Chapitre 4

PRESENTATION DES MATERIAUX ET LES TECHNIQUES EXPERIMENTALES UTILISEES

4.1 INTRODUCTION

En Algérie et dans la majorité des projets récents, l'usage de la maçonnerie est limité, elle n'est souvent utilisée que comme matériau de remplissage dans la construction de structure en béton armé. Dans les calculs, l'influence de la maçonnerie sur le comportement des bâtiments est couramment négligée. Cependant le remplissage en maçonnerie a une influence importante sur les caractéristiques des structures. Cette pratique consistant à négliger l'influence de la maçonnerie s'est imposée par l'usage, en raison, principalement, de l'absence d'une méthode de calcul pratique ainsi que d'un outil réglementaire approprié. Dans notre pays, Il n'existe pratiquement aucune norme concernant le comportement de la maçonnerie.

4.2 MATERIAUX UTILISES

4.2.1 Provenance des matériaux

Le sable utilisé est un sable roulé extrait des côtes de « Terga », le ciment est un ciment Portland composé (CPJ45) fabriqué et commercialisé par la cimenterie de « Beni-saf », alors que la chaux éteinte est ramené de l'usine de « Hassasna » (Wilaya de Saïda). Quand au produits utilisés, la brique en terre cuite creuse a été acheté de la briqueterie de Bendimerad (Remchi), la brique silico-calcaire pleine a été ramené de « Ain-sefra », alors que le parpaing provient de « Zeddiga ».

4.2.2 Caractéristiques des matériaux

4.2.2.1 Les briques

a) Caractéristiques géométriques

Les panneaux sont confectionnés à partir des différents types de maçonnerie, dont les caractéristiques géométriques sont :

- Blocs en béton « Parpaing » : 10 x 20 x 40 cm³
- Briques en terre cuite creuses : 10 x 20 x 30 cm³
- Briques en Silico-Calcaires : 5.2 x 11.5 x 24 cm³

MCours.com

b) Caractéristiques physiques

La masse volumique (tableau 4.1) des éléments est déterminée par la méthode géométrique. Les mesures sont effectuées sur six blocs.

La masse volumique d'un bloc ρ (kg/m³):

$$\rho = \frac{M}{V} \tag{4.1}$$

Où :

ho : masse volumique apparente

M : masse des briques

V : volume net des briques

Nature du produit	N°	Masse (Kg)	Volume net (m ³)	$ ho_{(\mathrm{kg/m}^3)}$	ρ_{moy}
	1	4.465	2.4835 10-3	1797.87	(118/111)
	2	4.420	$2.4825 \ 10^{-3}$	1780.46	
Brique en terre	3	4.420	2.4820 10-3	1780.82	1=00
cuite creuse	4	4.460	$2.4832 \ 10^{-3}$	1796.07	1788
	5	4.450	2.4840 10-3	1791.47	
	6	4.430	2.4836 10 ⁻³	1783.70	
	1	9.530	4.8232 10-3	1975.87	
	2	9.860	4.8252 10-3	2043.44	
Bloc en béton	3	9.515	4.8230 10-3	1972.84	1000
« parpaing »	4	9.770	4.8245 10 ⁻³	2025.08	1990
	5	9.340	4.8225 10 ⁻³	1936.75	
	6	9.610	4.8242 10 ⁻³	1992.04	
	1	2.445	1.3966 10 ⁻³	1750.68	
Brique silico- calcaire	2	2.470	1.3938 10 ⁻³	1772.13	
	3	2.350	1.3635 10 ⁻³	1723.51	1755
	4	2.370	1.3789 10 ⁻³	1718.76	1/55
	5	2.475	1.3953 10 ⁻³	1773.81	
	6	2.500	1.3973 10 ⁻³	1789.16	

D'après les résultats obtenus, les blocs de béton présentent la plus grande densité, se sont des blocs lourds. Par contre pour les autres briques ses des briques légères.

c) Caractéristiques mécaniques

Des essais de résistance à la compression ont été réalisés sur 6 blocs jusqu'à la rupture. Nous avons surfacer les blocs dans le sens du chargement. La résistance en MPa est calculée selon la formule suivante :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_n} \cdot 10 \tag{4.2}$$

Où :

- σ_{b} : résistance à la compression en (MPa)
- F_b : charge maximale de rupture en (KN)
- S_n : section nette moyenne de la brique en (\mbox{cm}^2)

Les résultats sont consignés dans le tableau (4.2).

Nature du produit		Force (KN)	σ (MPa)	σ _{moy} (MPa)	Force (KN)	σ (MPa)	σ _{moy} (MPa)
	N°		$\theta = 90^{\circ}$			$\theta = 0^{\circ}$	
	1 2	39.6 38.7	1.32 1.29		58.5 62.4	2.93 3.12	
Brique en terre cuite	3	40.8	1.36	13	56.8	2.84	3 10
creuse	4	40.2	1.34	1.5	63.1	3.2	5.10
	5	36.6	1.22		64.0	3.16	
	0	38.1 05.6	1.27		00.3 70.0	3.3Z	
	2	95.0	2.39		70.9	5.55 3.59	
Bloc en béton	3	90.8 84 0	2.27		72.4	3.30	
« parpaing »	4	88.8	2.22	2.25	66.4	3.32	3.55
	5	92.8	2.32		73.2	3.66	
	6	88.4	2.21		69.1	3.46	
	1	290.4	21.04		80.3	13.96	
Brique silico-calcaire	2	260.9	18.91		85.8	14.92	
	3	251.6	18.23	10.05	87.9	15.29	14 66
	4	280.2	20.30	19.95	80.5	14.00	14.00
	5	297.5	21.56		88.7	15.43	
	6	270.8	19.62		82.6	14.37	

Tableau 4.2 Caractéristiques mécaniques des briques

4.2.2.2 Mortiers

Nous avons utilisé 2 types de mortier : mortier en ciment (1 : 3) et mortier bâtard (1 : 1 : 6)

a) Caractéristiques du sable utilisé

le sable utilisé est un sable roulé, caractérisé par :

Masse volumique : $\rho_s = 1440 \text{ kg/m3}$ Equivalent sable : ES = 93.3 %

La figure (4.1) présente la granulométrie du sable utilisé. Selon la classification du LPC, ce sable est propre mal gradué.



Figure 4.1 Courbe granulométrique

Fuseau
 Courbe granulométrique

b) Composition des mortiers utilisés

Le tableau (4.3) présente les différents dosages en liants mélangés dans 1 m³ de sable sec. La quantité d'eau de gâchage est obtenue par une consistance normale.

Nature du mortier	Ciment (kg)	Chaux hydraulique (kg)	Eau Liant
Mortier en ciment (1 : 3)	450	-	0.7
Mortier bâtard (1 : 1 : 6)	225	120	0.75

Tableau 4.3 Composition des mortiers utilisés

c) Essais sur les mortiers (EN 196-1)

Des essais ont été réalisés sur les mortiers pour définir les résistances à la compression et à la traction (norme EN 196-1). 24 éprouvettes 4x4x16 cm3 ont été confectionnés et soumises à la traction par flexion et à la compression. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau (4.4) et sont le résultat de la moyenne de 24 échantillons.

	Résistance à la trac (MP	ction par flexion a)	Résistance à la compression (MPa)	
Nature du mortier	7 jours	28 jours	7 jours	28 jours
Mortier en ciment	0.64	1.13	10.17	18.39
Mortier bâtard	0.21	0.40	3.13	5.36

Tableau 4.4	Caractéristiques	mécaniques	des mortiers

4.2.2.3 Déformation ultime des matériaux

Chapitre 4

Des essais de résistance à la compression ont été réalisés sur des blocs et sur des mortiers jusqu'a la rupture, pour déterminer les déformations ultimes (ϵ_u). Les résultats sont regroupés dans le tableau (4.5).

	Constituants	Déformation ultime (10 ⁻³)
Mortior	Ciment	3.431
Moruer	Bâtard	6.575
	Brique en terre cuite creuse	1.875
Les blocs	Blocs en béton « parpaing »	3.015
	Brique en silico-calcaire	5.810

Tableau 4.5	Déformations	ultimes
-------------	--------------	---------

4.3 PROGRAMME DES ESSAIS SUR LES MURETS

4.3.1 Introduction

Notre étude concerne les panneaux de maçonnerie en briques en terre cuite creuse, briques silico-calcaire et en blocs de béton « parpaing » testés sous chargement uniaxial avec différentes orientations des joints du mortier par rapport à l'axe de la sollicitation. Cette inclinaison varie de 0°, 45° et 90°, avec différentes épaisseurs du joint : 0.5, 1.0 et 1.5 cm et différents types de mortier, mortier à base de ciment et mortier bâtard (figure 4.2).

Nous montrons dans ce qui suit l'importance du rôle des joints. Ces derniers sont souvent à l'origine de la rupture et nous décrirons les différents modes de rupture rencontrés.

Nous avons choisi le modèle réduit pour les briques en silico-calcaire en raison de la capacité du vérin (160 KN), puisque les premiers essais sur les murets ne sont jamais arrivés à la rupture. Nous avons considéré le ¹/₄ du muret et à cet effet, nous avons scié les briques au 1/8 de leur géométrie d'origine.



Figure 4.2 Programme des essais

4.3.2 Nature des murets tests

4.3.2.1 Muret test en briques de terre cuite creuse : 10 x 90 x 100 cm3



Figure 4.3 Dimensions des murets en briques de terre cuite creuses

4.3.2.2 Muret test en bloc de béton « parpaing » : 10 x 80 x 100 cm3



Figure 4.4 Dimensions des murets en Parpaings





Figure 4.5 Dimension des murets en briques silico-calcaire

4.3.2.4 Muret test en briques silico-calcaires (modèle réduit) : 5.6 x 24 x 32 cm3



Figure 4.6 Dimensions des murets en briques silico-calcaire (Modèle réduit)

4.2.3.5 Muret en Epi

La plus part des anciennes bâtisses de la « médina de Tlemcen » (figure 4.1) sont construites avec des murs porteurs en briques disposés en quinconce, tantôt en lits horizontaux et tantôt en épi. Dans ce contexte, nous avons testé des murets en brique silico-calcaire avec deux dispositions en épi avec une orientation du joint par rapport au chargement de 45°, en utilisant un mortier en ciment et une épaisseur du joint de 0.5 cm. Ces murets ont été réalisés avec des briques de géométrie réduite ; la brique silico-calcaire 1DF a été sciée en huit parties égales.



Photo 4.1 Murs en maçonnerie avec une disposition en épi (Médina de Tlemcen)



Figure 4.7 Dimensions des murets en briques silico-calcaire disposées en Epi (Modèle réduit)

4.4 CONFECTION DES MURETS

Nous avons réalisé 80 murets pour les besoins de cette étude, confectionnés au laboratoire de résistance des matériaux.

4.4.1 Matériel utilisé

Le matériel utilisé pour la confection des murs est le suivant (photos 4.2, 4.3 et 4.3) : truelles, auge, fil à plomb, niveau, scie à béton et transpalette.



Photo 4.2 Outils utilisés



Photo 4.3 Scie a Béton



Photo 4.4 Transpalette

4.4.2 Méthodologie de la confection des murets

Un dispositif a été réalisé pour la confection des murets, afin de respecter la planéité (voir photo 4.5). Les opérations suivies sont :

- 1. Mouiller préalablement les briques ou blocs, pour éviter l'absorption de l'eau du mortier pendant la réalisation de la maçonnerie,
- 2. Placer le fil avant la disposition des blocs en maçonnerie (photo 4.5),
- 3. Etaler le mortier suivant l'épaisseur et ce à l'aide de différents gabarits fixant ainsi les dimensions du joint,
- Vérifier la planéité du mur avec la règle en bois et le fil à plomb, voir photos (4.7) et (4.8)
- 5. Après 24 h, effectuer un surfaçage (photos 4.9 et 4.10) avec un mortier en ciment 1 : 2,
- 6. Les murets sont ensuite transportés et stockés,
- 7. L'écrasement est effectué, après 28 jours de cure, aux conditions du laboratoire.

Les mêmes opérations sont répétées, pour les autres murs, sauf pour les murets à 45° où les blocs sont découpés avec la scie à béton.

Nous ne présentons que la confection des murets en blocs de béton « Parpaing » et celle des briques en silico-calcaire (modèle réduit). Pour les murets en briques en terre cuite creuse, c'est le même principe.

Les briques silico-calcaire ont été découpées au laboratoire avec la scie à béton. Nous avons considérée le 1/8 des dimensions de la brique d'origine (échelle 1).

4.4.2.1 Mur en parpaing (orientation du joint à 90°)



Photo 4.5 Dispositif pour la confection des murets



Photo 4.7 Vérification de la planéité du mur avec la règle en bois



Photo 4.6 Etalement du mortier



Photo 4.8 Vérification de la planéité du mur avec le fil à plomb



Photo 4.9 Opération de surfaçage



Photo 4.10 Mur fini prêt a l'écrasement

4.4.2.2 Mur en parpaing (orientation du joint à 45°)



Photo 4.11 Dispositif pour la confection des murets



Photo 4.12 Réglage du bloc



Photo 4.13 Respect de la planéité



Photo 4.14 Vérification de la planéité avec la règle en bois



Photo 4.16 Mur fini

4.4.2.3 Mur en brique silico-calcaire (modèle réduit), orientation du joint à 90°



Photo 4.17 Dispositif pour la confection des murets



Photo 4.18 Vérification du niveau



Photo 4.19 Vérification de la planéité



Photo 4.20 Mur fini



Photo 4.21 Opération de surfaçage



Photo 4.22 Mur prêt pour écrasement

4.4.2.4 Mur en brique silico-calcaire (modèle réduit), orientation du joint à 45°



Photo 4.23 Vérification de l'orientation du joint



Photo 4.24 Disposition des lits du mur



Photo 4.25 Vérification de la planéité du mur



Photo 4.26 Pose de la brique





Photo 4.27 Mur fini

Photo 4.28 Opération de surfaçage

4.5 DISPOSITIF D'ESSAI

Une presse pilotée par ordinateur a été utilisée pour la réalisation des essais, comprenant :

- Un portique de 1.5 m x 1.7 m (photo 4.29).
- Un portique de 0.8 m x 1.0 m (photo 4.30).
- Un vérin de 160 KN de capacité (photos 4.29 et 4.30).
- Un système hydraulique (photo 4.29).
- Un système d'acquisition des données (photo 4.29).
- Barres de transmissions des charges (photo 4.36).
- Capteur de déplacement.
- Un ordinateur Pentium II.
- Un logiciel pour le traitement des données.

4.5.1 Principe de l'essai

Les efforts sont transmis par des barres de transmissions (photo 4.31). Des plaquettes d'appui assurent une meilleure distribution des efforts sans aucune excentricité.

La mesure de pression, faite à l'aide d'un capteur de pression, permet de déterminer la charge appliquée par le vérin.

La mesure des déplacements est effectuée à l'aide d'un capteur de déplacement qui est installé au-dessus du muret.

L'ensemble des données, forces et déplacements, sont enregistrés automatiquement par un système d'acquisition des données. Ces derniers nous ont permis de tracer les courbes contraintes-déformations que nous présentons en annexe.

La sollicitation est exercée suivant des paliers de pression d'une valeur moyenne de 1 KN/s jusqu'à la rupture.



photo 4.29 L'ensemble du dispositif d'essai



Photo 4.30 Portique d'essai des murs réduits



Photo 4.31 Barres de transmission des charges

4.6 **REPETABILITE DES ESSAIS**

Le dispositif d'essai a été réalisé localement, à l'image de celui acquis (petit modèle). Ce dernier ne permet pas de réaliser des essais sur des grands murets (grandeur nature), par exemple pour le cas du parpaing, on ne peut utiliser qu'une seule rangée.

Nous avons réalisé 3 murets identiques (afin de tester la fiabilité du dispositif utilisé) en blocs de béton « Parpaing » hourdés à l'aide d'un mortier en ciment d'épaisseur 10 mm avec une orientation des blocs à 90°. Les résultats sont résumés dans le tableau (4.5).

	Charge de rupture (KN)	Déplacement à la rupture (mm)	Taux d'erreur (%)
Mur 1	108.6	0.936	2.11
Mur 2	114.2	0.859	2.89
Mur 3	109.8	0.917	1.01
Moyenne	110.87	0.817	

Tableau 4.6 Résultats des essais de validation

Les statistiques montrent que la différence des résultats ne dépasse pas les 3%.

4.7 CONCLUSION

Le dispositif utilisé pour la réalisation des essais présente une bonne fiabilité, le taux d'erreur ne dépasse pas 3% et les charges sont uniformément réparties dans les murets lors de leur chargement.

La confection des murets tests a été réalisée selon les règles de l'art, où toutes les précautions nécessaires ont été respectées.

MCours.com