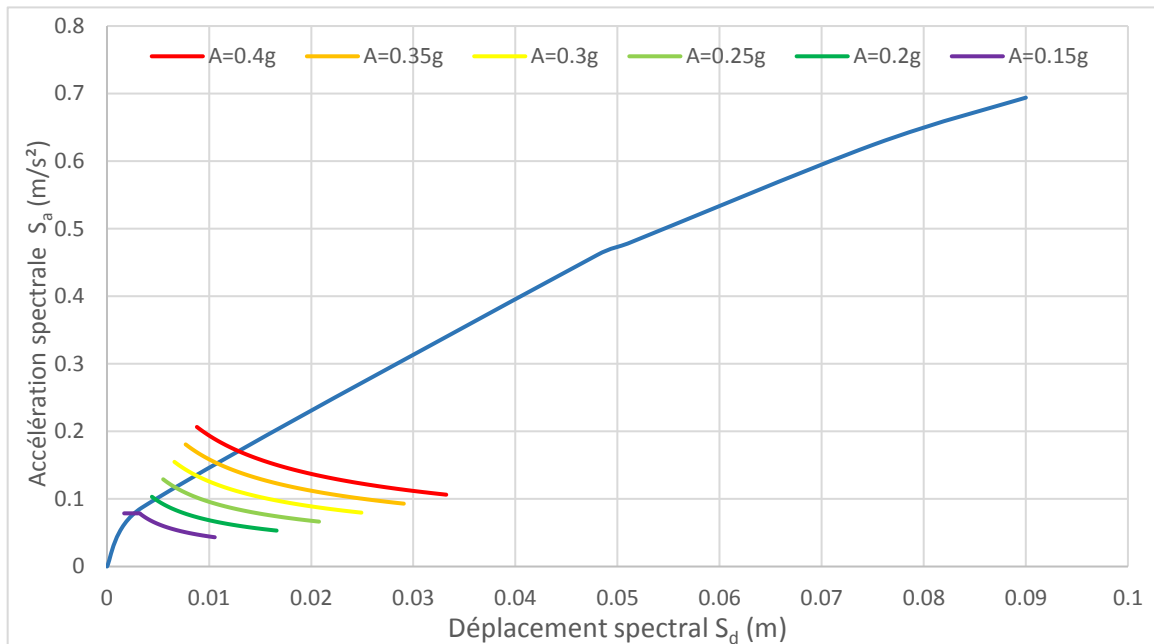


Figure V.16. Superposition courbe de capacité et variation de la demande sismique.

❖ Direction (yy) :

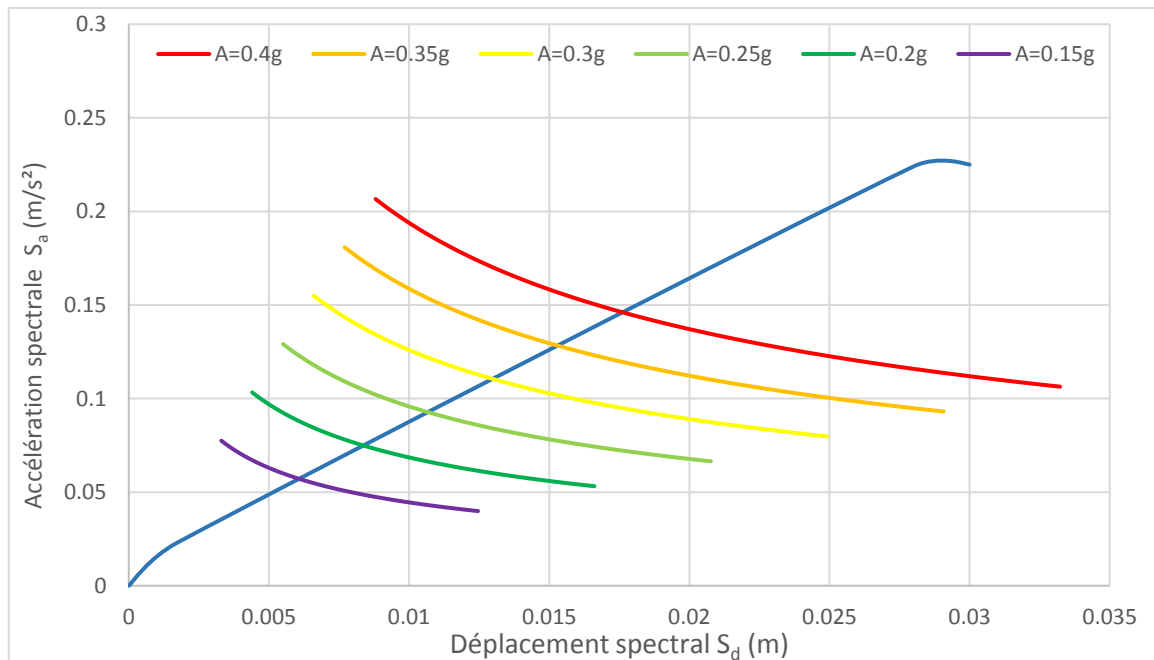


Figure V.17. Superposition courbe de capacité et variation de la demande sismique.

Chapitre V :

V.7.3) Analyse des courbes :

Après avoir fait une analyse sur les 2 blocs, superposer les courbes de capacité obtenus avec les courbes de demande sismique nous allons procéder à l'analyse des résultats.

V.7.3.1) courbe capacité et variation de la demande sismique

Les courbes (V.14) (V.15) (V.16) (V.17) obtenues, nous permet de :

- ❖ Remarquer les variations possibles de la position du point de performance, en fonction des courbes respectives de la demande et de la capacité.
- ❖ Mieux apprécier la sensibilité du paramètre demande sismique qui est influencée par la zone sismique et le type de séisme.
- ❖ Remarquer que nos deux blocs peuvent résister à un séisme de 0,4 g selon les deux directions grâce au confortement adopté.

V.7.4) courbe de capacité avant et après confortement :

Afin de mieux voir l'amélioration de la courbe de capacité de notre structure nous allons superposer les courbes de capacité obtenue après confortement avec celle de la structure existante.

❖ Bloc1 :

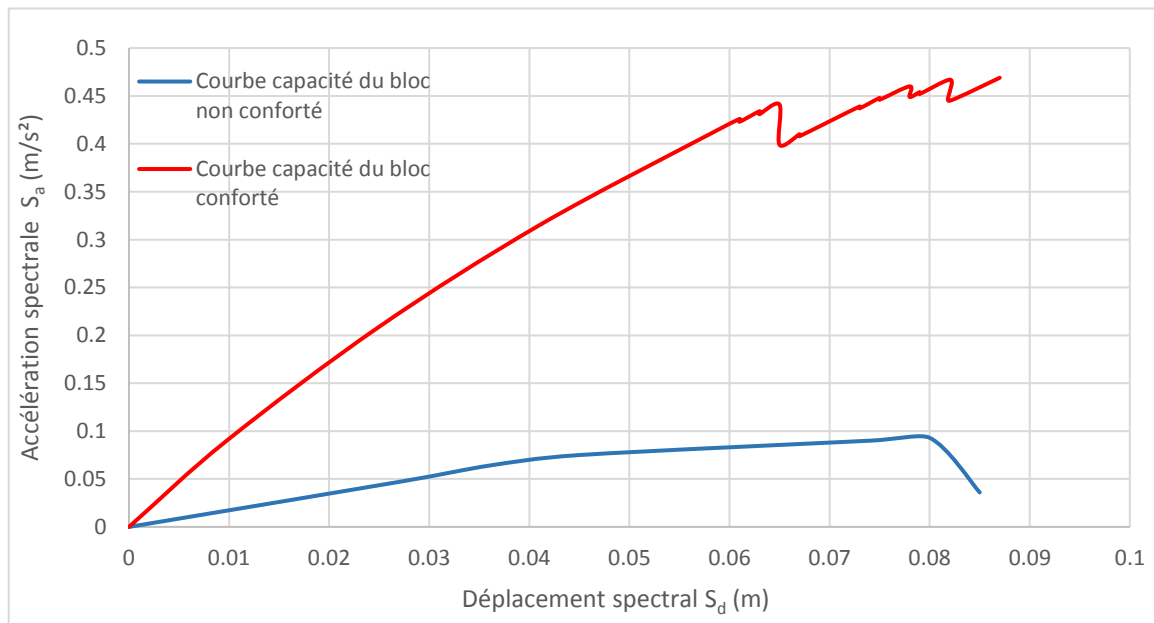


Figure V.18. Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement xx

Chapitre V :

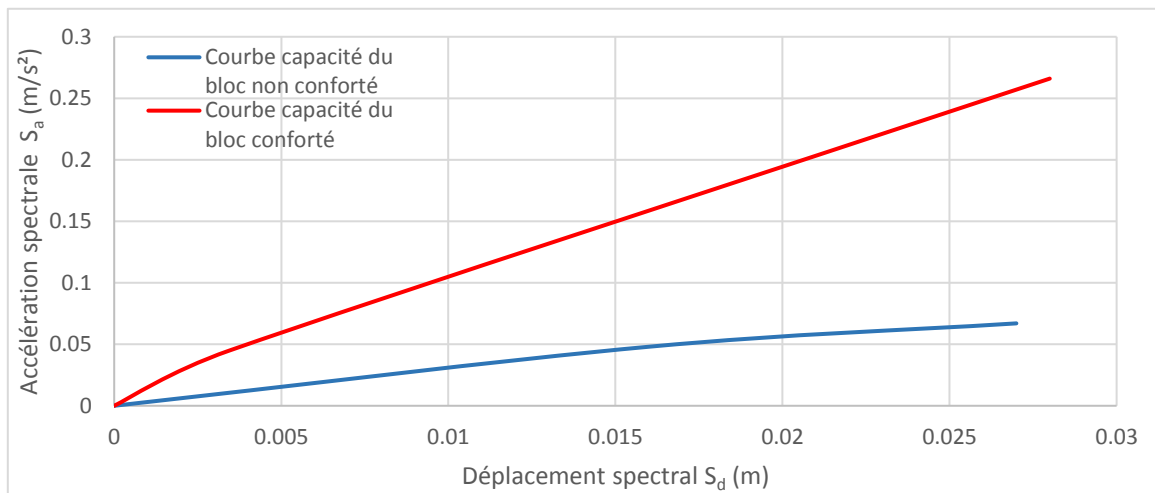


Figure V.19. Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement y-y

❖ Bloc2 :

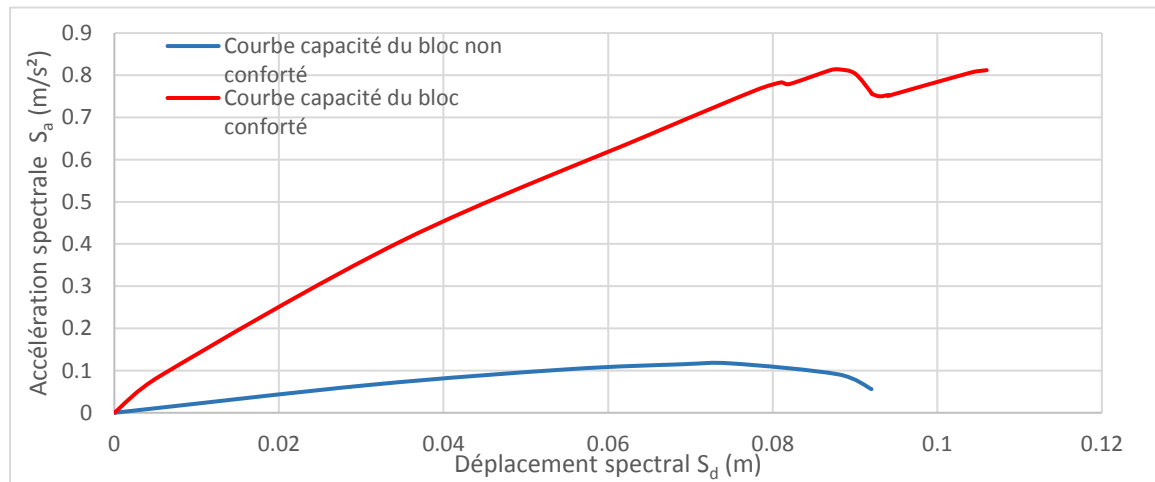


Figure V.20. Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement x-x

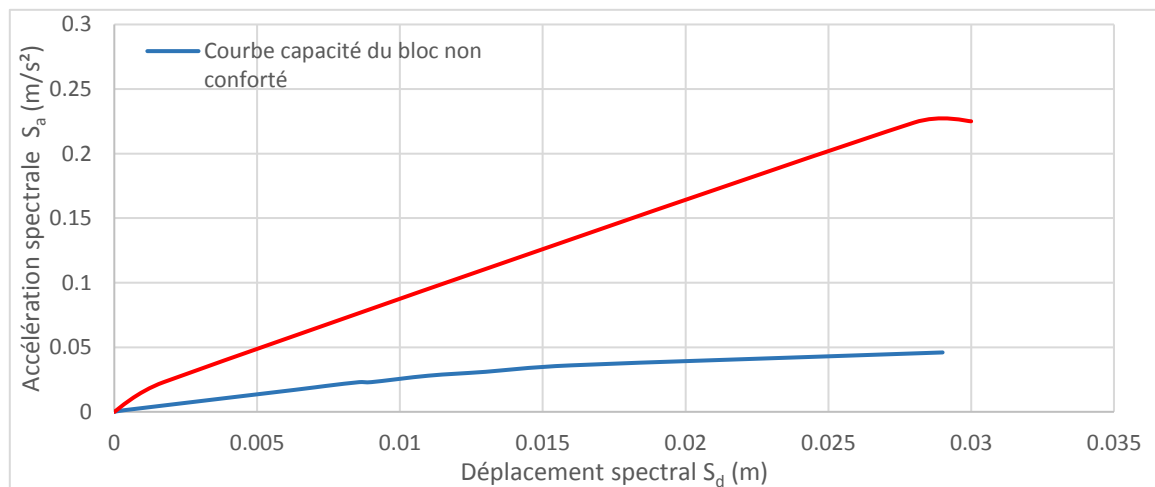


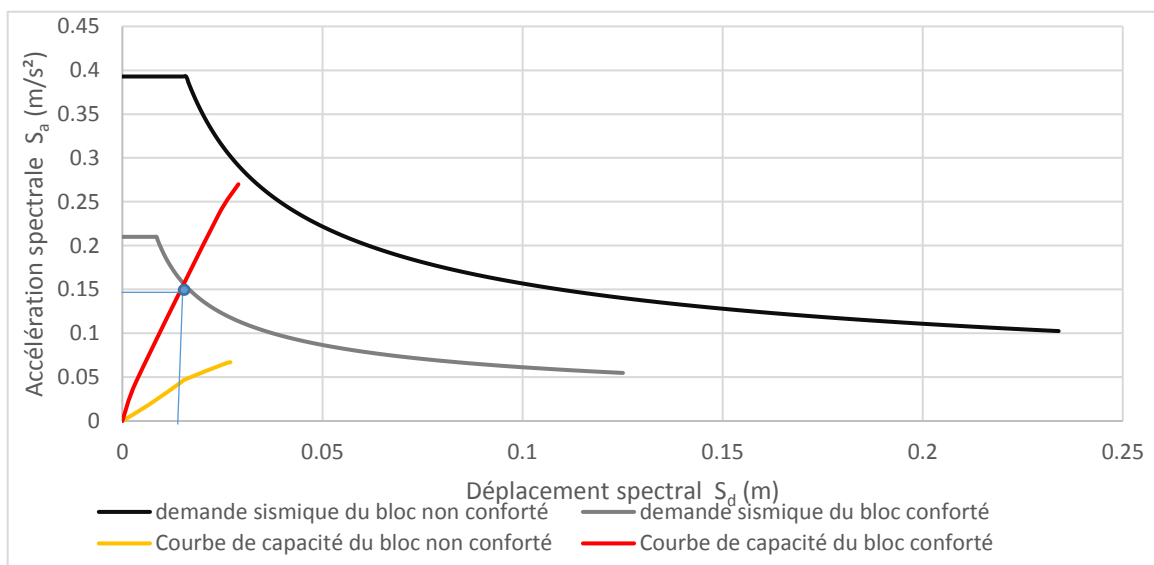
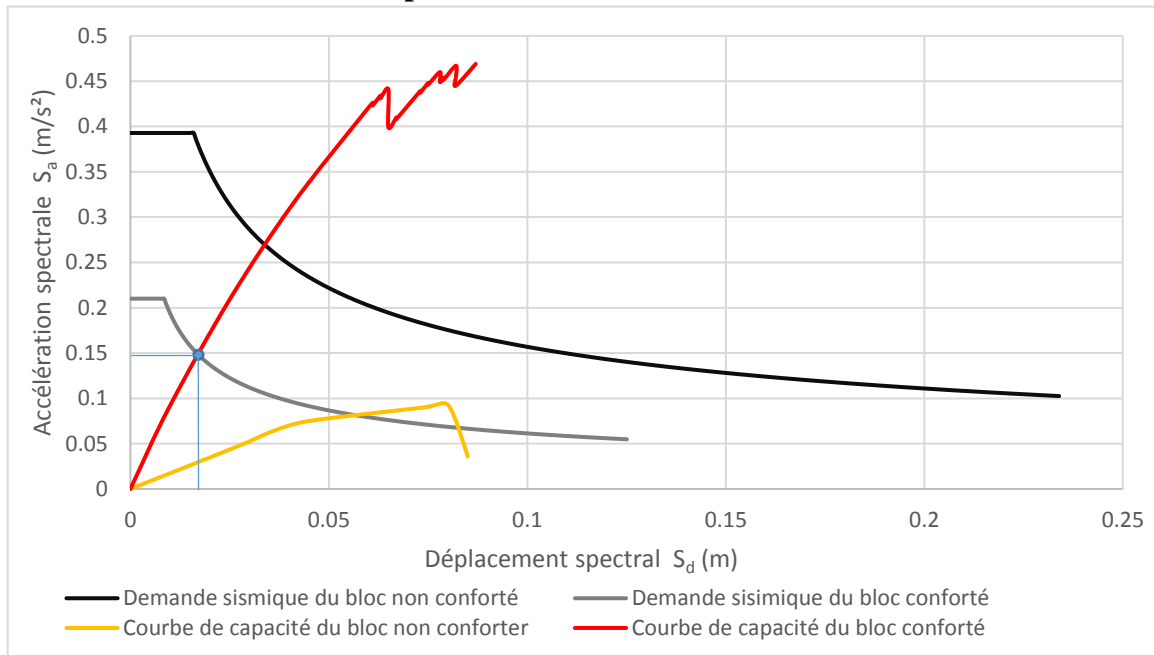
Figure V.21. Superposition de la courbe de capacité avant et après confortement y-y

Chapitre V :

V.7.4.1) Point de performance avant et après confortement :

Dans ce qui suit, nous avons procédé à la superposition du point de performance obtenus avant et après confortement pour mieux visionner le gain obtenu grâce au confortement.

❖ Dans ce qui va suivre nous allons voir la variation du point de performance du Bloc 1 avant et après confortement:



Chapitre V :

- ❖ Dans ce qui va suivre nous allons voir la variation du point de performance du Bloc 2 :

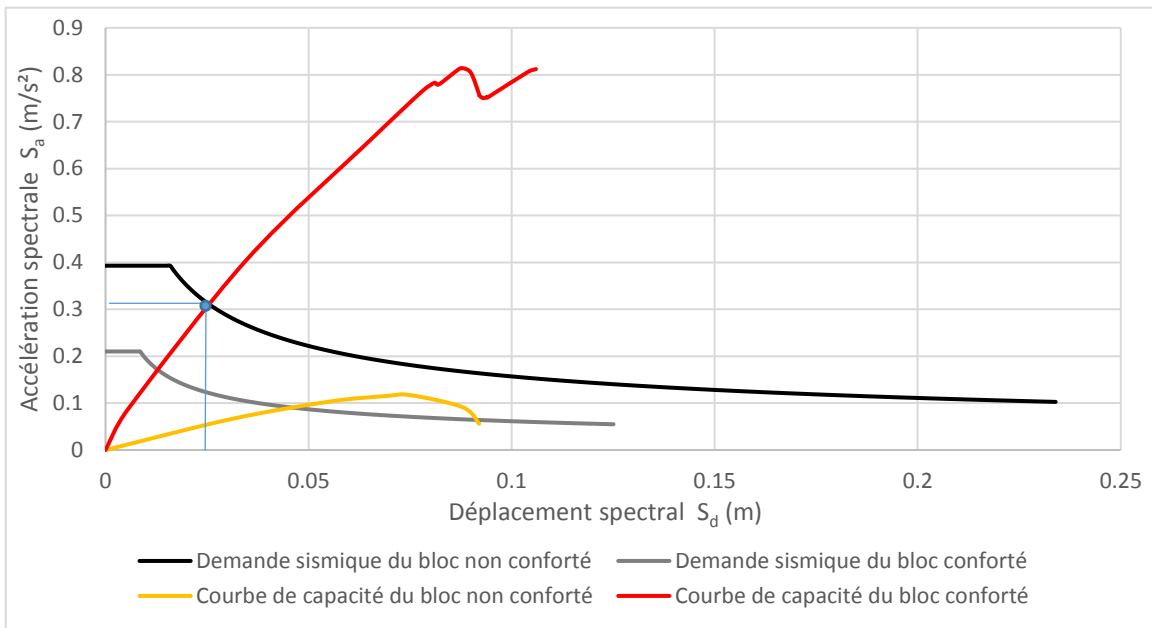


Figure V.24. Superposition de la courbe de capacité et de la demande avant et après confortement sens x-x

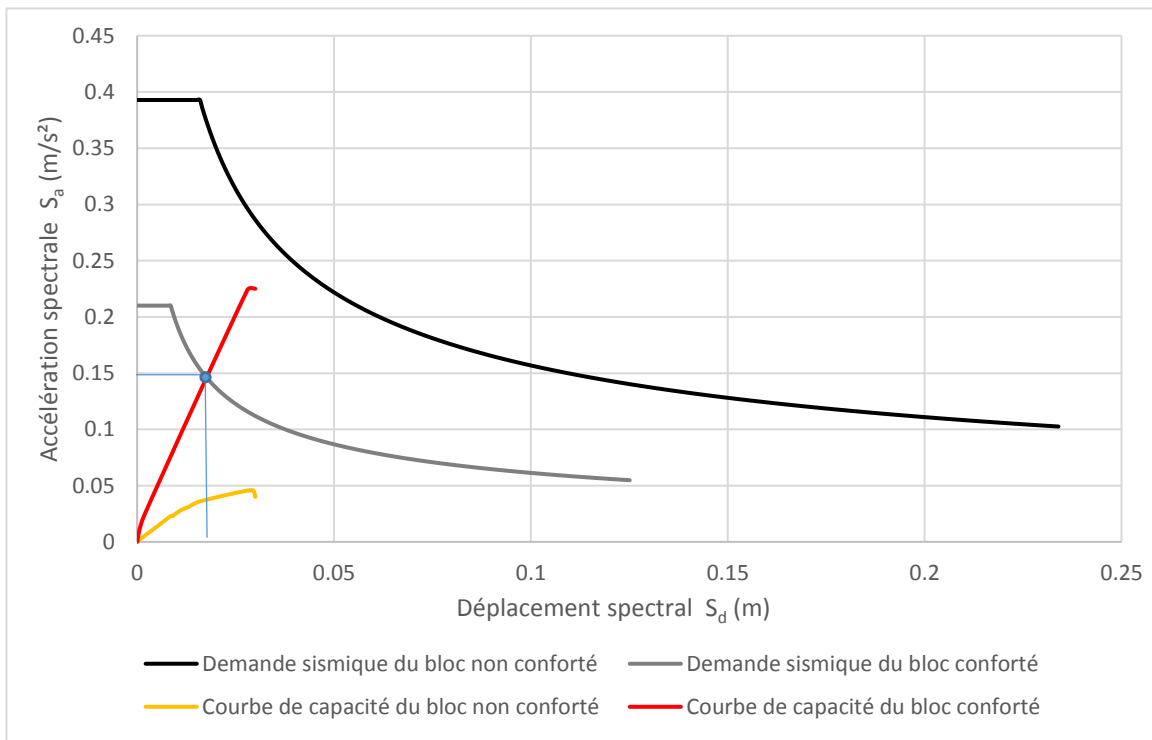


Figure V.25. Superposition de la courbe de capacité et de la demande avant et après confortement sens y-y

Chapitre V :

V.7.5) Analyse des courbes

Après avoir fait une analyse sur les 2 blocs, superposer les courbes de capacité et les point de performance de la structure avant et après confortement nous allons procéder à l'analyse des résultats.

V.7.5.1) Superposition de la courbe de capacité avec la demande sismique avant et après confortement :

Les figures (V.18) (V.19) (V.20) (V.21), nous permettent de remarquer :

- ❖ Un gain de déplacement spectral sous chargement sismique.
- ❖ Une augmentation de rigidité après confortement.
- ❖ Un allongement du pallié élastique.

V.7.5.2) point de performance avant et après confortement :

Les figures (V.22) (V.23) (V.24) (V.25), nous permettent de remarquer :

- ❖ Les points de performance qui, avant le confortement, étaient inexistant ont fait leur apparition après confortement.
- ❖ Les coordonnées des points de performance obtenus nous renvoie vers le degré de dommage 1 après confortement
- ❖ Notre structure peut, à présent répond aux critères du RPA, et supporter des séismes attendus sur Alger

V.8) Conclusion :

Les deux bâtiments représentant le bloc urologie du CHU Mustapha Pacha viennent de faire l'objet d'un confortement par injection des voiles placés à la périphérie des deux bâtiments, ces derniers sont dimensionnés conformément au code parasismique algérien pour la zone (III) qui est une région de forte sismicité.

L'évaluation des dommages attendus fait au moyen d'une analyse non linéaire de type «**PUSH OVER**» en utilisant le logiciel **ETABS V.9** (calcul non linéaire des structures) a permis d'évaluer l'incidence du confortement adopté sur le comportement sismique des deux bâtiments.

En effet le confortement par ajout de voiles sur la périphérie des bâtiments nous a conduits aux conclusions suivantes :

- ❖ Contrairement aux structures autostables, vulnérables aux séismes de faibles intensités, l'introduction de voiles de contreventement permet une amélioration significative du comportement dynamique des structures, qui peuvent reprendre des accélérations sismique importantes (**Zone III**) sans pertes de résistance.

Chapitre V :

- ❖ De plus, les voiles de contreventement contribuent à l'augmentation de la rigidité des structures et réduisent ainsi les déplacements, ce qui a pour avantage d'éviter les désordres et fissures importantes qui peuvent être préjudiciables pour un bâtiment à usage hospitalier.

Conclusion générale :

Conclusion générale :

L'objectif assigné à cette étude était de poser un diagnostic pour le pavillon d'urologie. Ayant observé plusieurs pathologies suite à l'expertise visuelle, le recours aux fiches du CTC ainsi que le calcul de l'indices de vulnérabilité a permis de confirmer la vulnérabilité de la structures, qui se situe dans le niveau général des dommages (**orange 4**).

Néanmoins, nous avons entrepris une campagne d'essais non destructifs afin d'avoir les données nécessaires pour l'évaluation de la performance sismique de la structure (**PUSH OVER**) en utilisant le logiciel **ETABS**. (σ_b , E , $\gamma...$).

Le but de cette démarche et de confirmer ou infirmer la classification (**orange 4**) déterminée par le calcul de l'indice de vulnérabilité. Les résultats de l'analyse push over ont été révélateurs sur la vulnérabilité sismique des deux bâtiments, confirmant ainsi leur classification dans le niveau général des dommages (**orange 4**).

Une étude de confortement, qui est l'objectif essentiel de ce travail, s'est avérée plus que nécessaire. Ce confortement se résume par l'injection de voiles sur la périphérie des deux blocs du pavillon d'Urologie. Ces voiles de **20 cm d'épaisseur** et de longueur de 1m (sens longitudinal) et de 0.80 m (sens transversal) doivent être amorcés au niveau des longrines existantes et seront érigés sur toute la hauteur des bâtiments.

L'analyse comparative des dommages enregistrés, avant et après confortement, a mis en évidence l'excellent comportement non linéaire des blocs après confortement, en effet, la classification de la structure est passée de **l'orange 4** au **Vert 2**.

Quant au choix de la meilleure technique de confortement, une étude technico économique globale aurait été nécessaire pour la prise de décision.

Reference bibliographiques

- [1] MARIE-JOSÉ NOLLET (2004)- évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments existants - État des connaissances, Département de génie de la construction - ECOLE DE TECHNOLOGIE SUPERIEURE - La version électronique de ce rapport technique est disponible sur le site Web de l'École de technologie supérieure ([http: www.etsmtl.ca](http://www.etsmtl.ca))
- [2] AHMED AMINE KACIMI MAGISTÉR USTHB - évaluation des réhabilitations menées sur des bâtiments affectés par le séisme de boumerdes du 21 mai 2003.utilisation de la méthode de vibrations ambiantes (bruit de fond)
- [3] MENASRI, NOUAOURIA & M. GIJENFOUD - évaluation de la vulnérabilité sismique a l'échelle d'une structure en béton arme par l'analyse statique non linéaire (pushover)
- [4] KAHIL AMAR : Cours master structure (2013-2014) analyse pushover
- [5] Dr Vincent Pellissier Dr Michel Thomann Cours postgrade de génie parasismique : évaluation des structures existantes
- [6] Mr MAHBOUB Lotfi Mr MOULESSEHOUL Sid Ahmed - étude des systèmes de contreventements des structures en béton arme.
- [7] MR MADJID HARBANE MR AMAR KAHIL évaluation de la vulnérabilité de la pédiatrie de chu nadir Mohamed.
- [8] HeERIOT WATT UNIVERSITY analyse Statique Non Linéaire Par Poussée Progressive (Pushover) D'un Bâtiment En Renforce
- [9] ALBERT SADOULET ANDRÉ GARCIA algeria et l'afrique du nord illustrée, revue mensuelle, printemps 1955.Édition;l'office algérien d'action.
- [10] MOHAMED NABOUSSI FARSI, YAMINA AIT MEZIANE-
- [11] YAGOUB MOHAMED- évaluation de la qualité do béton de fibres in situ cas de béton auto plaçant avec des fibres mixtes
- [12] NF EN 12504-4 essais pour béton dans les structures.
- [13] RAFIK MADI ,MOHAMED GUENFOUD :Techniques de renforcement des bâtiments en béton arme vis-à-vis du séisme
- [14] Guide de renforcement parasismique (Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications)
- [15] PROF.KASSOUL Amar : Vulnérabilité et réhabilitation des structures
- [16] CGS rapport : démarche à suivre pour réhabilitation des structures zone III
- [17] La méthode de performance point (ATC 40). Principe de base et utilisation pratique.
- [18] BRGM : Réalisation d'un zonage sismique de la méditerranée

- [19] Regles-parasismiques-algeriennes-rpa99-version-2003
- [20] LEYLA BOUZID : caractérisation des sols et leurs influences sur la vulnérabilité du bâti existant
- [21] LEYLA BOUZID : étude de la fonction de vulnérabilité en fonction des dommages
- [22] Mr BELKHEIR MOHAMED AGHILES : Influence de la disposition des voiles sur la performance sismique des bâtiments.
- [23] HAFIANE ABDERRAHIM : les projets d urbanismes récents en algerie.
- [24] Historique hopital mustapha pacha
- [25] MIQBAL SHUHARWARDY, 1999, Performance Based Design Modeling for Pushover Analysis Use of the Pushover Curve
- [26] MEHDI POURSHA, FARAMARZ KHOSHNOUDIAN, ABDOREZA S. MOGHADAIN, 2008, Assessment of conventional nonlinear static procedures with FEMA load distributions and modal pushover analysis for high-rise buildings.
- [27] PIERRE ALAIN NAZÉ: contribution a la prédiction du dommage des structures en béton armé sous sollicitation sismique. (École centrale de Lyon)
- [28] Y. MENASRI, M.S. NOUAOURIA ,M. GUENFOUD, 2010, Evaluation De La Vulnérabilité Sismique A L'échelle D'une Structure En Béton Arme Par L'analyse Statique Non Linéaire .