
Recherche de la position optimale des voiles

Madi Rafik¹, Guenfoud Mohamed²

¹Laboratoire LGCH, Université 8 mai 45, B.P. 401, Guelma, Algérie, madirafik2000@yahoo.fr

²Laboratoire LGCH, Université 8 mai 45, B.P. 401, Guelma, Algérie, GUE2905M@yahoo.fr

RÉSUMÉ. *Au cours de son histoire, l'Algérie a subi plusieurs séismes destructeurs. Selon les constatations faites durant ces tremblements de terre, la réglementation parasismique algérienne : RPA 82, RPA 83 et RPA 99 révisé en 2003, paraît insuffisante et les constructions ont subi des dommages considérables. Ce qui explique la présence de défaillances et insuffisances dans le code parasismique algérien. Pour résoudre ce problème, plusieurs chercheurs ont préconisé l'introduction des voiles de contreventement pour améliorer le comportement des structures vis-à-vis du séisme. Dans le règlement parasismique algérien, aucun article n'est relatif à ce paramètre. L'objectif recherché dans cette étude est d'étudier l'influence de la position des voiles de contreventements sur le comportement des structures à travers: la demande en ductilité μ_D , le déplacement inter-étage D_p et la raideur K_p au point de performance, la raideur élastique K_e et l'indicateur de dégradation globale de la structure I_d . Les résultats obtenus ont montré que la meilleure disposition des voiles de contreventements est celle qui sont placées à l'extrémité de la structure avec une symétrie parfaite.*

ABSTRACT. *In the course of its history, Algeria has suffered several destructive earthquakes. According to the findings made during these earthquakes, The Algerian seismic regulation : RPA 82, RPA 83 and RPA 99 revised in 2003, Inadequate and the buildings suffered considerable damage. This explains the presence of deficiencies and deficiencies in the Algerian seismic code. To resolve this problem, Several researchers have advocated the introduction of bracing sails to improve the behavior of structures with respect to the earthquake. In the Algerian seismic regulations, no article is related to this parameter. The aim of this work is to study the influence of the position of the bracing sails on the behavior of the structures through : The demand for ductility μ_D , The inter-floor displacement D_p And the stiffness K_p At the point of performance, The elastic stiffness K_e and The indicator of overall degradation of the structure I_d . The results obtained have shown that the best arrangement of the bracing sails is that which is placed at the end of the structure with perfect symmetry.*

MOTS-CLÉS : *voiles de contreventement, conception parasismique, Analyse Push-over, modélisation, optimisation.*

KEY WORDS: *Bracing sails, seismic design, Push-over analysis, modeling, optimization.*

1. Introduction

Suite au séisme qui a frappé la région du centre et en grande partie la wilaya de Boumerdes en 2003, des conclusions ont été tirées suite aux expertises qui ont été établies, que les constructions en voile en béton armé ont prouvées de leurs efficacités structurelles aux actions sismiques, dans les zones sinistrées [VIC 2003], [MIL 2004]. Les structures à voiles en béton armé présentent, particulièrement en zone sismique, plusieurs avantages : leur résistance limite les déformations latérales, leur rigidité permet de protéger les éléments non structuraux et quelques poteaux existants, leur présence permet de s'affranchir du difficile problème posé par la réalisation du ferrailage des nœuds des portiques, elles permettent de ne pas être pénalisées dans le choix du coefficient de comportement en cas de panneaux de remplissage. Les critères de vérification present en considération dans cette recherche sont les suivants [ATC40 1996], [FEMA356 2000]: le déplacement inter-étages maximal D_{max} , la demande en ductilité μ_D , la raideur de la structure au point de performance K_p et l'indicateur de dégradation globale de la structure I_d et le mécanisme de ruine et l'état de dégradation des éléments.

2. Evaluation de la vulnérabilité

Les approches pour l'évaluation de la vulnérabilité sont multiples et peuvent être classées soit selon leur degré de difficulté. L'analyse « pushover » [PUSH 1998] est l'une des méthodes d'estimation de la vulnérabilité. C'est une analyse statique non linéaire dans laquelle la structure subit des charges latérales suivant un certain modèle prédéfini, en augmentant l'intensité des charges jusqu'à ce que les modes de ruine commencent à

apparaître dans la structure. Elle est basée sur l'hypothèse que la réponse d'une structure à plusieurs degrés de liberté, peut être assimilée à la réponse d'un système à un seul degré de liberté équivalent. Dans ce cas la réponse est contrôlée par un seul mode de vibration et qui reste constante durant la durée du séisme [SAP 2000].

3. Etude d'un bâtiment d'habitation R+5

Il s'agit d'une structure en béton armé R+5. Planchers en corps creux de 20 cm d'épaisseur. Les dimensions sont (30x35) cm pour les poutres, (30x30) pour les chaînages, (30x40) pour les poteaux et 15 cm d'épaisseur pour les voiles de contreventement. La hauteur d'étage est de 3,15 m. L'ouvrage est implanté dans une zone sismique de classe II [RPA 99, version 2003], avec un sol de type meuble. Les caractéristiques des matériaux sont les suivantes [BAEL 91]: Béton : $f_{c28}=25 \text{ MPa}$, $E_c=32164 \text{ MPa}$. Aciers : Armature longitudinale $FeE400$, $E_s=2.10^5 \text{ MPa}$, $f_y=400 \text{ MPa}$; Armature transversale $EeE235$, $E_s=2.10^5 \text{ MPa}$, $f_y=235 \text{ MPa}$.

Les charges permanentes G et les surcharges Q sont les suivantes :

$$G_{\text{terrasse}} = 0,57 \text{ tf/m}^2, Q_{\text{terrasse}} = 0,10 \text{ tf/m}^2, G_{\text{étage}} = 0,50 \text{ tf/m}^2, Q_{\text{étage}} = 0,10 \text{ tf/m}^2$$

Les différentes variantes de disposition des voiles de contreventement sont mentionnées sur les figures de 1 à 18.

4. Analyse des résultats

Les résultats d'analyse sont mentionnés sur les tableaux : 1 et 2.

N°	Variante	Période fond. (s)	Participation des masses		Déplacement au sommet (cm)		Comportement dynamique (T : translation, Rot : rotation)		
			X (%)	Y (%)	X (cm)	Y (cm)	Mode 1	Mode 2	Mode 3
01	Portique	1,39	99	99	3,04	3,40	T : x	Rot : z	T : y
Variante 1									
02	V1.1	1,02	90	90	1,13	1,20	Rot : z	T : x et y	T : x et y
03	V1.2	0,94	90	91	0,94	1,76	Rot : z	T : x et y	T : x et y
04	V1.3	0,93	91	91	1,03	1,03	Rot : z	T : x et y	T : x et y
05	V1.4	0,74	90	90	1,15	1,18	Rot : z	T : x et y	T : x et y
06	V1.5	0,70	91	91	1,01	1,18	Rot : z	T : x et y	T : x et y
07	V1.6	0,56	91	91	0,91	0,93	T : x et y	Rot : z	T : x et y
Variante 2									
08	V2.1	0,58	91	91	0,93	0,95	T : x et y	Rot : z	T : x et y
09	V2.2	0,57	91	91	0,87	0,95	T : x et y	Rot : z	T : x et y
10	V2.3	0,59	89	90	1,28	1,25	Rot : z	T : y	T : x
11	V2.4	0,58	91	91	1,06	1,21	T : x et y	Rot : z	T : x et y
12	V2.5	0,57	91	91	0,94	1,02	T : x et y	T : x et y	Rot : z
13	V2.6	0,55	90	90	1,13	1,24	T : x	T : y	Rot : z
Variante 3									
14	V3.1	0,58	91	91	0,93	0,99	T : x et y	T : y	Rot : z
15	V3.2	0,55	90	90	1,07	1,24	T : x	T : y	Rot : z
16	V3.3	0,59	89	90	1,28	1,24	T : x	T : y	Rot : z
17	V3.4	0,57	91	91	0,94	0,98	T : x	T : y	Rot : z
18	V3.5	0,55	90	90	1,13	1,26	T : x	T : y	Rot : z
19	V3.6	0,55	90	90	1,13	1,24	T : x	T : y	Rot : z

Tableau 1 Résultats de l'analyse dynamique

Var.	Sens y-y									
	Courbe de capacité				Analyse Pushover		Paramètres			
	V_{\max} (tf)	D_{\max} (m)	V_y (tf)	D_y (m)	V_p (tf)	D_p (m)	μ_D	K_e (tf/m)	K_p (tf/m)	I_d (%)
Variante 3										
V3.1	262,68	0,057	77,797	0,008	124,593	0,021	2,62	9724,62	5933,00	0,39
V3.2	261,74	0,062	74,915	0,008	123,762	0,02	2,22	9364,37	6188,10	0,34
V3.3	322,17	0,067	76,068	0,008	130,722	0,02	2,50	9508,50	6536,10	0,31
V3.4	374,64	0,09	78,46	0,007	129,390	0,02	2,85	11208,6	6469,50	0,42
V3.5	384,72	0,102	76,678	0,008	127,548	0,02	2,50	9584,75	6377,40	0,33
V3.6	372,27	0,093	74,712	0,008	127,833	0,02	2,50	9265	6391,65	0,31

Tableau 2 Résultats de l'analyse Push-Over

VARIANTE 1

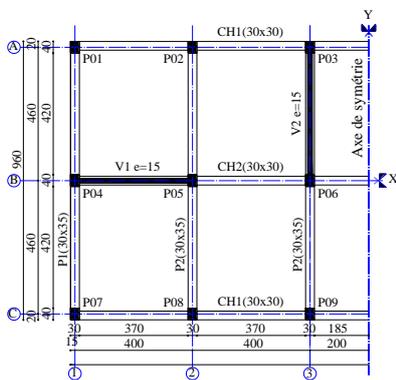


Figure 1 Variante 1.1

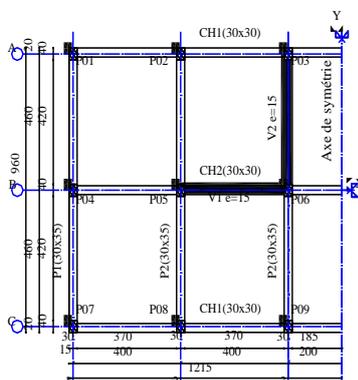


Figure 2 Variante 1.2

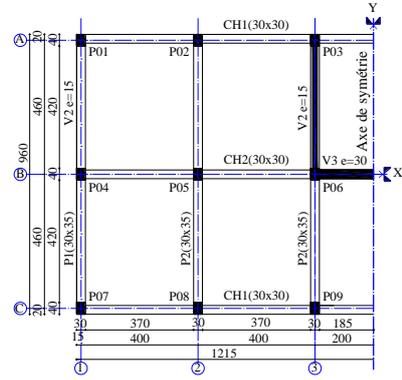


Figure 3 Variante 1.3

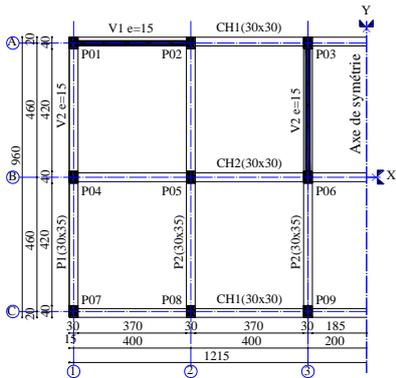


Figure 4 Variante 1.4

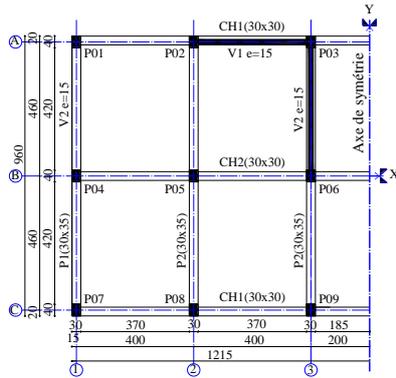


Figure 5 Variante 1.5

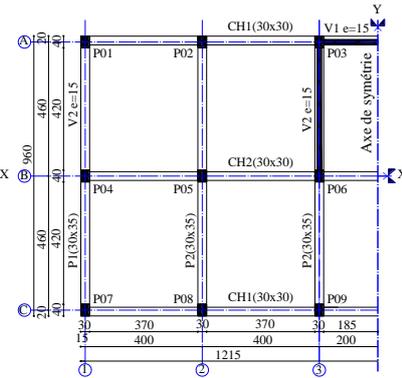


Figure 6 Variante 1.6

VARIANTE 2

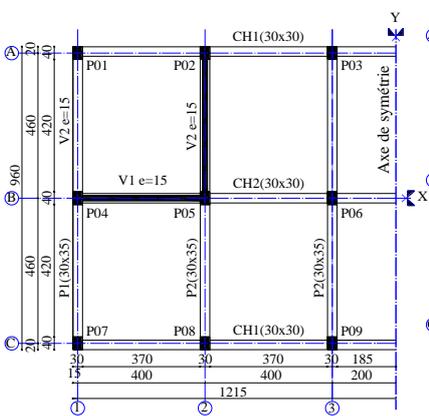


Figure 7 Variante 2.1

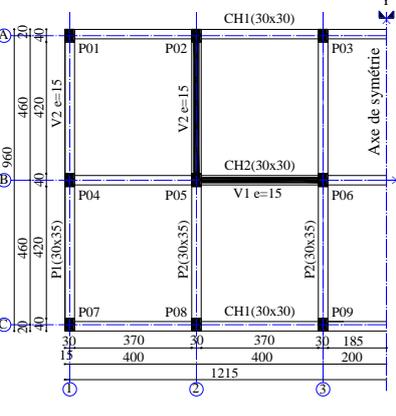


Figure 8 Variante 2.2

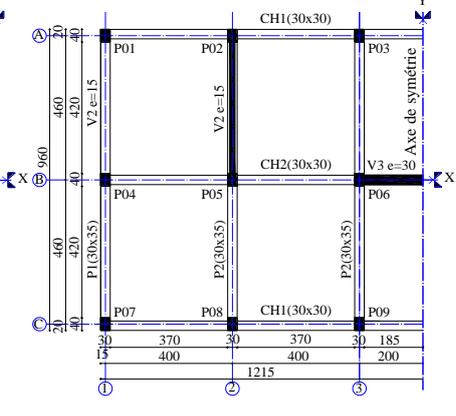


Figure 9 Variante 2.3

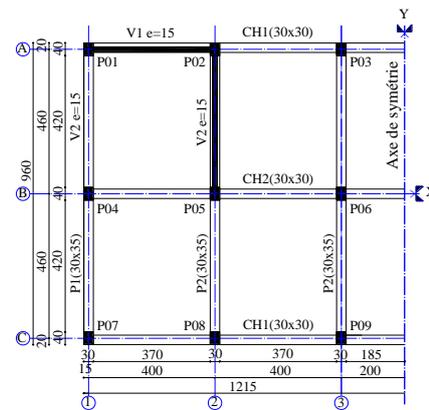


Figure 10 Variante 2.4

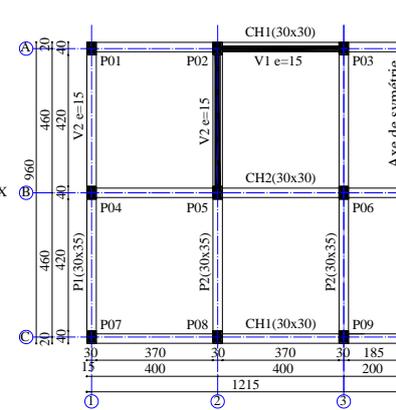


Figure 11 Variante 2.5

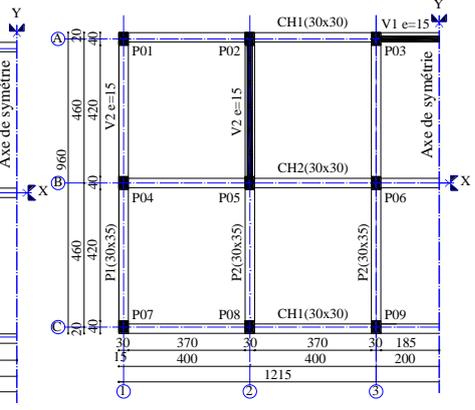


Figure 12 Variante 2.6

VARIANTE 3

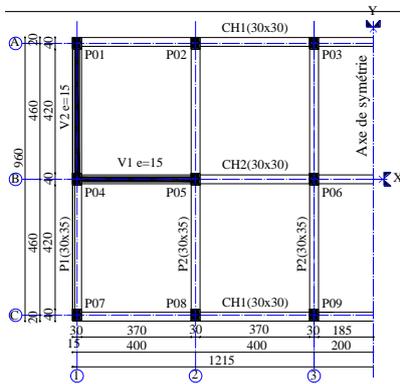


Figure 13 Variante 3.1

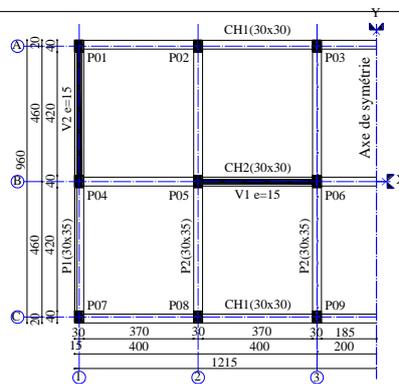


Figure 14 Variante 3.2

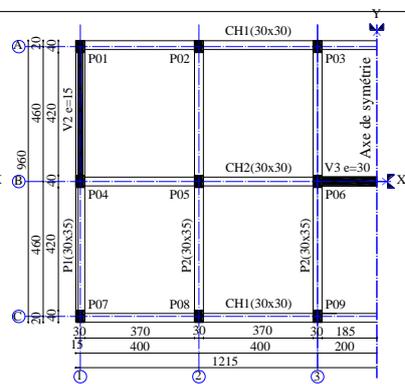


Figure 15 Variante 3.3

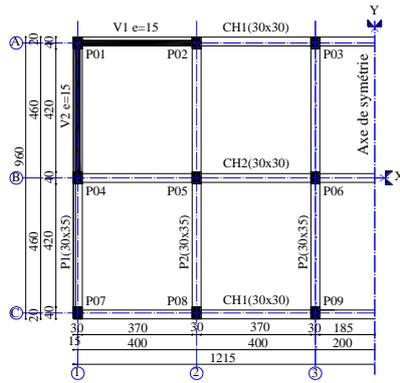


Figure 16 Variante 3.4

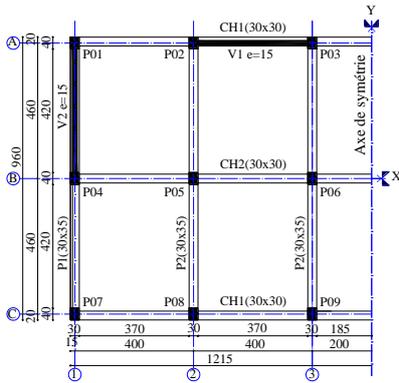


Figure 17 Variante 3.5

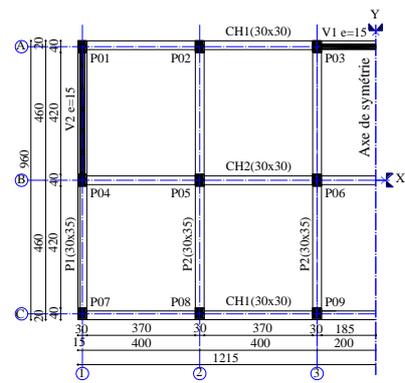


Figure 18 Variante 3.6

5. Conclusion

La participation des masses modales est supérieure ou égale à 90% de la masse totale de la structure pour l'ensemble des variantes. Les variantes qui présentent des déplacements purs au premier et deuxième mode de vibrations et une rotation pure au troisième mode sont : V2.6 et V3.1 à V3.6. Les variantes qui présentent la plus grande participation des masses modales accompagnées de déplacements purs au premier et deuxième mode et une rotation pure au troisième mode sont V3.1 et V3.4. Les variantes qui présentent un indice de ductilité élevé et une meilleure pénétration dans le domaine plastique sont V3.1 et V3.4. Par conséquent la meilleure disposition des voiles de contreventements est celle qui sont placées à l'extrémité de la structure avec une symétrie parfaite.

6. Bibliographie

- [ATC40 1996] «seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, ATC-40 Report», *Applied Technology Council*, Redwood City, California, vol. 1, 1996.
- [BAEL91 1992] « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états ultimes », 1992.
- [FEMA356 2000] « Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings », *Federal Emergency Management Agency*, November 2000.
- [MIL 2004] Milan Zacek, «*Conception parasismique niveau d'avant-projet*», *Cahier N°1, Collection conception parasismique*, 2004.
- [PUSH 1998] «Habibullah, A., Pyle, S., Practical three dimensional non linear static pushover analysis», *Structure magazine*, Winter, 1998.
- [RPA99 2003] «Règles parasismiques algériennes RPA 99, Version 2003», 2003.
- [SAP2000 2007] «Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual», *Berkeley (CA, USA): Computers and Structures Inc*, 2007.
- [VIC 2003] Victor Davidovici, «Rapport de mission séisme de Boumerdes 2003», Ministère del'habitat et de l'Urbanisme, Algérie, 2003.