



HAL
open science

Influence de la résistance à la compression des panneaux de remplissage sur le comportement sismique des structures en portiques en béton armé.

Idir Ait-Ramdane, A. Abed

► To cite this version:

Idir Ait-Ramdane, A. Abed. Influence de la résistance à la compression des panneaux de remplissage sur le comportement sismique des structures en portiques en béton armé.. séminaire international de genie civil de Bechar, Oct 2015, Bechar, Algérie. <hal-01856300>

HAL Id: hal-01856300

<https://hal.science/hal-01856300v1>

Submitted on 10 Aug 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Influence de la résistance à la compression des panneaux de remplissage sur le comportement sismique des structures en portiques en béton armé

AIT-RAMDANE .I¹, ABED .A²

¹ Magister en Génie Civil, Université Mouloud MAMMERRI de Tizi Ouzou, idir.airamdane@yahoo.com

² Maître de conférences classe A, Université Mouloud MAMMERRI de Tizi Ouzou, Département de Génie Civil, abedahm@yahoo.fr

Résumé

Au début d'un séisme, les murs en maçonnerie reprennent une grande partie des forces sismiques, mais avec l'accroissement du déplacement inter-étages sous l'action sismique, les murs de remplissages subissent les premières fissures, et une séparation avec le cadre s'initie. L'influence des murs de remplissages sur le comportement global de la structure et leur contribution à la résistance et la raideur de cette dernière, restent dépendantes des caractéristiques de ces murs. Pour comprendre l'impact de ces panneaux de remplissage, notamment leur résistance à la compression sur le comportement sismique des structures en portiques en béton armé, des analyses non-linéaires en poussée progressive (pushover) sont effectuées sur un portique appartenant à un bâtiment composé de 7 étages implanté dans une zone de forte sismicité selon le règlement parasismique Algérien, avec quatre configurations différentes, à savoir, portique sans remplissage, portique avec remplissage en parpaings creux en béton léger, portique avec remplissage en briques creuses en terre cuite et portique avec un remplissage en briques pleines en terre cuites. Pour prendre en considération le comportement non-linéaire des différents éléments (poteaux, poutres, panneaux de remplissages), on leur affecte des rotules plastiques. Les caractéristiques de ces rotules plastiques sont définies à partir des codes FEMA 273 et le ACI 318-95. Les résultats des analyses non-linéaires montrent clairement l'augmentation de la raideur initiale et de l'effort tranchant élastique et ultime à la base des portiques remplis par rapport au portique nu (sans remplissage). On remarque également la diminution de la ductilité globale sous l'influence des remplissages, ce qui engendre des ruines par mécanismes d'étages.

Mots clés : Portique en béton armé, remplissage en maçonnerie, analyse pushover, ductilité.

1. INTRODUCTION

Les structures en portiques en béton armé avec des remplissages en maçonnerie sont très courantes dans beaucoup de pays, notamment dans ceux à haut risque sismique. Parmi ces pays, on peut citer ceux du bassin méditerranéen dont l'Algérie [1]. Pour ce type de structure, une grande partie des dommages causés par l'action sismique est attribuée aux panneaux de remplissage [9]. L'interaction entre ces panneaux et les cadres en béton armé du portique surcharge les nœuds poteaux-poutres et induit des effets locaux négatifs qui pourront conduire à un endommagement sérieux des nœuds poteaux-poutres de la structure dimensionnée dans la plupart des cas, en ignorant la présence des murs de remplissage qui sont considérés comme des éléments non structurels. Par conséquent cette simplification donne lieu à dimensionnement non sécuritaire.

La question qu'on se pose, concerne l'influence de la résistance de la maçonnerie sur la capacité de dissipation de l'énergie sismique par la structure, sur sa manière de subir des déformations post-élastique, sur sa raideur initiale et sur les mécanismes de ruine, provoqués par l'action sismique. Sachant que le mécanisme de ruine préconisé par le règlement parasismique Algérien est un mécanisme de ruine globale, obtenu par le dimensionnement de ces structures auto-stable de telle sorte que les rotules plastiques se forment dans les poutres plutôt que dans les poteaux, afin de dissiper, par déformations plastiques, un maximum d'énergie sismique sans s'effondrer. Le but d'un tel dimensionnement parasismique est d'établir une hiérarchie des plastifications successives des divers éléments structuraux et d'atteindre un mécanisme de ruine de type plastique, global et ductile, conférant à la structure un comportement favorable et sécuritaire, en situation sismique [2].

Notre travail consiste en l'étude du comportement sismique des structures en portique en béton armé en tenant compte de l'interaction murs de remplissage-cadres des portiques, notamment, l'influence de la résistance à la compression des murs de remplissage sur le comportement sismique des structures en portiques en béton armé.

2. GEOMETRIE ET CONFIGURATION STRUCTURALE

Le portique étudié fait partie d'un bâtiment (R+6) d'une hauteur totale de 21 m et des dimensions en plan de (20m x 15m), régulier en plan et en élévation, implanté sur un sol ferme (**S2, A=0.25**) dans une zone de forte sismicité (**zone III** selon le RPA 99/version 2003 [10]).

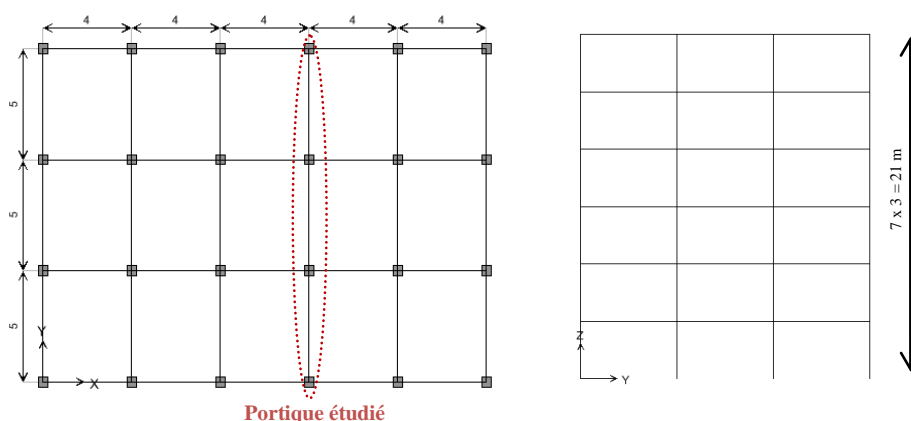


Figure 1 : Vue en plan et en élévation de la structure étudiée.

Le bâtiment est à usage d'habitation à plancher en corps creux de type (16+4) cm, et supposé être encasté à sa base. Les charges permanentes (G) du plancher terrasse sont évaluées à 5.8 KN/m^2 et celles du plancher courant à 5.2 KN/m^2 . Les charges d'exploitations (Q) du plancher terrasse et des planchers courant sont respectivement égales à 1 KN/m^2 et 1.5 KN/m^2 .

Les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés sont :

Un béton de résistance caractéristique à la compression de 25 MPa à 28 jours.

Un acier de nuance FeE400, sa contrainte élastique garantie est égale à 400 MPa .

Le dimensionnement des sections des poutres et poteaux se fait selon les codes de calcul en vigueur, à savoir le RPA99/Version 2003 [10] et le BAEL99 [13].

Les sections transversales des poutres et des poteaux ainsi que leurs ferrailrages satisfont le critère qui nous imposera plastification des poutres avant celle des poteaux, c'est-à-dire le concept *poteaux forts-poutres faibles*.

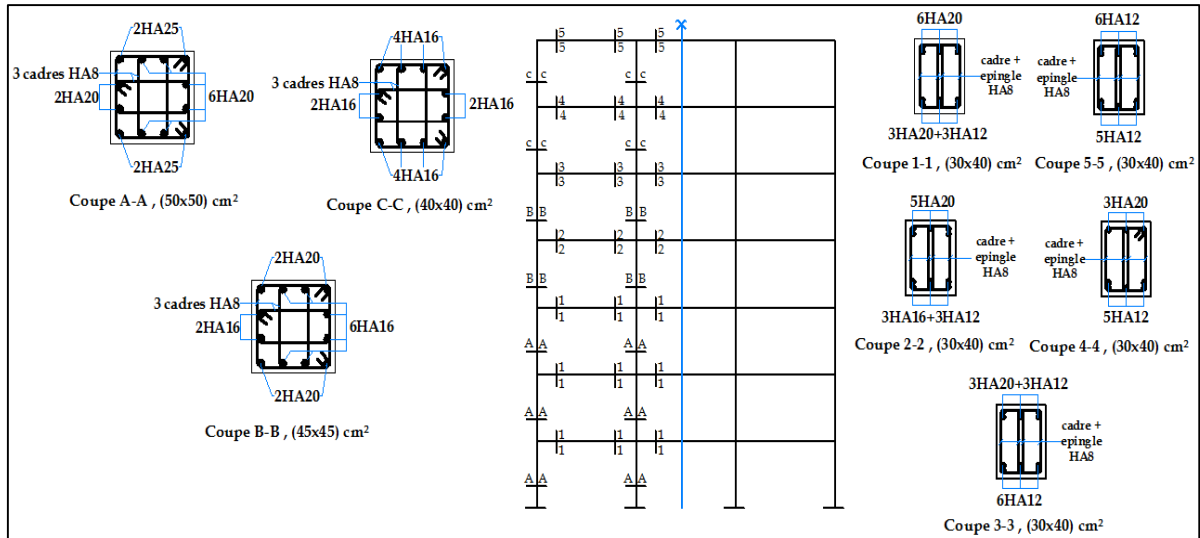


Figure 2 : Ferrailage du portique étudié.

2.1 Matériaux de remplissage utilisés.

Trois types de matériaux de remplissage à savoir, le parpaing creux en béton léger, la brique creuse en terre cuite et la brique pleine en terre cuite sont considérés dans l'étude, le choix de ces matériaux est effectué à partir de leurs résistances à la compression, respectivement, faible, moyenne et forte.

Tableau 1 : Caractéristiques des maçonneries utilisées.

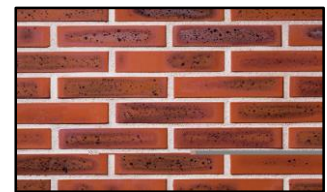
	unités	Parpaing creux en béton léger	Brique creuse en terre cuite	Brique pleine en terre cuite
Masse volumique	Kg/m ³	600 à 1900	1000 à 1600	> 1600
Module d'élasticité	MPa	20000	3550	6285
Résistance caractéristique à la compression	MPa	3	10	15



a)



b)



c)

Figure 3 : a) Parpaing creux en béton léger, b) brique creuse en terre cuite, c) brique pleine en terre cuite.

L'épaisseur des différents murs de remplissage qu'on a considérés dans notre étude est de 20 cm

3. MODELISATION NON-LINEAIRE DU PORTIQUE AVEC REMPLISSAGE

Lors d'un violent séisme, les structures ne demeurent pas dans l'état élastique. Par conséquent, les systèmes linéaires ne représentent pas bien le comportement sismique réel des structures, donc l'approche linéaire ne peut fournir qu'une compréhension limitée de ce comportement et la non-linéarité est incontournable pour une évaluation correcte du comportement sismique des structures [3]. Ce qui nous a conduit à mener une analyse non-linéaire de la structure avec la méthode pushover (poussées progressives).

3.1 Définition de la méthode Pushover

L'analyse pushover est fondamentalement une analyse statique non linéaire approximative, exécutée sous charges horizontales croissantes d'une façon monotone distribuées sur toute la hauteur de la structure selon un model prédéfini, jusqu'à ce que les modes de ruines commencent à apparaître. Durant cette analyse les charges gravitaires demeurent constantes.

3.2 Modélisation des poutres et des poteaux

Les poutres et les poteaux du portique en béton armé sont modélisés en tenant compte de leur comportement non-linéaire en flexion et en cisaillement. Les poutres sont modélisées par des éléments poutres élastiques avec des rotules plastiques concentrées à chacune de leurs extrémités. Les poteaux sont modélisés de la même façon, en tenant compte de la loi de la variation du moment résistant de la section droite du poteau en fonction de l'effort normal sollicitant ce dernier.

Les propriétés des rotules plastiques pour les poutres et les poteaux sont déterminées en utilisant les codes FEMA 273 [4] et ACI 318-95 [5].

2.2 Modélisation des murs de maçonnerie

Les prédictions de la résistance d'un cadre rempli de maçonnerie sont assez complexes. La résistance du cadre rempli n'est pas simplement la somme des propriétés du remplissage et celle du cadre [8].

Stafford-Smith (1963) [11], Mainstone (1971) [6], Klingner et Bertero (1976) [7] ont développé des modèles afin de comprendre et prévoir le comportement des cadres remplis de maçonnerie. Leurs tests expérimentaux sur les cadres remplis de maçonnerie soumis à des charges latérales ont abouti à des déformations similaires à celles montrées à la figure ci-dessous.

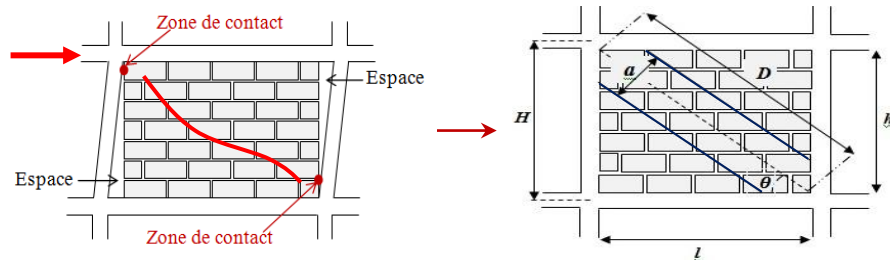


Figure 4 : Modélisation d'un panneau de remplissage par une bielle équivalente

La bielle équivalente de largeur a (figure 4), a la même épaisseur et les mêmes propriétés mécaniques que le panneau de remplissage réel, elle est supposée être connecter aux extrémités du cadre. Pour définir la largeur a de la bielle équivalente, on utilise l'approche donnée par Mainstone [6].

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{-0.4} \quad (1)$$

$$\text{Avec } \lambda_1 = \left(\frac{E_m t \sin 2\theta}{4 E_c I_{col} h} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

Où :

E_m, E_c : Module d'élasticité de la maçonnerie et module d'élasticité du béton du cadre

I_{col} : Inertie du poteau en béton armé.

t : Épaisseur de la maçonnerie.

h, D, H : sont définis sur la figure 4

La résistance de la bielle comprimée est déterminée en calculant la force nécessaire pour atteindre la résistance de la maçonnerie à l'écrasement et la force nécessaire pour atteindre la résistance au cisaillement.

$$R_{bielle} = \min \left(R_{\text{écrasement}}, \frac{R_{\text{cisaillement}}}{\cos \theta} \right) \quad (3)$$

Avec :

$$R_{\text{écrasement}} = a t f'_m \quad (4)$$

f'_m : Est la résistance de la maçonnerie à la compression, qui est déterminée comme suit [12] :

$$f'_m = \frac{f'_{cb}(f'_{tb} + \alpha f'_j)}{U_u(f'_{tb} + \alpha f'_{cb})} \quad (5)$$

Où :

$$\alpha = \frac{j}{4.1 h_b}$$

j : Épaisseur du joint du mortier, pris égal à 1.5 cm ;

h_b : Hauteur d'un élément de maçonnerie

f'_{cb} : Résistance en compression d'un élément de maçonnerie

f'_{tb} : Résistance en traction d'un élément de maçonnerie, prise égale à $0.1 f'_{cb}$

U_u : Coefficient de non uniformité de contrainte, égal à 1.5

f'_j : Résistance en compression du mortier, prise égale à 8 Mpa

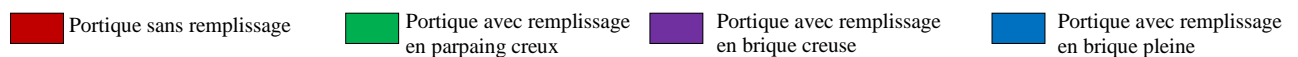
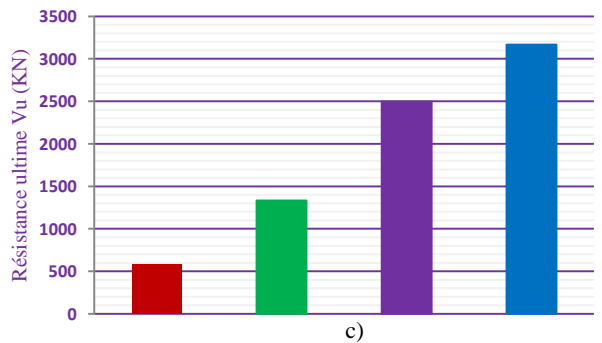
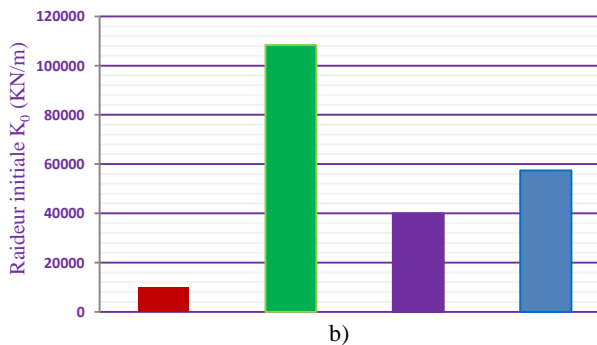
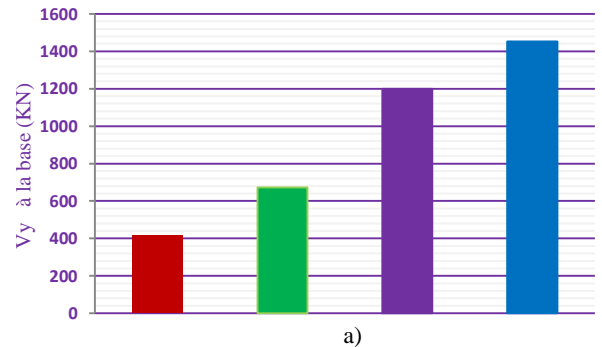
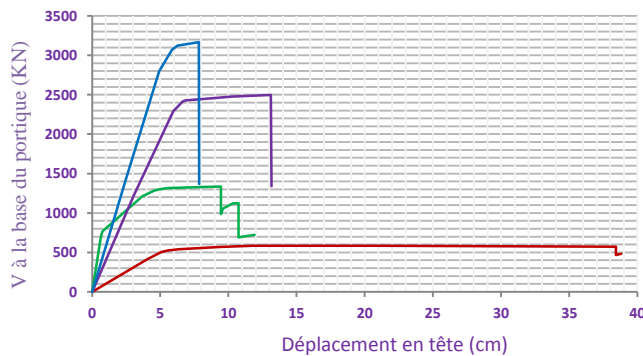
Après avoir calculée la résistance de la bielle et définie la loi qui régit son comportement non-linéaire en compression, on lui affecte une rotule plastique de compression au milieu.

4. RESULTATS DES ANALYSES PUSHOVER

Les analyses pushover sont exécutées à l'aide du logiciel de calcul ETABS version 9.8 pour les portiques étudiés, en variant la résistance des murs de remplissages, en utilisant les configurations suivantes :

- Portique nu (Portique de référence).
- Portique avec un remplissage en parpaing creux de béton léger.
- Portique avec remplissage en briques creuses en terre cuite.
- Portique avec remplissage en briques pleine en terre cuite.

4.1 Courbes de capacités



4.2 Analyse des résultats

A partir du premier graphe dans lequel on présente les courbes de capacités qui relient l'effort tranchant à la base au déplacement en tête des différents portiques, on constate que le comportement des portiques avec remplissage est moins ductile que celui du portique sans remplissage, ce qui peut être expliqué par la longueur du palier plastique des courbes de capacités.

A l'état limite élastique et à l'état limite ultime, on remarque une augmentation des efforts tranchants (V_y et V_u) à la base de tous les portiques remplis par rapport au portique nu (sans remplissage), et ces efforts tranchants augmentent avec l'augmentation de la résistance à la compression du remplissage (Figures a et c).

A partir de la figure b, on remarque l'accroissement de la raideur des portiques avec remplissage par rapport au portique nu. Les remplissages jouent le rôle de raidisseurs, en réduisant les déplacements latéraux de tous les portiques remplis.

5. CONCLUSION

En dépit du dimensionnement du portique nu en respectant le principe *poteaux forts - poutre faible*, on constate que le remplissage réduit significativement la ductilité des portiques remplis, ce qui engendre des ruines fragiles, contrairement à ce qui est préconisé par le règlement parasismique Algérien.

Comparativement au portique nu, les portiques avec remplissage sont caractérisés par :

- Une augmentation des efforts tranchants élastiques à la base, qui est due à l'apport des panneaux de maçonnerie, puisque eux-mêmes possèdent une importante résistance à la compression.
- Un accroissement de la raideur latérale initiale.
- Une augmentation de la résistance ultime amenée par la présence du remplissage.

L'augmentation des efforts tranchants élastiques et ultimes est proportionnelle à la résistance à la compression des maçonneries.

Vu les dommages subis par les structures en portiques avec remplissage en maçonnerie, et leur vulnérabilités dans les zones sismiques, on préconise de passer à un autre système structural comportant des voiles de contreventement en béton armé dans les deux directions orthogonales, comme le préconise le règlement parasismique Algérien. On recommande aussi, la limitation de l'interaction remplissage-cadres des portiques, par l'introduction d'autres matériaux, dont le but est de supprimer le contact portique –maçonnerie et de réduire les dommages des panneaux de remplissage et l'effort communiqué aux nœuds poteaux-poutres.

6. REFERENCES

- [1] ABED, A., LOUZAI, A. Comportement sismique des structures en portiques en béton armé avec remplissage en maçonnerie, Annales du bâtiment et des travaux publics, France.,34-42.
- [2] HAMDANI, N., Influence de l'irrégularité en élévation des structures en portique en béton armé sur leur comportement sismique. Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Faculté du Génie de la Construction, Département de Génie Civil, Algérie.
- [3] LESTUZZI, P., 2009, Analyse et dimensionnement sismiques. Ellipses, Genève.
- [4] Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1997, NEHRP the Seismic Rehabilitation of Buildings. FEMA273.
- [5] ACI, 1995, Building code requirements for reinforced Concrete (ACI 318- 95), Mand Design. Third Edition American Concrete Institute. Detroit. Michigan. U.S.A.
- [6] Mainstone R.J., 1971, On the Stiffness and Strength of Infilled Frames. Proceedings of the Institution of Civil Engineers.
- [7] Klinger R.E., Bertero V.V., 1978. Earthquake Resistance of Reinforced Infilled Frames. Journal of Structural Engineering. ASCE. Vol. 104. No. ST6.973-989.
- [8] Poluraju P., Nageswara Rao P. V. S., October 2011. Pushover analysis of reinforced concrete frame structure using SAP 2000. International Journal of Earth Sciences and Engineering. Volume 04. No 06 SPL.
- [9] MARKULAK, D., RADIC I., SIGMUND V., 2013, Cyclic testing of single bay steel frames with various types of masonry infill, University of Osijek, Faculty of Civil Engineering, Croatia.
- [10] Règles Parasismiques Algériennes (RPA99/version 2003), Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique. Algérie.
- [11] Stafford Smith B., 1963, Lateral Stiffness of Infilled Frames. Journal of Structural Division. ASCE. Vol. 88. No. ST6.183-199.
- [12] Paulay, T. and Priestley., 1992, Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. Edition John Wiley and Sons, Inc.
- [13] BAEL 91, 1992, Règles Techniques de Conception et de Calcul des Ouvrages et Constructions en Béton Armé suivant la Méthode des Etats Limites. Edition Eyrolles