

## INFLUENCE DU TYPE DE CONTREVENTEMENT SUR LA REPONSE SISMIQUE D'UNE STRUCTURE EN BETON ARME

A. ZERGUA, M. HIMEUR, F. ABDERREZAK, N. BOUNEMEUR

Département de Génie Civil, Faculté des Sciences de la Technologie  
Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie

Reçu le 03 Février 2013 – Accepté le 20 Mai 2014

### Résumé

La réponse sismique d'une structure en béton armé dépend entre autre des types de contreventement. Ces derniers doivent répondre à certaines caractéristiques géométriques et mécaniques pour à assurer la stabilité du bâtiment vis-à-vis les actions sismiques.

Ces caractéristiques sont déterminantes pour la réponse sismique du bâtiment notamment pour la distribution des forces sismiques et la position du centre de rigidité.

On présente dans cet article les résultats comparatifs de deux types de contreventement notamment sur les déplacements relatifs des niveaux et les distributions des forces sismiques.

**Mots clés :** *Contreventement par portiques, contreventement par voiles, forces sismiques, centre de masse, centre de rigidité.*

### Abstract

The behavior of a structure depends strongly on the behavior of each bracing element individually considered ; whether vertical or horizontal. The behavior of these elements depends on their geometry, positions, dimensions and their rigidities and the quality of their implementation.

All these factors are determinants of the distribution of forces in the structure and the degree of vulnerability of the structure with respect to solicitations. The present study attempts to answer one of the questions related to bracing buildings.

It is to study the response of a building, particularly in terms of mass centers and stiffness, lateral displacement levels and distributions of seismic forces. Two bracing systems were taken into account: frames and shear walls.

**Key words:** *Frames bracing, shear walls bracing, seismic forces, center of mass, center of rigidity.*

### ملخص

إن سلوك هيكل ما يعتمد بشدة على سلوك كل عنصر منه على حدى ، سواء أكان عمودي أو أفقي. سلوك هذه العناصر يعتمد في حد ذاته على شكلها الهندسي، مواضعها، أبعادها و على صلابتها و على نوعية إنجازها.

كل هذه العوامل هي المحددة لتوزيع الأجهادات في هيكل ما ودرجة ضعفه تجاه الأحمال. هذه الدراسة تحاول الإجابة على إحدى الأسئلة المتعلقة بتقوية تماسك المباني .

حيث يتم دراسة استجابة مبنى، وبخاصة من حيث مراكز الكتلة ومراكز الصلابة، الإنتقال أو النزوح الأفقي وتوزيع القوى الزلزالية. حيث أن نظامان للتقوية و الشد تم اعتبارهما و هما التقوية بالإعمدة و الروافد و التقوية بالجدران الخرسانية.

**كلمات مفتاحية :** *التقوية بالإعمدة و الروافد ، التقوية بالجدران الخرسانية، القوى الزلزالية، مركز الكتلة،*

*مركز الصلابة*

Les séismes enregistrés à travers le monde (particulièrement celui de Boumerdes – Algérie- de 2003) ont mis en exergue la vulnérabilité des systèmes de structures de type « poteaux+poutres+murs de remplissage ». En effet ce type de structures présente un comportement parfaitement aléatoire qui peut entraîner des dégâts allant de la destruction des panneaux en maçonnerie jusqu'à l'effondrement total du bâtiment. Alors que ces structures, relativement souples, étaient censées se comporter mieux sous les actions sismiques comparativement à celles contreventées (rigidifiées) par des voiles. Ce constat a été, par ailleurs, contrarié par la présence d'un nombre important de ce même type de structures debout, apparemment sans aucun dommage visible. Ceci semble trouver une explication dans la présence de plusieurs facteurs favorables tels : la fermeté des sols sans effet de site, la bonne qualité des bétons, le bon ferrailage des éléments porteurs, la présence de murs disposés régulièrement, une maçonnerie de bonne qualité, etc.

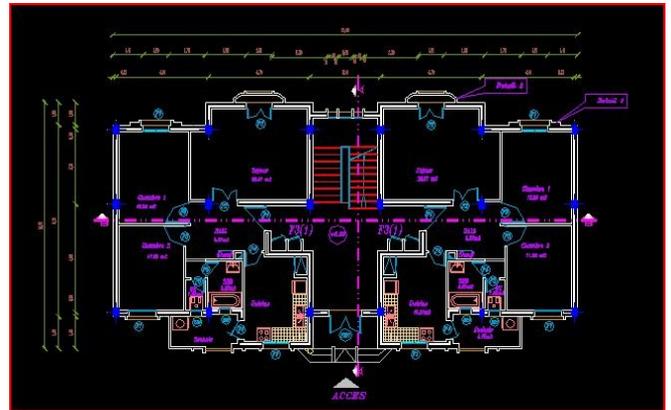
Il a été également constaté que de nombreux bâtiments à voiles en béton armé ont bien résisté sans endommagement exagéré. Donc, le contreventement d'un bâtiment doit être pensé dès sa conception. C'est un aspect essentiel dans la conception d'un ouvrage. C'est l'ensemble des dispositions permettant d'assurer la stabilité d'un ouvrage vis-à-vis des sollicitations. En ce sens, la géométrie, le positionnement et le dimensionnement des éléments de la structure et leurs rigidités ainsi que la qualité de leur mise en œuvre sont des facteurs déterminants de la répartition des efforts dans la structure et du degré de vulnérabilité de l'ouvrage vis-à-vis des sollicitations. Les critères couramment utilisés pour représenter les performances sismiques d'un bâtiment, ont été définis dans certains codes de calcul comme EC8 partie 1 et 3 [1], RPA (2003) [2], ATC40 (1996) [3], en fonction de nombreux aspects comme les zones sismiques, les types de structures, les méthodes d'évaluation, etc ... Nombreux chercheurs se sont penchés à étudier les prescriptions réglementaires des codes de calcul des structures, tels que Tso et Yao (1998) [4] et Gulay et Calim (2003) [5]. Ainsi que les différents aspects des modes de contreventements Penelis et Kappos (1997) [6].

La structure est généralement renforcée pour limiter les déplacements latéraux de manière à compenser la faible ductilité Moehle (2000) [7]. Une autre approche consiste à modifier les éléments déficients pour augmenter leur ductilité de sorte qu'ils n'atteignent pas leurs conditions limites lorsqu'ils sont soumis à des charges de calcul (Sonuvar et al.2004) [8]. Il a été également constaté que l'installation des murs de remplissages améliore la capacité de charge latérale et la rigidité de la structure. Même en cas d'application aux bâtiments endommagés, la méthode de remplissage donne des résultats satisfaisants (Bush et al. 1991) [9]. Des murs de refend ont également été appliquées aux structures (structure (Jirsa et Kreger 1989) [10]; (Altin et al. 1992) [11]; (Albanesi et al. 2006) [12]. Dans ce contexte, le comportement d'un bâtiment à usage d'habitation avec différents niveaux contreventés par deux systèmes de contreventement qui sont les voiles en béton

armé et les portiques a été analysé. Plusieurs paramètres tel que les centres de masse et de rigidité, les déplacements latéraux des niveaux et les distributions des forces sismiques ont été analysés et comparés pour les deux systèmes de contreventement. La modélisation a été faite à l'aide du logiciel de calcul ETABS en prenant en compte les prescriptions du règlement parasismique Algérien (RPA) et le spectre qu'il offre. Plusieurs paramètres ont été étudiés et comparés, principalement les centres de masse et de rigidité, les déplacements latéraux et les distributions des forces sismiques.

## 1. DESCRIPTION DES BATIMENTS

Le bâtiment étudié est à usage d'habitation. Situé dans une zone de moyenne sismicité. Le plan étage courant est présenté sur la figure 1.



**Figure 1** : Plan d'étage courant du bâtiment

### 1.1. Caractéristiques géométriques et mécaniques du bâtiment

Les bâtiments étudiés sont composés de plusieurs niveaux, avec une hauteur d'étage constante. Cependant, les niveaux sont de même type.

Les planchers sont en corps creux de (16 + 4) cm pour le cas des bâtiments en portiques et en dalles pleines d'épaisseur de 16 cm, pour les bâtiments voiles. Les voiles sont de 20 cm d'épaisseur. Les poteaux ont des sections de 30 cm x 40 cm. Les poutres ont des sections de 40 cm x 30 cm. Les résistances caractéristiques à la compression et à la traction du béton sont respectivement de 25 MPa et de 2.1 MPa.

## 2. MODELISATION DES STRUCTURES

La modélisation des structures est réalisée à l'aide du logiciel 'ETABS', conçu exclusivement pour le calcul des bâtiments. Il permet de modéliser facilement tous types de bâtiments grâce à une interface graphique unique. Il offre de nombreuses possibilités pour l'analyse statique et dynamique.

Ce logiciel permet la prise en compte des propriétés non-linéaires des matériaux, ainsi que le calcul et le dimensionnement des éléments structuraux suivant différentes réglementations en vigueur à travers le monde.

La modélisation des éléments structuraux a été effectuée comme suit :

- Les éléments en portique (poutres-poteaux) ont été modélisés par des éléments finis de type poutre « *frame* » à deux nœuds ayant six degrés de liberté (d.d.l.) par nœud.
- Les voiles ont été modélisés par des éléments coques « *Shell* » à quatre nœuds.
- Les planchers sont simulés par des diaphragmes rigides et le sens des poutrelles peut être automatiquement introduit.
- Les dalles sont modélisées par des éléments dalles qui négligent les efforts membranaires.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les différents résultats obtenus de la modélisation des structures contreventées par des voiles et par des portiques sont présentés et comparés pour plusieurs paramètres.

#### 3.1. Centre de masse et centre de rigidité

##### 3.1.1. Bâtiments contreventés par voiles

Les tableaux (1.a) à (1.d) présentent les coordonnées des centre de masse (Xcm , Ycm) et les coordonnées de centre de rigidité (Xcr, Ycr) des bâtiments contreventés par des voiles pour des niveaux (R+5, R+4, R+3, et R+2 respectivement).

**Tableau 1** : Coordonnées des centres de masse et de rigidité pour différents batiments contreventés par voiles en béton armé

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D6	10,65	5,397	10,65	5,759
D5	10,65	5,424	10,65	5,762
D4	10,65	5,348	10,65	5,768
D3	10,65	5,348	10,65	5,768
D2	10,65	5,348	10,65	5,768
D1	10,65	5,347	10,65	5,77

(a) bâtiment R+5

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D5	10,65	5,395	10,65	5,762
D4	10,65	5,348	10,65	5,768
D3	10,65	5,348	10,65	5,768
D2	10,65	5,348	10,65	5,768
D1	10,65	5,347	10,65	5,77

(b) bâtiment R+4

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D4	10,65	5,397	10,65	5,763
D3	10,65	5,353	10,65	5,77
D2	10,65	5,353	10,65	5,771
D1	10,65	5,353	10,65	5,772

(c) bâtiment R+3

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D3	10,65	5,397	10,65	5,762
D2	10,65	5,353	10,65	5,771
D1	10,65	5,353	10,65	5,772

(d) bâtiment R+2

A partir des tableaux (1.a) à (1.d) , on constate que le nombre de niveaux n'influe pas sur les coordonnées des centres de masses et des centres de rigidité dans le sens x alors que dans le sens y une légère variation est observée.

##### 3.1.2. Bâtiments contreventés par portiques

Les tableaux (2.a) à (2.d) présentent les coordonnées des centre de masse (Xcm , Ycm) et les coordonnées de centre de rigidité (Xcr, Ycr) des bâtiments contreventés par des portiques pour des niveaux (R+5, R+4, R+3, et R+2 respectivement).

**Tableau 2** : Coordonnées des centres de masse et de rigidité pour différents batiments contreventés par portiques

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D6	10,538	5,67	10,65	5,898
D5	10,617	5,561	10,65	5,895
D4	10,608	5,514	10,65	5,893
D3	10,649	5,502	10,65	5,893
D2	10,668	5,358	10,65	5,892
D1	10,659	5,343	10,65	5,892

(a) batiment R+5

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D5	10,538	5,67	10,65	5,898
D4	10,617	5,561	10,65	5,895
D3	10,608	5,514	10,65	5,893
D2	10,649	5,502	10,65	5,893
D1	10,659	5,343	10,65	5,892

(b) batiment R+4

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D4	10,538	5,67	10,65	5,898
D3	10,617	5,561	10,65	5,895
D2	10,608	5,514	10,65	5,893
D1	10,64	5,491	10,65	5,893

(c) batiment R+3

Niveau	XCM	YCM	XCR	YCR
D3	10,538	5,67	10,65	5,898
D2	10,617	5,561	10,65	5,895
D1	10,616	5,503	10,65	5,894

(d) batiment R+2

A partir des tableaux (2.a) à (2.d) on constate que les coordonnées des centres de masses varient légèrement dans les deux sens x et y d'un niveau à l'autre alors que le centre de rigidité change légèrement dans le sens y et constant dans le sens x.

Cela s'explique par la similitude mécanique et géométrique des différents niveaux, du moment que les différents niveaux ont les mêmes dimensions géométriques donc les mêmes masses et aussi les mêmes rigidités.

Le tableau (3) récapitule les résultats des centres de masse et de rigidité obtenus pour deux niveaux (D2, et D3), dans le cas des bâtiments contreventés par portiques et ayant différents niveaux chacun.

**Tableau 3** : coordonnées des centres de masse et de rigidité pour bâtiments ayant différents niveaux, contreventés par portiques.

Niveau	Xcm	Ycm	Xcr	Ycr
<b>R+2</b>				
D3	10,538	5,67	10,65	5,898
D2	10,617	5,561	10,65	5,895
<b>R+4</b>				
D3	10,608	5,514	10,65	5,893
D2	10,649	5,502	10,65	5,893
<b>R+5</b>				
D3	10,649	5,502	10,65	5,893
D2	10,668	5,358	10,65	5,892

A partir du tableau 3, on remarque que dans les bâtiments contreventés par portiques :

- Le centre de rigidité (xcr, ycr) des niveaux 2 et 3 ne change pas dans le sens ox alors que dans le sens OY il y a une légère variation par rapport aux niveaux.
- Les coordonnées de centre de masse (xcm, ycm) changent dans les deux sens par rapport aux niveaux. Mais pour les mêmes niveaux, elles sont pratiquement constantes indépendamment de la hauteur du bâtiment étudié.

Le tableau 4 récapitule les résultats des centres de masse et de rigidité pour deux niveaux (D2, et D3), dans le cas des bâtiments contreventés par voiles et ayant différents niveaux chacun.

**Tableau 4** : coordonnées centres de masse et centre de rigidité pour bâtiments contreventés par voiles

Niveau	Xcm	Ycm	Xcr	Ycr
<b>R+2</b>				
D3	10,65	5,397	10,65	5,762
D2	10,65	5,353	10,65	5,771
<b>R+4</b>				
D3	10,65	5,348	10,65	5,768
D2	10,65	5,348	10,65	5,768
<b>R+5</b>				
D3	10,65	5,348	10,65	5,768
D2	10,65	5,348	10,65	5,768

A partir du tableau 4, on remarque que dans les bâtiments contreventés par voiles :

- Le centre de rigidité dans le sens OX (Xcr) ne change pas, ni par rapport au niveau 2 et 3, ni par rapport à la hauteur du bâtiment. Alors que dans le sens OY (Ycr) il y a un petit changement par rapport aux niveaux 2 et 3 du bâtiment (R+2).
- Le centre de masse dans le sens OX (Xcm) ne change pas, et dans le sens OY il y a un petit changement par rapport aux niveaux.

Les tableaux 5.a à 5.c, présentent, une comparaison des coordonnées des centres de masses et de rigidité pour différents niveaux et pour les deux modes de contreventement.

**Tableau 5** : Comparaison entre les niveaux

Niveau	Xcm	Ycm	Xcr	Ycr
<b>R+2 (Portiques)</b>				
D3	10,538	5,67	10,65	5,898
D2	10,617	5,561	10,65	5,895
<b>R+2 (Voiles)</b>				
D3	10,65	5,397	10,65	5,762
D2	10,65	5,353	10,65	5,771

(a)

Niveau	Xcm	Ycm	Xcr	Ycr
<b>R+4 (Portiques)</b>				
D3	10,608	5,514	10,65	5,893
D2	10,649	5,502	10,65	5,893
<b>R+4 (Voiles)</b>				
D3	10,65	5,348	10,65	5,768
D2	10,65	5,348	10,65	5,768

(b)

Niveau	Xcm	Ycm	Xcr	Ycr
<b>R+5 (Portiques)</b>				
D3	10,649	5,502	10,65	5,893
D2	10,668	5,358	10,65	5,892
<b>R+5 (Voiles)</b>				
D3	10,65	5,348	10,65	5,768
D2	10,65	5,348	10,65	5,768

(c)

Ces tableaux (5.a) à (5.c) ci-dessus, montrent que l'abscisse (Xcr) du centre de rigidité est la même pour les niveaux 2 et 3 quelque soit le mode de contreventement et la hauteur du bâtiment. Alors que les autres coordonnées, changent légèrement en fonction de la hauteur du bâtiment (R+2, R+4 et R+5) et en fonction du mode de contreventement.

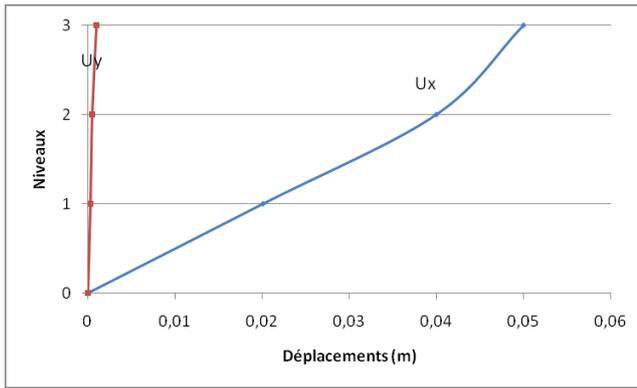
On remarque, également que le centre de rigidité et le centre de masse sont presque confondus. Cela est dû au fait que la géométrie des niveaux est la même et pour les deux modes de contreventement.

### 3.2. Déplacements :

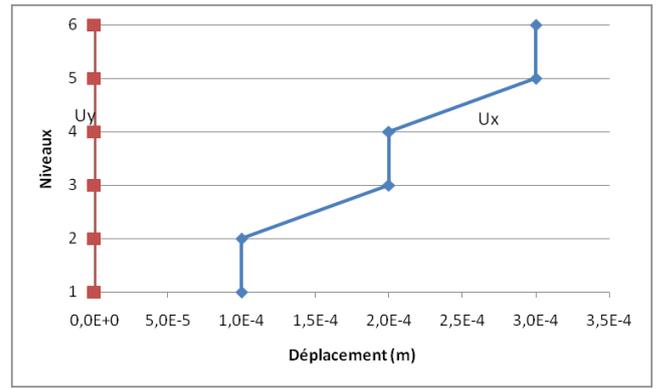
Les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ont été calculés selon le paragraphe 4.2.10 (RPA), et ne dépassent pas (1/100) de la hauteur d'étage. Dans ce qui suit, les déplacements sont calculés par la combinaison de charge : G+Q+Ex [2].

#### 3.2.1. Bâtiments contreventés par Portiques

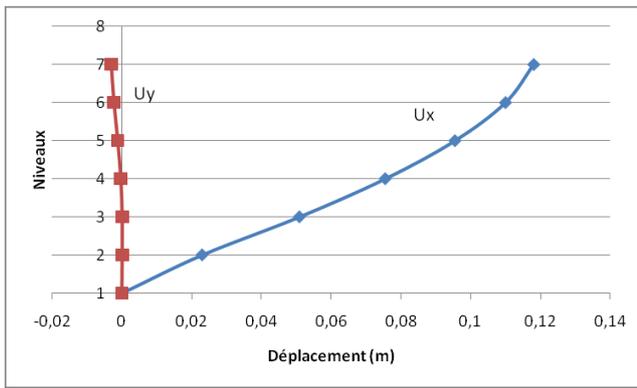
Les figures 2(a) et 2(b) présentent les résultats des déplacements latéraux des niveaux, suivant x et suivant y (Ux et Uy), pour deux bâtiments contreventés par portiques et ayant R+2 et R+5 respectivement.



(a) bâtiment R+2



(b) bâtiment R+5



(b) bâtiment R+5

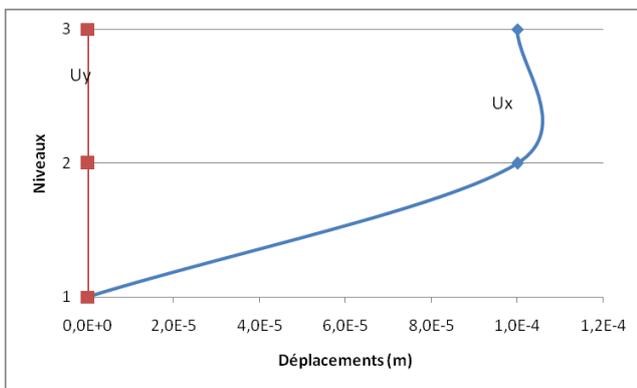
**Figure 2 :** Déplacements des planchers selon x et y pour deux bâtiments contreventés par portiques.

Dans les deux cas de bâtiments (R+2) et (R+5), le déplacement latéral suivant x est nettement supérieur à celui suivant y.

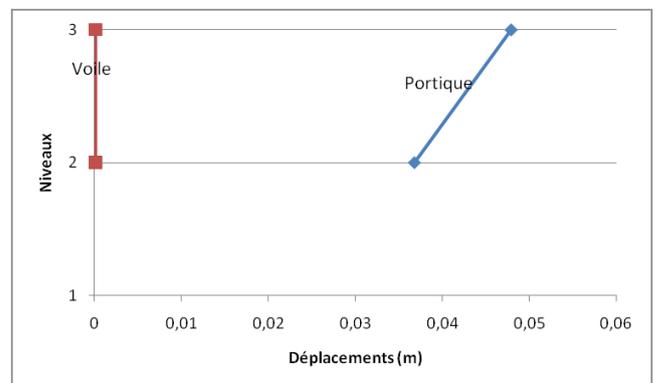
Plus le nombre de niveau est haut (la hauteur du bâtiment est grande), plus son déplacement est grand. Cela est valable pour les deux sens.

### 3.2.2. Bâtiments contreventés par Voiles.

Les figures 3(a) et 3(b) présentent les résultats des déplacements latéraux des niveaux, suivant x et suivant y ( $U_x$  et  $U_y$ ) pour deux bâtiments contreventés par voiles et ayant R+2 et R+5 respectivement.



(a) bâtiment R+2



(a) Déplacements des planchers suivant x ( $U_x$ )

**Figure 3 :** Déplacements des planchers selon x et y pour un bâtiment R+5 contreventé par voiles.

Les mêmes remarques, que dans le cas du contreventement par portique, peuvent être observées. Seulement dans ce cas de voile, le déplacement suivant y est quasiment nul.

Une autre particularité dans ce cas, est que le déplacement  $U_x$  est presque identique pour deux niveaux adjacents.

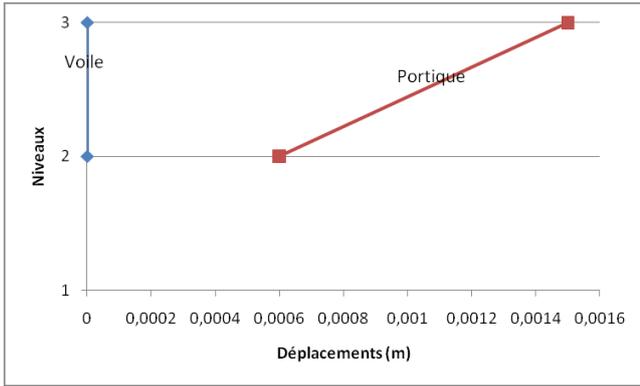
Il est identique pour le niveau 6 et le niveau 5. Celui des niveaux 4 et 3 est également le même.

Le déplacement latéral  $U_x$  croît avec la hauteur des niveaux. Plus le niveau est haut, plus son déplacement est grand.

Cela est aussi valable pour les déplacements  $U_y$  dans le sens y.

### 3.2.3. Comparaison entre bâtiments contreventés par portique et par voiles.

La figure 4 montre que le déplacement ( $U_x$ ) dans le cas d'un bâtiment en portiques est plus grand que dans le cas d'un bâtiment en voiles. Dans ce dernier cas, le déplacement aux niveaux 2 et 3 est quasiment nul.

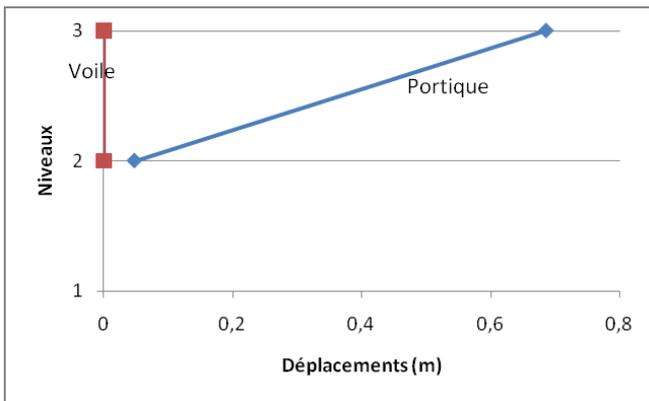


(b) Déplacements des planchers suivant y ( $U_y$ )

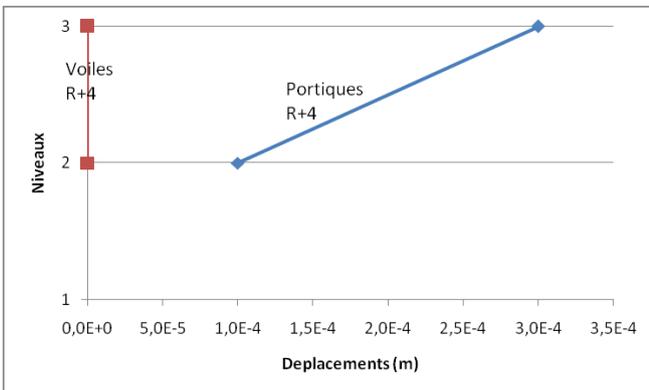
**Figure 4 :** Déplacements des planchers des niveaux 2 et 3 pour un bâtiment (R+2) contreventés par voiles et portiques

Les figures 5 à 8 montrent que , comparativement aux bâtiments en voiles, les bâtiments en portiques présentent des déplacements latéraux plus grands et dans les deux sens  $U_x$  et  $U_y$ . Il est a noter que les déplacements dans le cas des voiles sont quasiment nuls à cause de leurs fortes rigidités .

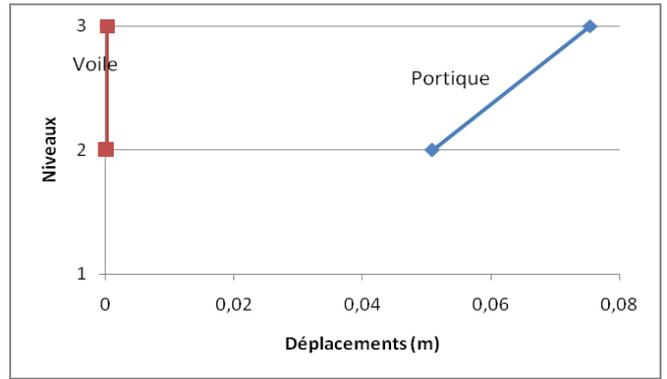
Dans le cas des portiques, les déplacements du niveau 3 sont plus grands que ceux du niveau 2.



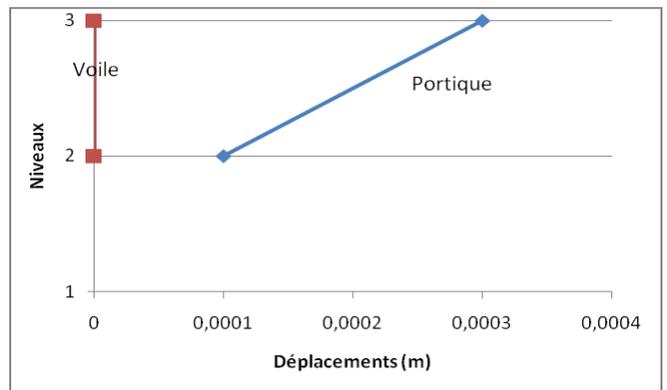
**Figure 5 :** Déplacements des planchers suivant x ( $U_x$ ) des niveaux 2 et 3 pour un bâtiment (R+4) contreventés par voiles et portiques



**Figure 6 :** Déplacements des planchers suivant y ( $U_y$ ) des niveaux 2 et 3 pour un bâtiment (R+4) contreventés par voiles et portiques



**Figure 7 :** Déplacements des planchers suivant x ( $U_x$ ) des niveaux 2 et 3 pour un bâtiment (R+5) contreventés par voiles et portiques

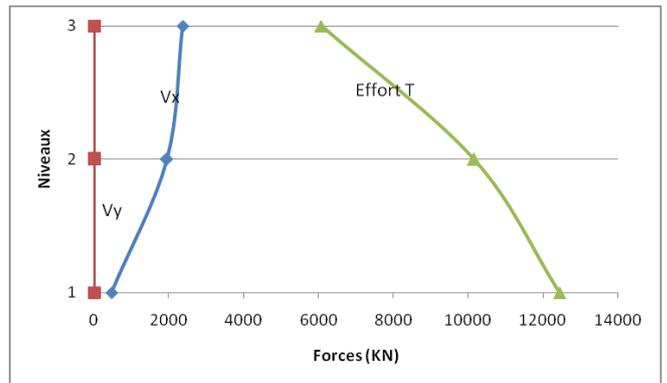


**Figure 8 :** Déplacements des planchers suivant y ( $U_y$ ) des niveaux 2 et 3 pour un bâtiment (R+5) contreventés par voiles et portiques

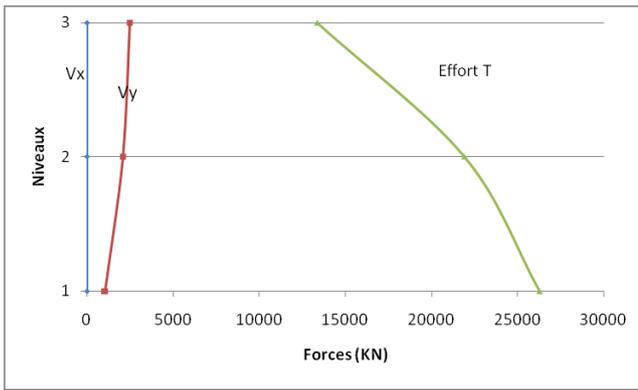
### 3.3. Forces sismiques

#### 3.3.1. Bâtiments contreventés par Portique.

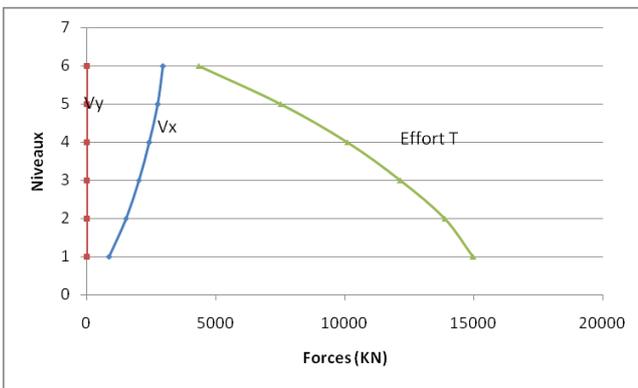
Les figures 9 à 12, montrent les forces sismiques dans le sens x ( $E_x$ ) et dans le sens y ( $E_y$ ), qui sont  $V_x$ ,  $V_y$  et l'effort tranchant, des bâtiments (R+2 et R+5) respectivement, en portiques. On constate que les allures des courbes sont logiques. L'effort T est maximum dans la base est diminué avec la hauteur du bâtiment. La force  $V_x$  est généralement supérieure à  $V_y$ . Cette dernière est nulle dans le sens X alors que  $V_x$  est nulles dans le sens y.



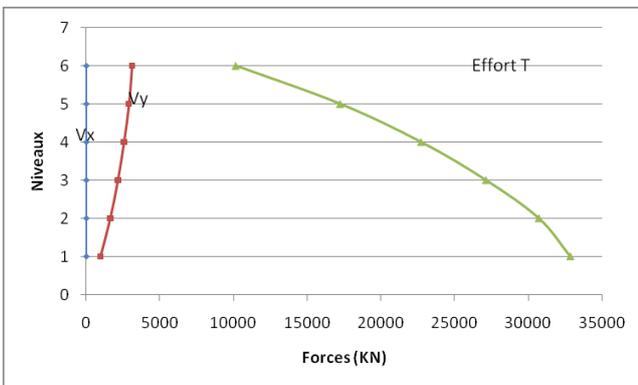
**Figure 9 :** Forces sismiques suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour un bâtiment (R+2) contreventés par portiques



**Figure 10 :** Forces sismiques suivant  $E_y$  aux niveaux 'TOP' pour (R+2) contreventés par portiques



**Figure 11 :** Forces sismiques suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour (R+5) contreventés par portiques

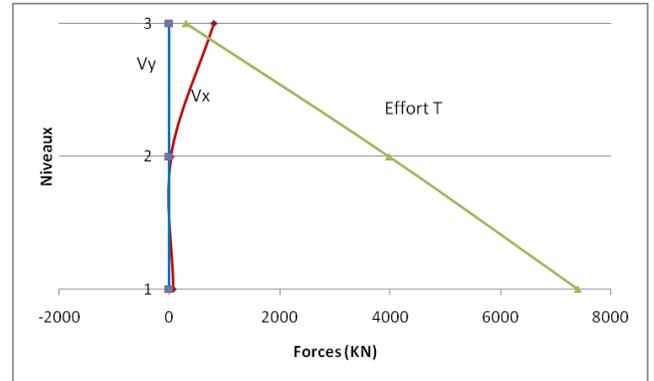


**Figure 12 :** Forces sismiques suivant  $E_y$  aux niveaux 'TOP' pour (R+5) contreventés par portiques

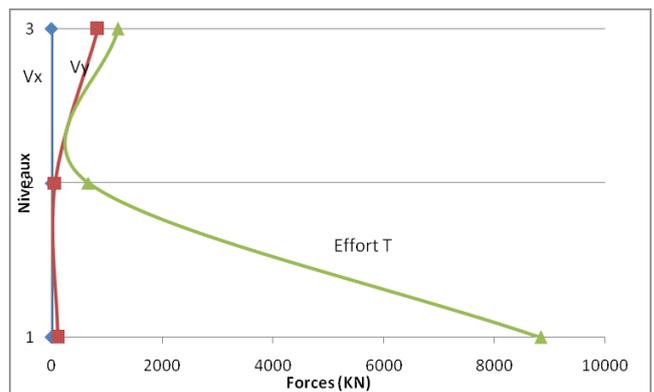
### 3.3.2. Bâtiments contreventés par Voiles.

Les figures 13 à 16, montrent les forces séismiques dans le sens x ( $E_x$ ) et dans le sens y ( $E_y$ ), qui sont  $V_x$ ,  $V_y$  et l'effort tranchant, des bâtiments (R+2 et R+5) respectivement, en voiles.

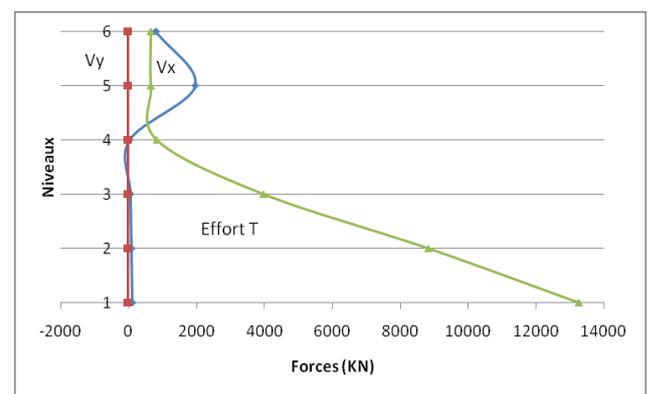
Les mêmes remarques que celles du cas des bâtiments en portiques sont à noter.. L'effort T est maximum dans la base est diminuée avec la hauteur du bâtiment. La force  $V_x$  est généralement supérieure à  $V_y$ . Cette dernière est nulles dans le sens X alors que  $V_x$  est nulles dans le sens y.



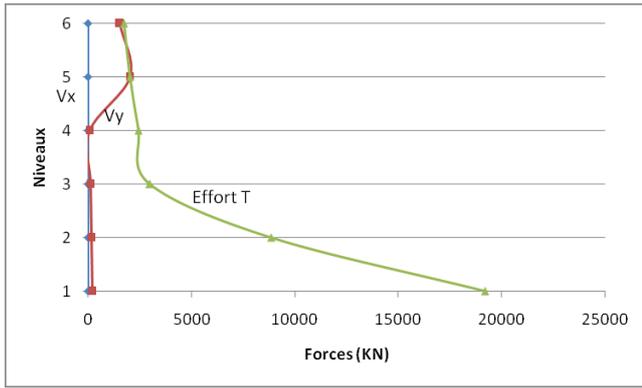
**Figure 13 :** Forces sismiques suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour (R+2) contreventés par voiles



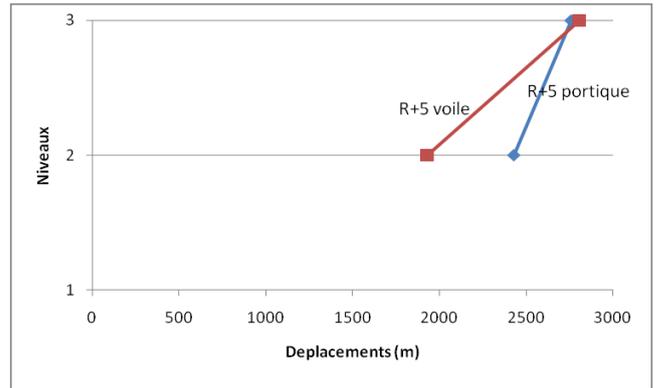
**Figure 14 :** Forces sismiques suivant  $E_y$  aux niveaux 'TOP' pour (R+2) contreventés par voiles



**Figure 15 :** Forces sismiques suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour (R+5) contreventés par voiles



**Figure 16 :** Forces sismiques suivant  $E_y$  aux niveaux 'TOP' pour (R+5) contreventés par voiles

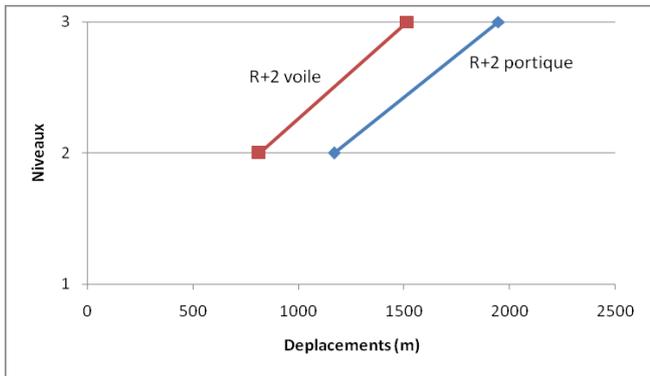


**Figure 19 :** Comparaison entre forces sismiques  $V_x$  suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour (R+5) contreventés par portique et par voile

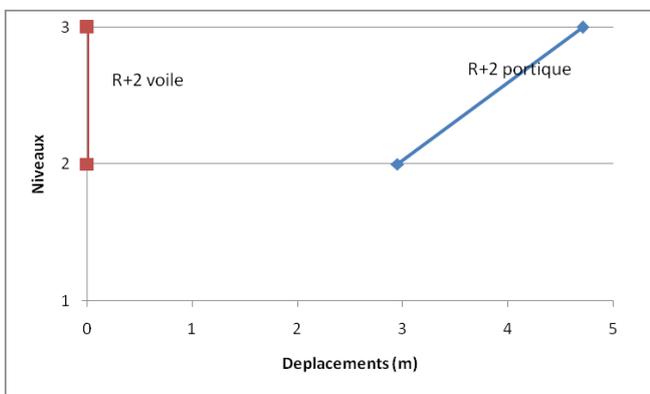
### 3.3.3. Comparaison entre bâtiments contreventés par portique et par voiles.

Les figures 17 et 20 montrent une comparaison entre les forces sismiques  $V_x$  et  $V_y$  pour le sens  $E_x$  des bâtiments (R+2, R+5) pour deux modes de contreventement (portiques et voiles).

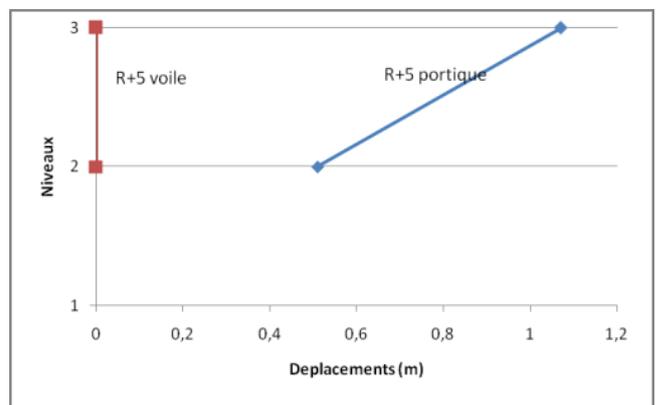
On constate que les forces séismiques sont plus grandes au niveau 3 comparativement au niveau 2 et que  $V_x$  sont nettement supérieures à  $V_y$ . Ces dernières sont généralement nulles dans le cas des bâtiments en voiles...



**Figure 17 :** Comparaison entre forces sismiques  $V_x$  suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour (R+2) contreventés par portique et par voile



**Figure 18 :** Comparaison entre forces sismiques  $V_y$  suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour (R+2) contreventés par portique et par voile



**Figure 20 :** Comparaison entre forces sismiques  $V_y$  suivant  $E_x$  aux niveaux 'TOP' pour (R+5) contreventés par portique et par voile

## CONCLUSION

L'analyse des différents bâtiments a permis de mettre en évidence l'influence du système de contreventement sur leurs réponses. Il a été déduit que :

La similitude mécanique et géométrique des différents niveaux favorise le rapprochement des centres de masses et des centres de rigidité des différents niveaux quelque soit le nombre de niveaux.

La structure en portiques est caractérisée par des déplacements relatifs importants par rapport aux autres structures, ce qui lui confère une certaine souplesse. La structure en voiles est caractérisée par des faibles déplacements inter étages et une période fondamentale réduite, ce qui évite généralement les dégâts des éléments non structuraux,

Plus le nombre de niveau est grand (la hauteur du bâtiment est grande) , plus son déplacement est grand. Cela est valable pour les deux sens des bâtiments en portiques. Ces déplacements peuvent être nuls dans le cas de comblement par voiles où ils sont en général, plus petits que ceux des bâtiments en portiques.

L'effort tranchant est maximum à la base du bâtiment et diminue avec la hauteur , quelque soit la hauteur du

batiment et son systeme de contreventement. Les forces sismiques  $V_x$  sont nettement supérieures à  $V_y$ . Ces dernières sont généralement nulles dans le cas des bâtiments en voiles.

#### Références

- [1] EC8 (2003). "European Committee for Standardization, prEN-1998-1, Eurocode No. 8, Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings", Part 3: Assessment and retrofitting of buildings, BS EN 1998-3:2005
- [2] RPA99/version (2003), « Règles parasismiques algériennes ». Document technique règlementaire DTR B
- [3] Applied Technology Council (1996). "Seismic Evaluation and Retrofit of Reinforced Concrete Buildings", Report ATC 40 / SSC 96-01, Palo Alto.
- [4] W. K. Tso and S. Yao (1993), "Seismic load distribution in building with eccentric setback". Canadian J. Civ. Eng., 21, 50-62.
- [5] F. G. Gulay and G. Calim,(2003), "A comparative study of torsionally unbalanced multi-storey structures under seismic loading". Turkish J. Eng. Env. Sci., 27, 11-19.
- [6] Penelis G. G., and Kappos A. J. (1997), "Earthquake Resistant Concrete Structures". New York, NY: E & FN Spon, .
- [7] J. P. Moehle (2000), "State of research on seismic retrofit of concrete building structures in the US". Proceeding of US-Japan symposium and workshop on seismic retrofit of concrete structures - State of Research and Practice, USA
- [8] M. O. Sonuvar, G. Ozcebe and U. Ersoy (2004), « Rehabilitation of reinforced concrete frames with reinforced concrete infills ». ACI Struct. J., 101(4): 494-500
- [9] T. D. Bush, L. A. Wyllie and J. O. Jirsa (1991), "Observations on two seismic strengthening schemes for concrete frames". Earth Spectra, 7(4): 511-527
- [10] J. Jirsa and M. Kreger (1989) "Recent research on repair and strengthening of reinforced concrete structures". Proceedings of the ASCE Structures Congress, California, 1: 679-688
- [11] S. Altın, U. Ersoy and T. Tankut (1992), "Hysteretic response of reinforced concrete infilled frames". ASCE J. Struct. Eng., 118 (8): 2133-2150
- [12] T. Albanesi, S. Biondi, E. Candigliota and C. Nuti (2006), "Experimental analysis on a regular full scale infilled frame". Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Paper No. 1608<