IV-1 Présentation et description des structures

Dans ce chapitre trois structures auto-stables en béton armé sont étudiés, ces derniers sont à usage d'habitation implantées dans la région de M'sila sont classées par le règlement parasismique algérien RPA99 "version 2003" comme une zone de sismicité moyenne zone IIa le sol de site est considéré comme un sol rigide (S1), l'ouvrage appartient au groupe 2 (Ouvrages courants ou d'importance moyenne).

L'une est constituée de portiques auto-stables (R= 3.5) en béton armé, et présentant des déférents vue en plan, qui comporte cinq (5) travées dans le sens xx et deux (2) travées dans le sens yy). La hauteur h de l'étage est constante dans les trois structures, évaluée h = 3 m.

L'étude est menée en considérant trois (03) types de bâtiments en R+3 en béton armé dont les différents pourcentages d'irrégularité en plan (caractérisant la limite des décrochements en plan selon le RPA 99/V2003 (Figure. IV.1)

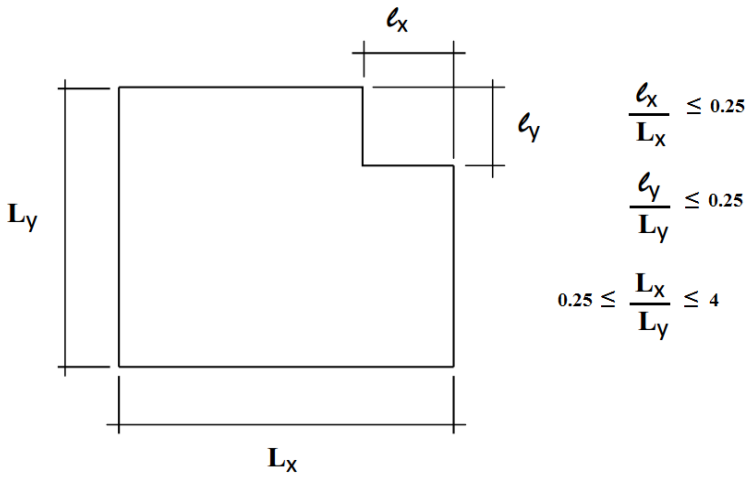


Figure IV.1 : Limite des décrochements en plan (RPA 99/V2003).

Ces bâtiments sont a usage d'habitation, classée selon le RPA 99/V2003 comme une zone de moyenne sismicité (zone IIa).

IV-2 Caractéristiques géométriques communes pour les trois variantes étudiées

Longueur totale de structure : 15 m

Largeur totale de bâtiment : 12 m

L'hauteur totale de bâtiment : 12 m

Ces trois structures sont supposées encastrées à leurs bases. La hauteur d'étage de chaque bâtiment égale a 3 m

IV-3 Vues en plan et en 3D des trois variantes étudiées

Variante 01 :

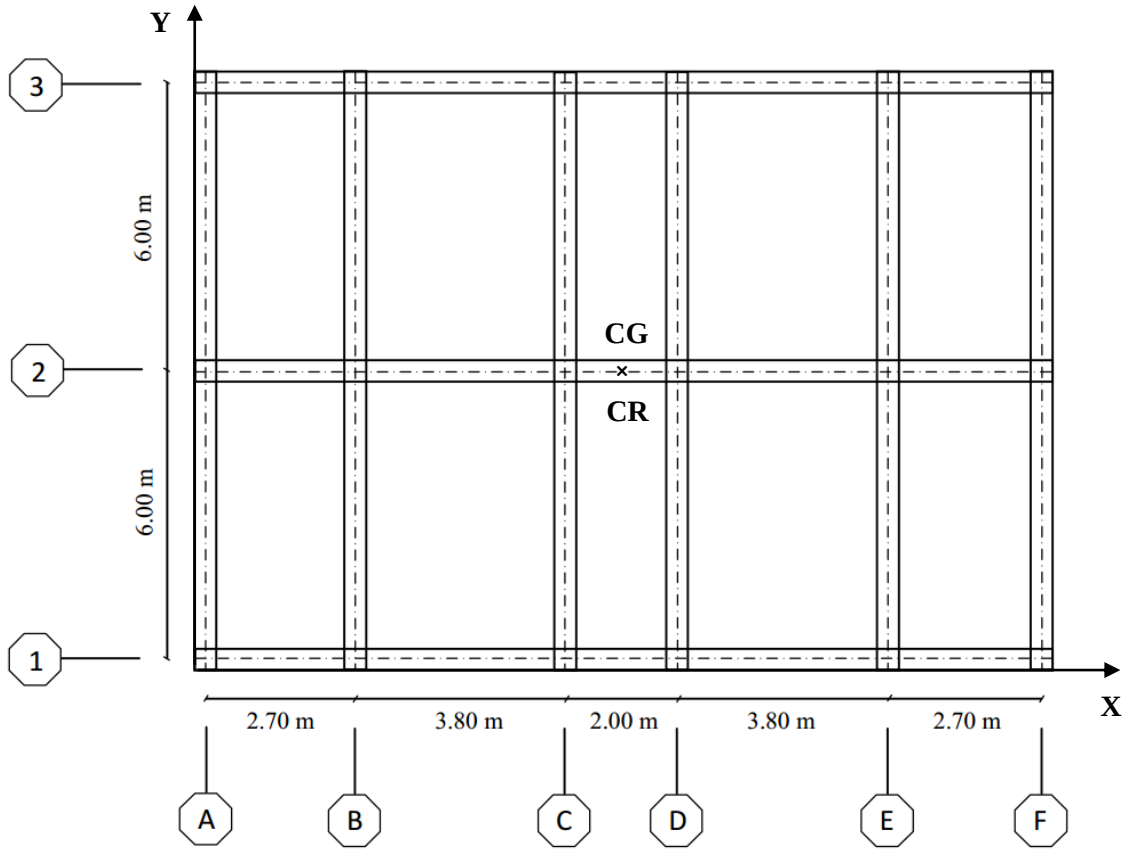


Figure IV.2 : Vue en plan de la variante n°01.

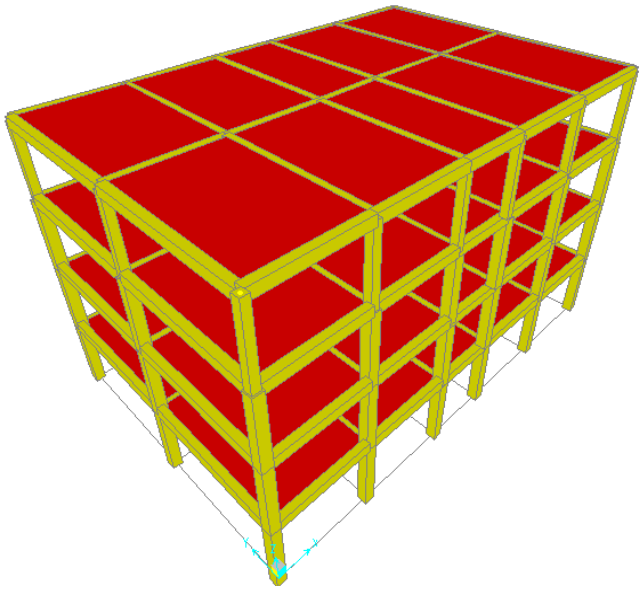


Figure IV.3 : vue en 3D de la variante n°01.

Variante 02 :

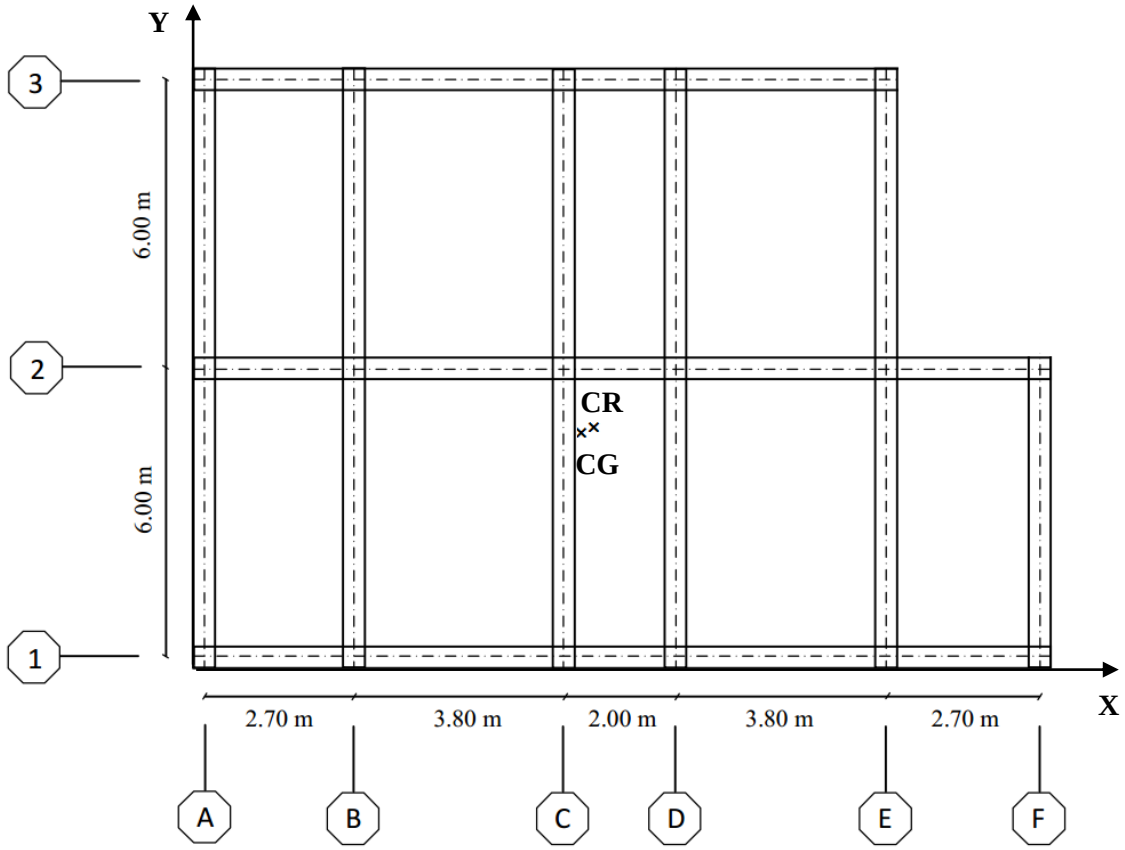


Figure IV.4 : Vue en plan de la variante n°02.

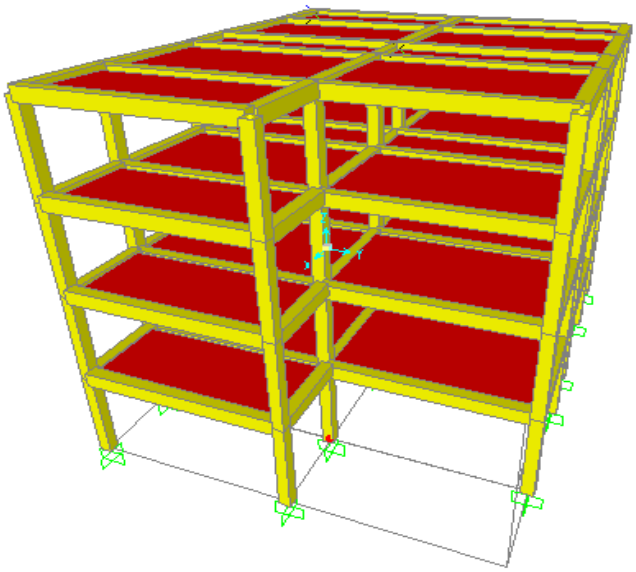


Figure IV.5 : Vue en 3D de la variante n°02.

Variante 03 :

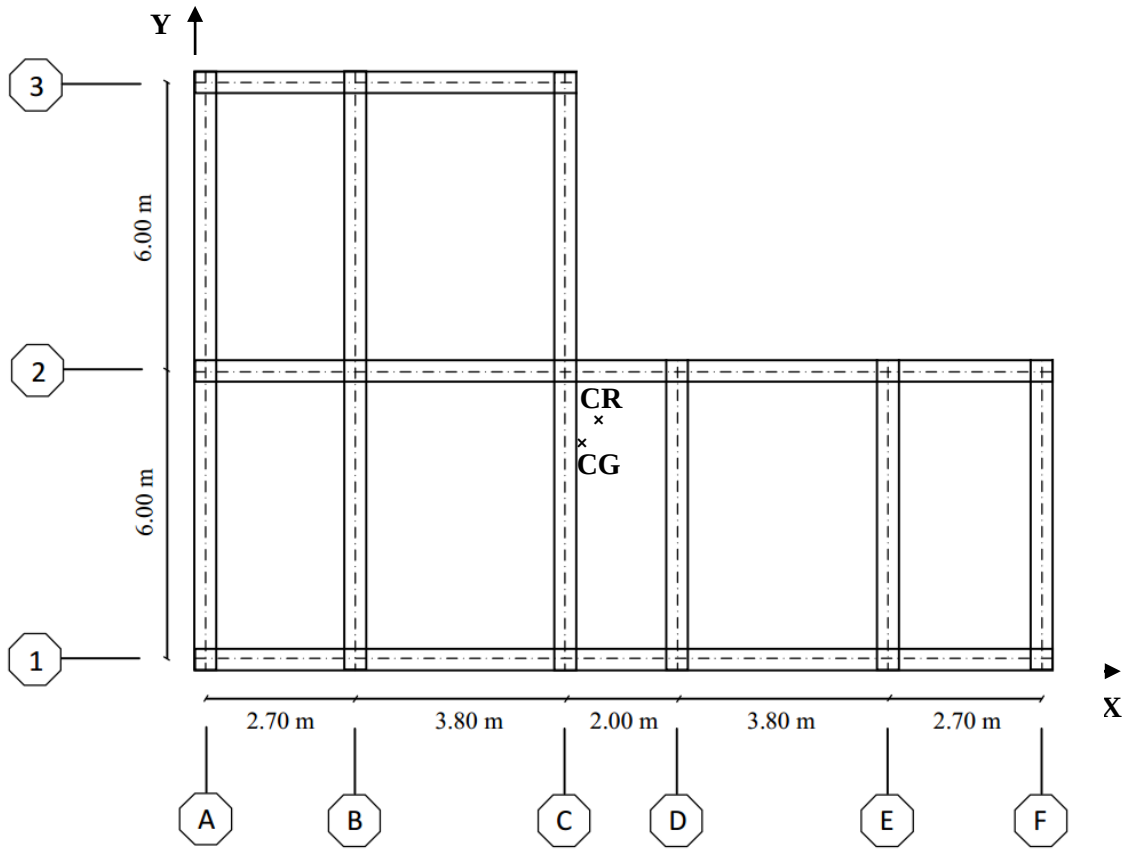


Figure IV.6 : Vue en plan de la variante n°03.

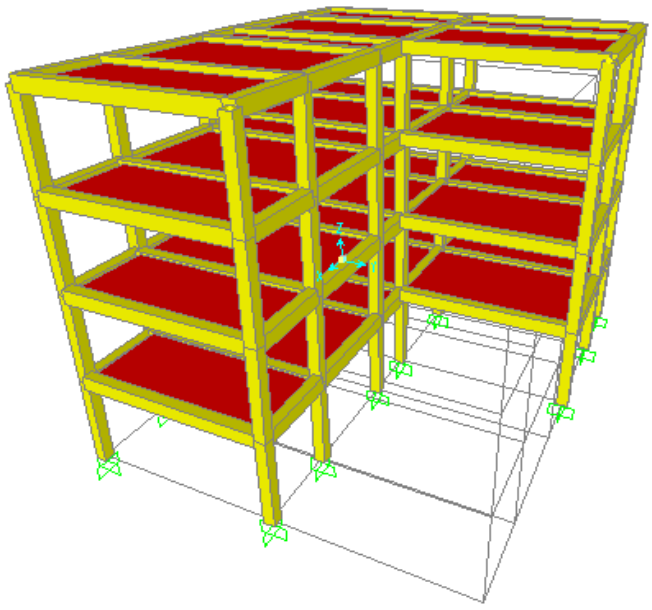


Figure IV.7 : Vue en plan de la variante n°03.

1/Variante **01** : Bâtiment régulier en plan et en élévation (0% de décrochements)

2/ Variante **02** : Bâtiment irrégulier en plan (Ix/Lx = 18 % et ly/Ly = 50 %).

3/ Variante **03** : Bâtiment irrégulier en plan(Ix/Lx =56.66% et ly/Ly =50%)

IV-4 Caractéristiques mécaniques des matériaux

IV.4.1) Béton :

la résistance a la compression du béton à 28 jour d'âge est f_{c28} = 25 MPa.

La résistance caractéristique à la traction du béton à J jours est $f_{t\,28}$ = 2,1 MPa.

La contrainte admissible du béton à la compression à l'ELS est σbc = 0.6 fc28 = 15 MPa

Le module d'élasticité longitudinale instantanée du béton est Eb = 321642 Mpa

IV.4.2) Acier :

Les aciers utilisés en B.A. sont définis comme suite :

* Les barres a haute-adhérence FeE400.

* Les barres ronds lisses de nuance FeE235.

Le module d'élasticité longitudinal de l'acier est E_S=2,1.10^{5}MPa

IV-5 Hypothèse de calcul C.B.A 93 [A.4.3.2]

a-E.L.U.

- Conservation des sections planes avant et après déformation
- La résistance du béton à la traction est négligeable.
- Pas de glissement relatif entre l'acier et béton.
- Raccourcissement ultime du béton : εbu= 3,5‰ en flexion.
  εbu= 2 ‰ en compression.
- Allongement ultime de l'acier est limité à 10 ‰.
- Les diagrammes linéaires de déformation passent obligatoirement par l'un des pivots A, B, C.

b- E.LS

- Constriction des sections planes.
- Le béton a une résistance de traction supposée nulle.
- Pas de glissement relatif béton acier.
- Les contraintes de compression pour le béton et de traction pour l'acier sont supposées. Proportionnellement à leur déformation élastique (Loi de HOOK).
  (σb = Eb. εb et σs = Es. εs).
- Par convention η = Es/Eb rapport d'équivalence a pour valeur (n=15).
- Il est fait abstraction du retrait et de fluage.

IV-6 Prédimensionnement des différents éléments

Le pré-dimensionnement des éléments porteurs se fait selon les règlements en notamment, "RPA 99 version 2003-", et le "CBA 93», on vérifie les conditions de résistance et de flèche.

IV-6 -1 Prédimensionnement des éléments poteaux et poutres selon RPA99 version 2003.

D'après les conditions de flèche on doit vérifier les formules suivantes:

$$h = \begin{cases} \frac{L}{16} à \frac{L}{10} & \text{Pour les poutres sur appuis simples ;} \\ \frac{L}{18} à \frac{L}{15} & \text{Pour les poutres continues (travées intermédiaires) ;} \\ \frac{L}{16} à \frac{L}{12} & \text{Pour les poutres continues (travées de rives) ;} \end{cases}$$

Les sections du coffrage des éléments poteaux et poutres des trois bâtiments sont données par le tableau (IV.2) suivant :

Niveau	Structure (1)		Structure (2)		Structure (3)	
	Poutre (cm^2)	Poteau(cm^2)	Poutre(cm^2)	Poteau(cm^2)	Poutre(cm^2)	Poteau(cm^2)
R.D.C	45 x 35	35x35	45 x 35	35x35	45 x 35	35x35
Etage 1	45x 35	35x35	45x 35	35x35	45 x 35	35x35
Etage 2	45 x 35	35x35	45 x 35	35x35	45x 35	35x35
Etage 3	45 x 35	35x35	45 x 35	35x35	45 x 35	35x35

Tableau IV.1 Dimensions des sections de béton des poutres et des poteaux des trois structures étudiées

IV-6 -2 Prédimensionnement des planchers

Tous les planchers sont en corps creux de type (16+4).

Hypothèses

- Planchers, diaphragmes : les planchers présentent une raideur relative suffisante vis-à-vis des éléments verticaux pour pouvoir jouer le rôle de diaphragmes indéformables dans leur plan. Le déplacement de tous les planchers est assimilé à un déplacement de corps rigide incluant éventuellement la torsion.
- Les poutres sont encastrées sur les poteaux
- Les structures sont supposées encastrées à leurs bases.

IV-6 -3 Charges appliquées

IV-3 -3-1 Charges gravitaires :

a/ plancher courant

- Les charges permanentes **G= 500 Kg/m^2**
- Les charges d'exploitation **Q= 150 Kg/m^2**

b/ plancher terrasse

- Les charges permanentes **G= 500 Kg/m^2**

- Les charges d'exploitation **Q= 150 Kg/m^2**

IV-6-3-2 Charges sismiques

Les forces sismiques globales agissant sur l'ensemble du bâtiment sont calculées sur la base d'une analyse modale spectrale de ce dernier à l'aide du logiciel SAP2000 **[10]** et en utilisant comme action sismique le spectre de réponse de calcul défini dans le RPA99/version 2003 **[8].**

IV-6 -3-3 logiciel utilisé "SAP 2000"

Le SAP 2000 représente le plus facile à utiliser de la série de SAP2000 était la première version de SAP à intégrer complètement au sein de Microsoft Windows. il comporte a interface utilisateur graphique puissante inégalée en termes de facilité d'utilisation et productivité.

Création et modification du modèle, exécution de l'analyse, et vérification et l'optimisation de la conception toute sont faites par cette interface simple, graphique affichages des résultats, y compris l'affichage en temps réel des déplacements temps- histoire sont facilement produits.

Le SAP2000 est un logiciel d'analyse des structures par la méthode des élément finis de type barre pour les éléments rectilignes (poteaux, poutres) et de type quadrilatère pour les éléments planes (plancher, voile) et pour les éléments coque (coupole). **[21]**

IV-7 Méthode de l'analyse modale spectrale

Dans la pratique, elle constitue la méthode principale de calcul la mieux adaptée aux moyens actuels; de plus, de manière plus ou moins explicite, elle se trouve à la base des méthodes simplifiées. Il s'agit de mettre en évidence les modes propres du mouvement libre (caractéristique de la structure) et d'introduire le spectre de dimensionnement qui fournit la valeur de la réponse maximale à un instant donné. Du point de vue du génie parasismique, la réponse maximale d'une structure, au cours d'un séisme, importe plus que la chronologie détaillée du mouvement dans le temps. Donc, l'analyse modèle spectrale désigne la méthode de calcul des effets maximaux d'un séisme sur une structure et comporte les étapes suivantes:

- Recherches des modes propres ; ainsi que la sélection des modes utiles

et prise en compte éventuellement du pseudo-mode.

- Calcul de la réponse modale.
- Combinaisons des réponses modales.
- Cumul des effets des composantes du mouvement sismique

IV-7-2 Spectre de réponse utilisé

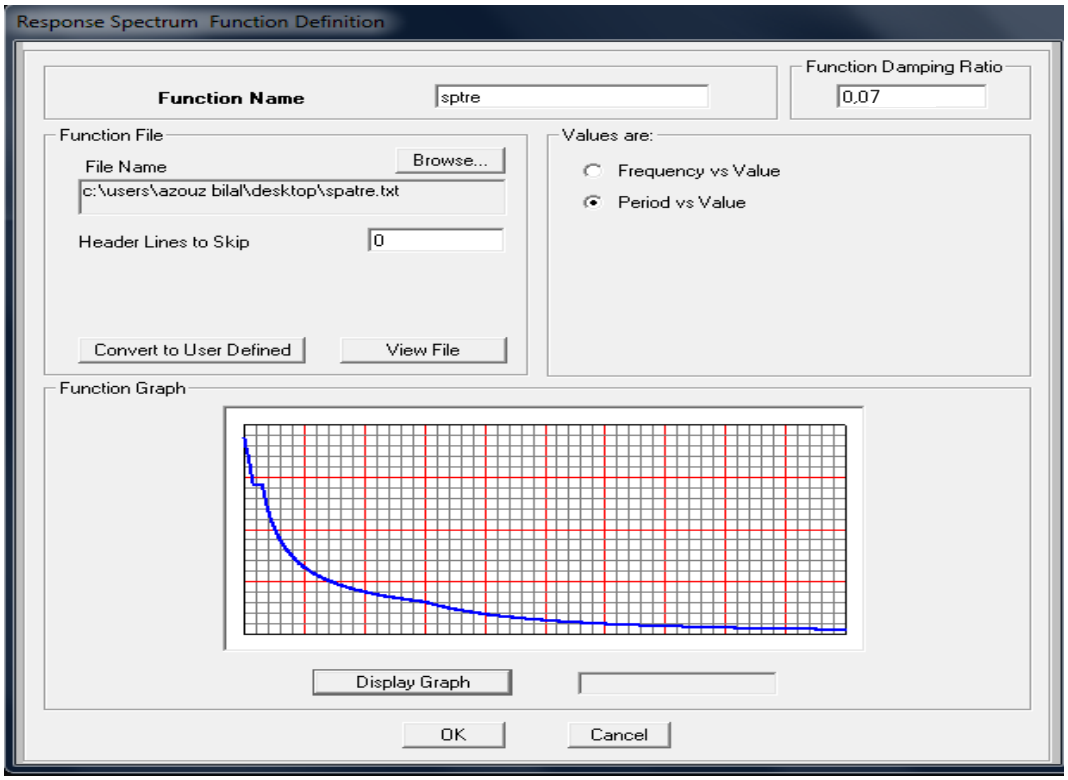


Figure IV.9 : Spectre de réponse format (Sa/g-T) pour un sol rigide (S1)

IV-8 Résultats

IV-8-1 Périodes propres et modes propres de vibration des variantes étudiées

Les propriétés modales des quatre variantes étudiées, périodes propres, modes propres et le pourcentage de masse modale participante, sont données dans les tableaux IV.2, IV.3,et IV.4 suivants :

Variante 01 :

Modes	Period (sec)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0,358987	1,613E-20	**0.8484**	1,613E-20	0,85123
2	0,310772	0	0	2,232E-20	0,85123
3	0,30689	**0,76957**	3,74E-20	0,86463	0,85123
4	0,165953	1,011E-20	1,486E-17	0,86463	0,85123
5	0,133232	9,3E-19	0,0001	0,86463	0,85133
6	0,126508	0,00108	3,024E-17	0,86571	0,85133
7	0,116274	1,342E-15	0,10261	0,86571	0,95394
8	0,106159	1,058E-15	1,518E-16	0,86571	0,95394
9	0,10479	0,09185	1,557E-17	0,95756	0,95394
10	0,088743	5,086E-15	4,252E-17	0,95756	0,95394
11	0,087485	1,012E-17	0,00066	0,95756	0,9546
12	0,082007	0,00769	7,945E-18	**0,96525**	**0,9546**

Tableau IV.2 : Modes propres de la variante n°01.

Variante 02 :

Modes	Period (sec)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0,359393	0,00003286	**0,87048**	0,00003286	0,85048
2	0,309623	0,09492	0,000018	0,09495	0,8505
3	0,304986	**0.79784**	0,0000245	0,86452	0,85052
4	0,161061	0,00002212	2,085E-07	0,86454	0,85052
5	0,135721	0,00069	0,00005417	0,86524	0,85058
6	0,126328	0,00027	0,00003226	0,86551	0,85061
7	0,115969	0,00001942	0,10288	0,86553	0,95348
8	0,104951	0,00052	0,00003433	0,86605	0,95352
9	0,103773	0,09209	0,00002273	0,95815	0,95354
10	0,088494	0,00016	0,000007786	0,95831	0,95355
11	0,085967	0,00061	0,00073	0,95891	0,95428
12	0,082858	0,0061	0,00001461	**0,96501**	**0,9543**

Tableau IV.3 : Modes propres de la variante n°02.

Variante 03 :

Modes	Period(sec)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0,361504	0,00005091	**0,89123**	0,00005091	0,8484
2	0,3145	0,08619	0,00001886	0,08624	0,84842
3	0,299544	**0,86463**	0,00004327	0,86408	0,84846
4	0,184908	0,00004455	0,0001	0,86413	0,84856
5	0,145335	0,00036	0,00004649	0,86449	0,84861
6	0,1186	0,00005325	0,000006056	0,86454	0,84862
7	0,114885	0,00003678	0,10333	0,86458	0,95195
8	0,105264	0,00386	0,00075	0,86843	0,9527
9	0,101015	0,09209	0,000006242	0,96052	0,95271
10	0,092345	0,00066	0,00054	0,96119	0,95325
11	0,086614	0,00209	0,00013	0,96327	0,95338
12	0,080549	0,00136	0,00007183	**0,96463**	**0,95345**

Tableau IV.4 Modes propres de la variante n°03.

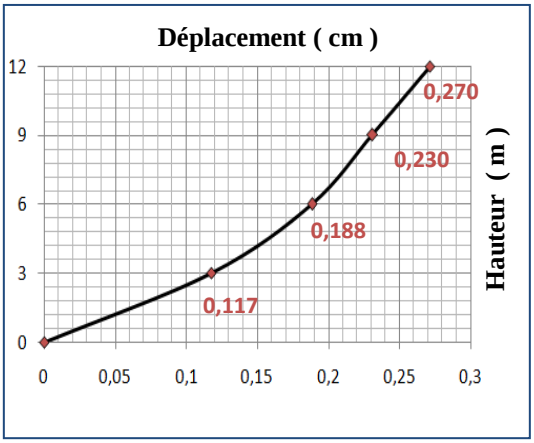
Remarque

A travers ces quatre tableaux (IV.2 ; IV.3 ; et IV.4), on remarque que, plus le pourcentage de décrochement augmente, la période fondamentale de la structure augmente, car la masse de la structure diminue avec l'augmentation de ces décrochements.

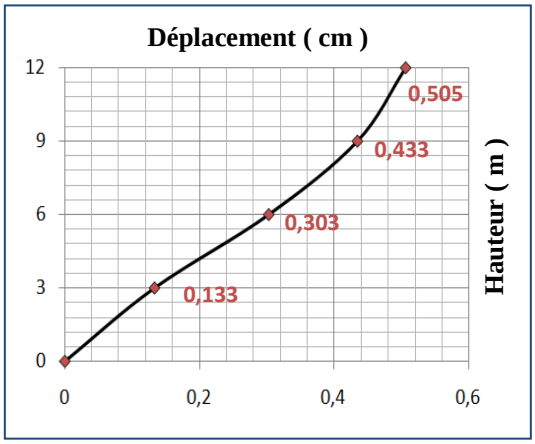
IV-8-2 Déplacement selon la première et la troisième mode de vibration des trois variantes suivant les deux directions (xx et yy).

On choisie les poteaux (A-1) dans les trois variantes étudiées dans les figure IV.2, IV.4 Et figure IV.6

Variante 01 :

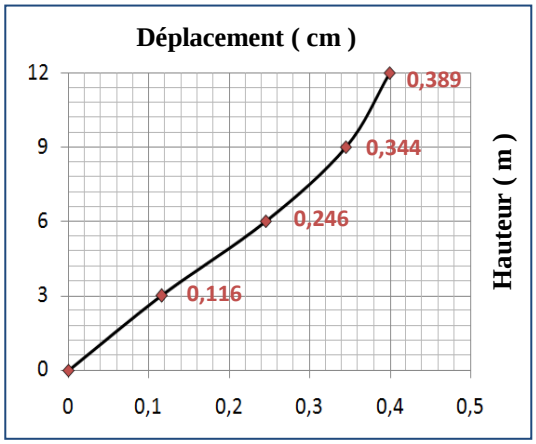


Courbe VI.1 : de déplacement du 3ème mode selon la direction (xx)

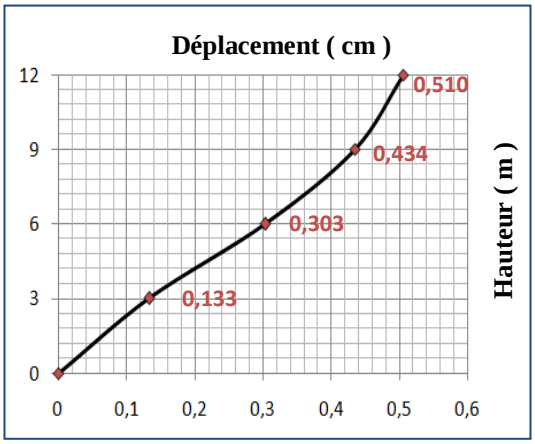


Courbe VI.2 : déplacement du 1ère mode selon la direction (yy)

Variante 02 :

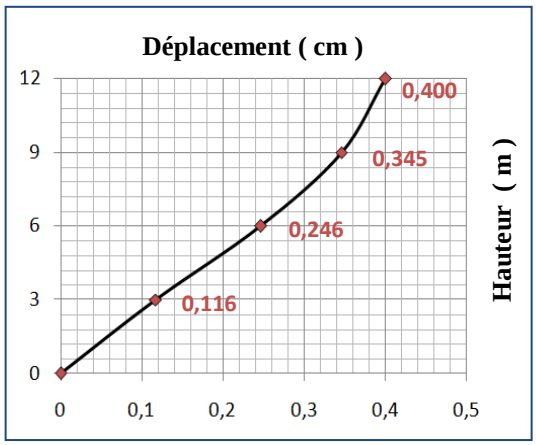


Courbe VI.3 : déplacement du 3ème mode selon la direction (xx)

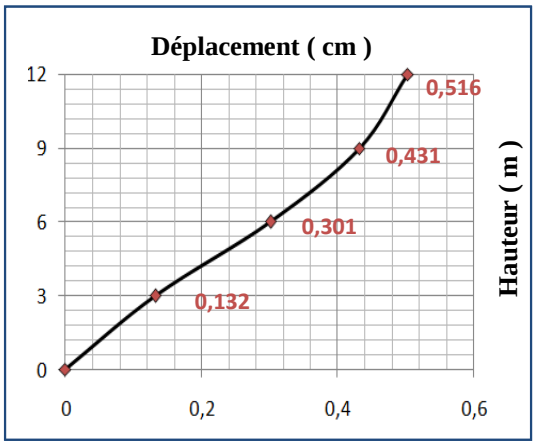


Courbe VI.4 : déplacement du 1ère mode selon la direction (yy)

Variante 03 :



Courbe VI.5 : déplacement du 3ème mode selon la direction (xx)



Courbe VI.6 : déplacement du 1ère mode selon la direction (yy)

Discussion

On remarque que les déplacements dans les poteaux (A-1) sont augmentés dans les trois variantes selon le mode 03 (sens xx) et aussi selon le mode 01 (sens yy)

Mais généralement les trois variantes n'ont pas la même déplacement dans les deux sens.

IV-8-3 les moments maximaux au niveau des poteaux dans les trois variantes

Variante 01 :

Etage (m)		0 - 3	3 – 6	6 - 9	9 - 12
M_{max} (KN. m)	SRx	24.08	16.29	12.42	5.98
	SRy	0.19	0.14	0.013	0.089

Tableau IV.5: les moments maximaux au niveau des poteaux (A-1) (variante 01)

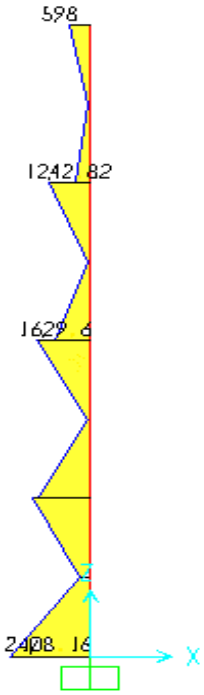


diagramme des moments selon SRx

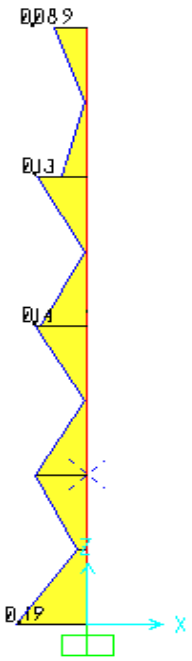


diagramme des moments selon SRy

Variante 02 :

Etage (m)		0 - 3	3 – 6	6 - 9	9 - 12
M_{max} (KN.m)	SRx	23.88	16.16	12.33	5.93
	SRy	0.11	0.078	0.0743	0.047

Tableau IV.6 : les moments maximaux au niveau des poteaux (A-1) (variante 02)

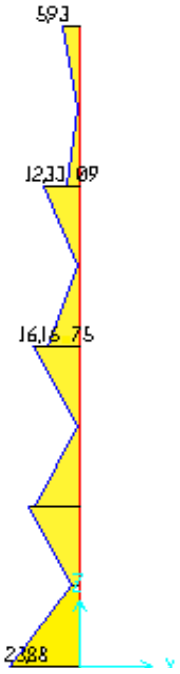


diagramme des moments selon SRx

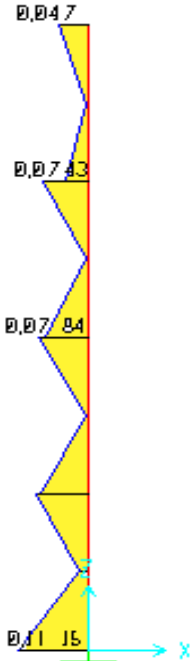


diagramme des moments selon SRy

Variante 03 :

Etage (m)		0 - 3	3 – 6	6 - 9	9 - 12
M_{max} (KN.m)	SRx	22.98	16.24	12.39	5.96
	SRy	0.005	0.0076	0.0113	0.0141

Tableau IV.6 : les moments maximaux au niveau des poteaux (A-1) (variante 03)

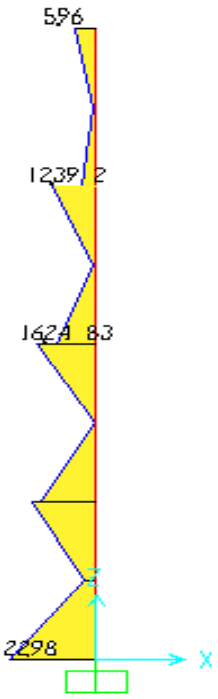


diagramme des moments selon SRx

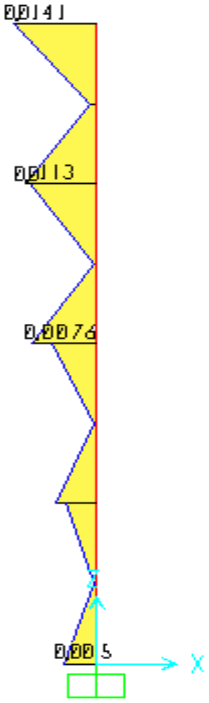


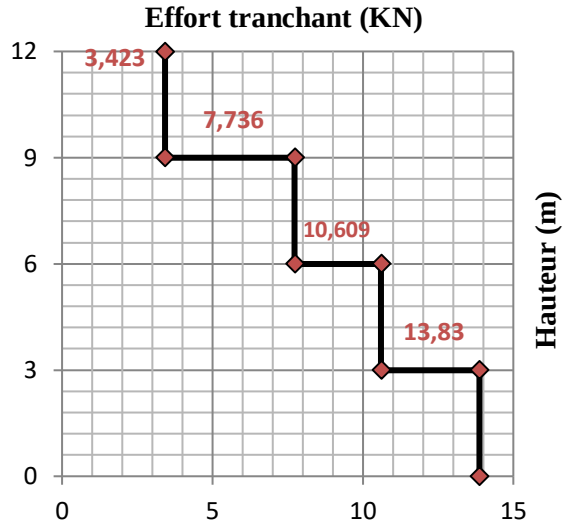
diagramme des moments selon SRy

Remarque

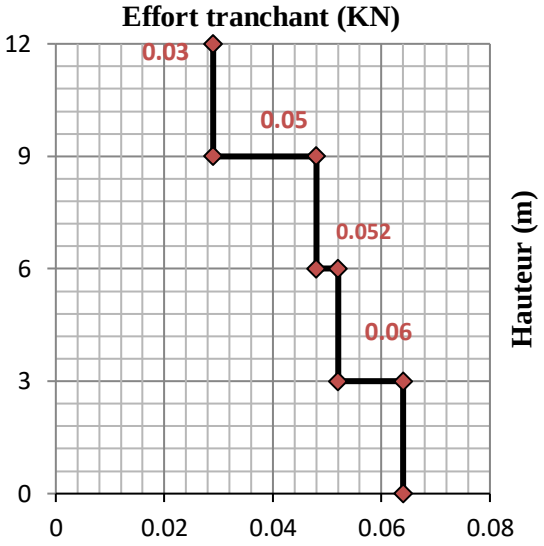
On remarque que les les moments dans les trois variantes sont déférents dans les deux sens (xx) et (yy) , plus le pourcentage de décrochement augmente, les moments maximaux au niveau des poteau diminues, car la masse de la structure diminue avec l'augmentation de ces décrochements.

IV-8-4 les efforts tranchant dans les trois variantes étudiées

Variante 01 :

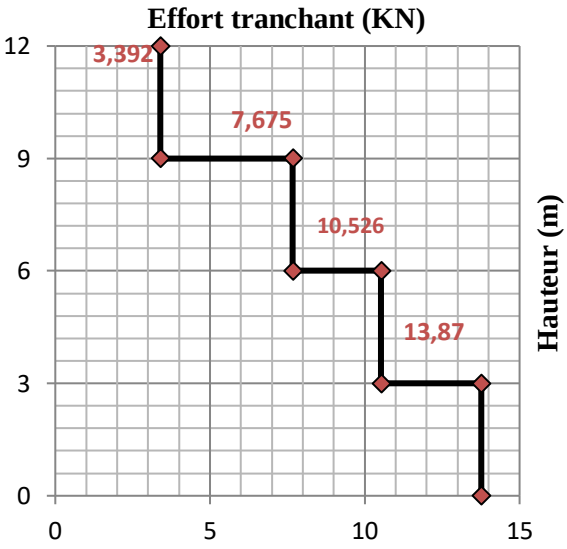


Courbe IV.7 : Efforts tranchant selon SRx

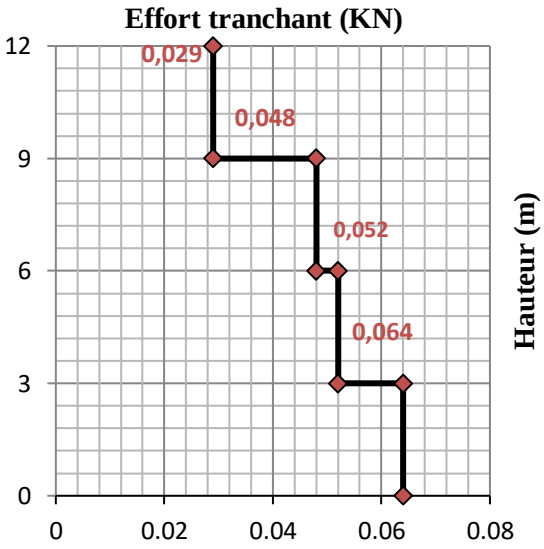


Courbe IV.8 : Efforts tranchant selon SRy

Variante 02 :

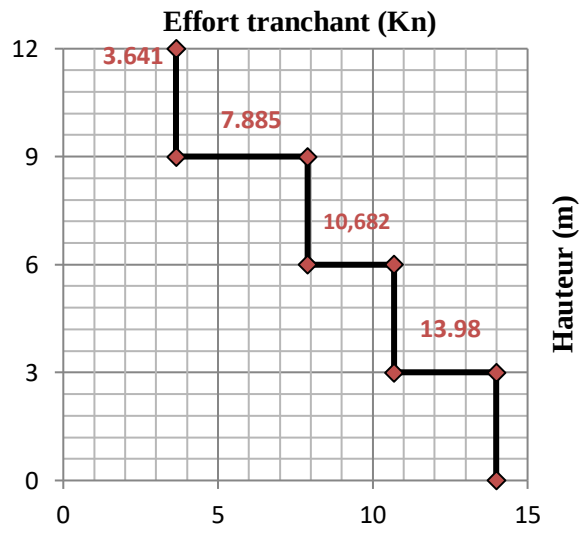


Courbe IV.9 : des efforts tranchant selon SRx

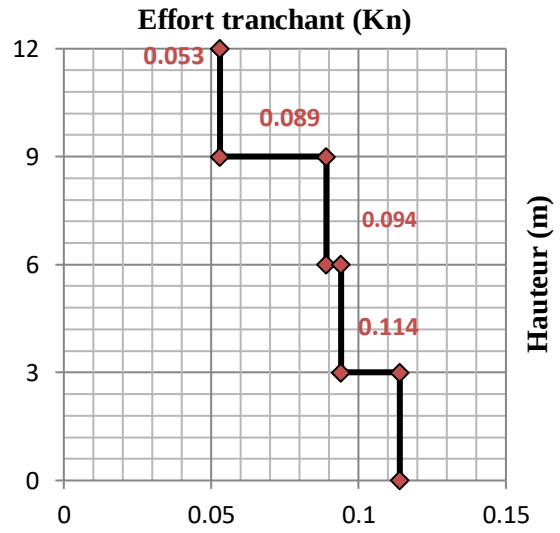


Courbe IV.10 : des efforts tranchant selon SRy

Variante 03 :



Courbe IV.11 : des efforts tranchant selon SRx

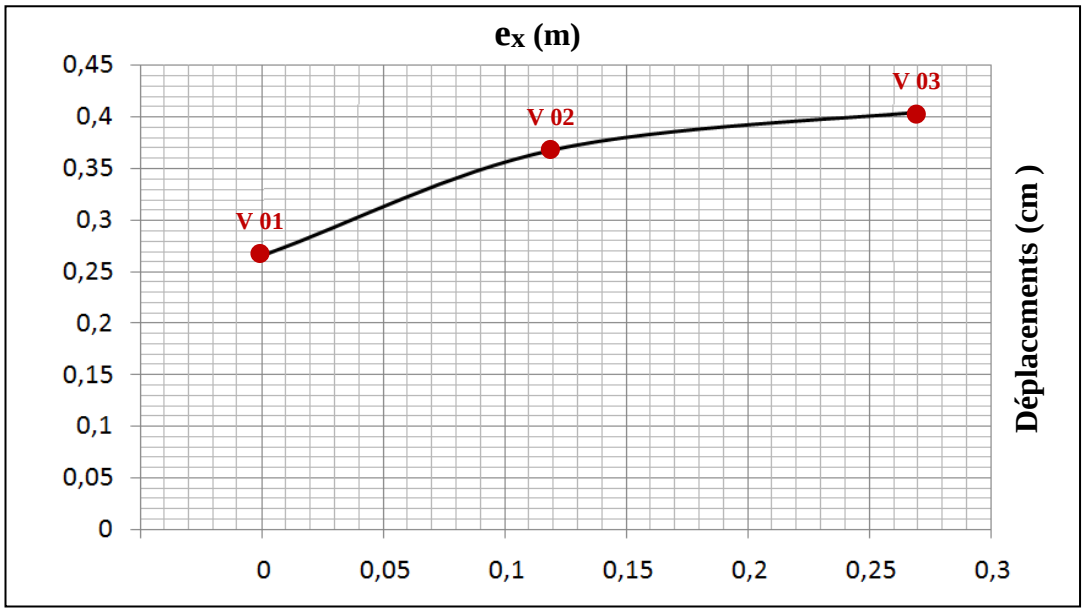


Courbe IV.12 : des efforts tranchant selon SRy

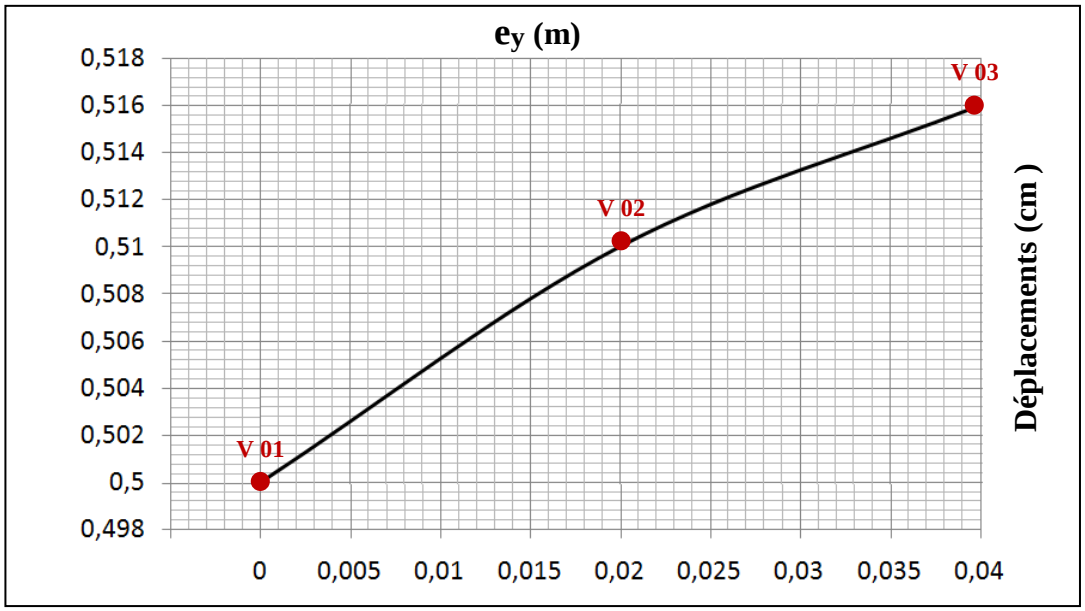
IV-8-5 Excentricité structurel dans les trois variantes étudiées

	e_x (m)	e_y (m)
Variante 01	**0**	**0**
Variante 02	**0.12**	**0.02**
Variante 03	**0.27**	**0.04**

Tableau IV.7 Excentricité structurel dans les trois variantes



Courbe IV.13 déplacement en fonction de l'excentricité selon le sens (xx) dans les trois variantes



Courbe IV.14 : déplacement en fonction de l'excentricité selon le sens (yy) dans les trois variantes

Remarque

A travers ces deux courbes IV.13 et IV.14 on remarque que, plus l'excentricité des trois variantes est augmente dans les deux sens, les déplacements maximaux sont augmentés,

IV-8-6 Conclusion

D'après les résultats et les courbes IV.13 et IV.14 on remarque que le pourcentage de déplacement maximal dans la variante n°02 a augmenté par proportion de 44.07 % par apport la variante n°01 selon le sens (xx) et par 1 % selon le sens (yy).

Le déplacement maximal de la variante n°03 et aussi a augmenté par 2.82 % par apport la variante n°02 selon le sens (xx) et par 1.18% selon (yy).

la grande variation de pourcentage était entre la variante n°03 et n°01 il est presque égale 48.14 % selon le sens (xx) et la variation de pourcentage déplacement maximal selon (yy) est égale presque 2.18 %.

Cette augmentation dans la pourcentage de déplacement maximal entre les trois variantes étudiées résulte de l'augmentation de la distance de l'excentricité structurelle selon les deux sens (xx) et (yy) et justifié par la variation de la régularité en plan avec l'augmentation des décrochements dans les trois variantes étudiées cette distance de l'excentricité structurelle a un grand influence de l'aggravation de la torsion d'ensemble dans la structure.

Conclusion générale

Dans cette étude, nous sommes intéressés à l'étude de l'influence de la torsion sur le comportement sismique des structures portiques en béton armé

Cette étude à été menée en effectuant une étude comparative entre deux types de structure de portique auto-stable, structure symétrique (variante 01) et des structures asymétrique (variante 02 et 03) en termes de la régularité en plan et de masse on a comparé les efforts tranchants dans les éléments structuraux (les poteaux), les déplacements maximaux au sommet et les moments maximaux et l'excentricité structurelle dans les trois variantes.

- Efforts dans les éléments structuraux

Plus le pourcentage de décrochement augmente, les moments maximaux au niveau des poteau diminues, car la masse de la structure diminue avec l'augmentation de ces décrochements.

Les efforts tranchant à la base sont augmentées dans les trois variantes.

- Comportement des structures

La période augmente avec la diminution de la rigidité dans les trois variantes

- Les déplacements au sommet et l'excentricité structurelle

Plus l'excentricité du trois variantes est augmente dans les deux sens, les déplacements maximaux sont augmentés.

D'après les résultats obtenus on conclu que l'augmentation dans la pourcentage de déplacement maximal au sommet dans les trois variantes étudiées résulte de l'augmentation de la distance de l'excentricité structurelle selon les deux sens (xx) et (yy) et justifié par la variation de la régularité en plan avec l'augmentation des décrochements dans les trois variantes étudiées cette distance de l'excentricité structurelle est la principale cause du phénomène de torsion d'ensemble et son aggravation dans la structure.

Pour réduit la phénomène de torsion dans la structure (torsion d'ensemble)

- Doit être pris en compte l'effet de torsion dans la conception qui peuvent conduire à des conséquences graves
- Evité les formes complexe et asymétrique dans la conception
- Ajout des contreventements (voiles) pour le renforcement et assurant la stabilité des structure asymétrique
- Dans le cas d'une structure irrégulière et asymétrique on peut utiliser des joints parasismiques pour diviser les formes complexes