REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en génie civil

Thème :

Comportement des murs en maconneré renforcé par une couche d'une mortier fibré

Présenté par

Bensaada Mohamed

Hallouane Ismail

Proposé et Dirigé par

M^{me}.HERNOUNE.H

PromotionJuin2022

Remerciements

Nous remercions, en premier lieu, notre dieu qui a bien voulu nous donner la force pour effectuer le présent travail.

En second lieu, nous tenons à adresser notre grand remerciement à notre promoteur M. HERNOUNE.H *pour tous ses conseils, ses grands efforts et surtout sa patience.*

.

Nous n'oublions pas les responsables de la bibliothèque qui nous ont beaucoup facilité notre recherche.

Nous remercions tous les enseignants du département de génie civil. Ainsi les personnels de Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique CGS.

Aussi nos remerciements les membres du jury qui ont consacré un peu de leur temps pour examiner notre travail.

Sans oublier toute la promotion Master2 GC.

En fin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Bensaada *Mohamed* Hallouane Ismail

Dédicaces

Je dédié ce travail au Modèle de sacrifice, d'amour et de générosité.

à ma très chère mère.

A mon très cher père qui m'ont aidé durant toute ma vie.

A mes chers frères et sœurs et ses enfants.

et sa famille A toute ma famille et mes

A mon binôme et sa famille.

A mes amies de GC promotion 2022



Bensaada. ***M***

Dédicaces

Je dédie ce travail au modèle du sacrifice, de l'amour et de la générosité.
A ma chère mère.

A mon cher père décédé qui m'a aidé toute sa vie.

A mes chers frères, sœurs et amis.

Et tout le monde de ma famille et
À mon partenaire, sa famille et tous ceux qui m'ont aidé.

A mes amis du GC 2021



Hallouane./

Résumé

Le but de cette étude est se consacre à une étude expérimentale de panneaux de maçonnerie en briques perforé de terre cuite dans une perspective d'amélioration de leur comportement mécanique. Dans cette étude, une étude expérimentale a été faite pour comparer le comportement des murets en maçonnerie non renforcés avec celle qui a été renforcé par trois types différents de renforcement. Une série des murets ont été construits avec des briques de maçonnerie de dimensions (220 x110 × 55) en utilisant un mortier bâtard (1 :1 :5). Les murets ont été enduits à l'aide de mortiers auxquels on ajoute 2 % de trois différents types des fibres (Acier, sciure de bois et mélange de sciure de bois avec fibre en acier). Nous visons de tester le comportement au cisaillement et à la compression de ces panneaux jusqu'à la rupture. Pour mener à bien cette investigation, trois types de renforcements des murets ont étés étudiés et comparés avec des murets non renforcés afin d'évaluer les performances de cette technique de renforcement et le gain apporté en résistance, rigidité et en ductilité.

Mots-clés: Comportement des murs, maconneré renforcé, Mortier fibré, fibre en acier, briques perforé sciure de bois

Abstract

The aim of this study is to undertake an experimental study of perforated brick masonry panels with a view to improving their mechanical behavior. In this study, an experimental study was made to compare the behavior of unreinforced masonry walls with that which was reinforced by three different types of reinforcement. A series of walls were built with bricks masonry of dimensions (220 x110 × 55) using bastard mortar (1: 1: 5). The walls were coated with mortars to which 2% of three different types of fibers (polypropylene, steel and sawdust) were added. We aim to test the shear and compressive behavior of these panels until failure. To carry out this investigation, three types of wall reinforcement were studied and compared with unreinforced walls in order to assess the performance of this reinforcement technique and the gain in strength, rigidity and ductility.

ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو تحسين سلوك جدران البناء المثقبة .في هذه الدراسة تم اجراء تجريبية المقارنة سلوك

عينة البناء الغير مقوى مع عينة اخرى معززة بانواع مختلفة من التعزيز تم بناء سلسلة من العينات مع الطوب من

ابعاد البناء (220×110×55).تم طلاء عينة باستخدام ملاط مقوى بانواع مختلفة من :

(;الياف الخشب , الياف معدنية وخليط من الالياف المعدنية و الخشبية) تحت تحميل محوري حتى الكسر .لاجراء هذا التحقيق تمت دراسة انواع من :

التعزيزات ومقارنته مع مع العينة الغير معززة من اجل تقييم اداء تقنية التعزيز مع الملاط المقوى ولاكتساب في القوى

والصلابة والليونة

sommaire

Résumé

Sommaire

Liste Des Tableaux

Liste Des Figures

I. Introduction générale 1

CHAPITRE01: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I .1.Introduction 3

Maçonnerie… 3

Définition 3

I.2.2. Domaine d'application 3

I.2 .3 types de maçonnerie.....4

I.2.3.1 Maçonnerie non armée ……. 4

Maçonnerie de pierre naturelle ……. 4

Maçonnerie en brique d'terre cuite..... 5

A. Brique pleine 6

B. Brique perforée…… 6

C. Brique creuse …… 6

D. I.2.3.4.Maçonnerie en briques silico – calcaire.....7

E. I.2.3.5 Maçonnerie en agglomérés de béton.....7

F. I.2.3.6 Maçonnerie armée.....8

I.3 Les Mortiers…… 9

I.3.1 Définition du mortier …… 9

I.3.2 Types de mortier …… 9

I.3.2.1 Mortier de ciment …… 9

I.3.2.2 Mortier de chaux…… 9

I.3.2.3 Mortiers bâtards …… 9
I.3.2.4 Mortierdefibre 9
Propriété spécifique des mortiers 9
Domaines d'utilisation des mortiers 10
Les mortiers de ragréage 10
Scellements et calages 10
Mortiers et coulis de réparation 10
I.3.5.4 Les mortiers isolants…… 10
Joint D'un Mortier 11
Les types de joints 11
B) Le joint concave ou rond …… 11
C) Le joint en V ou creux en anglet …… 11
D) Le joint creux chanfreiné …….. 12
E) Le joint à baguette …… 12
F) Le joint rustique ou «baveux **» ……**…… 12
Comportement Mecanique Des Structures En Maçonnerie……. 12
Mode de rupture de la maçonnerie 12
Comportement de la maçonnerie en compression axiale 13
Compression de maçonnerie dans la direction normale aux joints de mortiers 13
Compression de maçonnerie dans la direction parallèle aux joints de mortiers 15
Comportement en traction uni axiale de la maçonnerie 15
Traction de la maçonnerie dans la direction normale aux joints de mortiers 15

Traction de la maçonnerie dans la direction parallèle aux joints de mortiers 15

Comportement de la maçonnerie au cisaillement 16

Introduction 16

Contrainte de cisaillement 17

Modes de rupture dus au cisaillement dans le plan du mur 17

comportement des murs en maçonnerie sous des charges de cisaillement en diagonale. 22

resistance au cisaillement en fonction de la charge vertical(compression)…… 25

.I.10 Comportement A La Traction De La Maçonnerie 26

I.11. Comportement En Flexion De La Maçonnerie 26

a) Travaux effectués sur le cisaillement 28

reparation et renforcement des constructions en maçonnerie 34

I.15 *Les copeaux de bois*……..*37*

Conclusion……38

CHAPITRE 02 PRÉSENTATION DES MATÉRIAUX ET DESTECHNIQUES EXPÉRIMENTALES UTILISÉES AU LABORATOIRE

II.1 NTRODUCTION 40

MATERIAUX UTILISE 40

Caractéristiques des matériaux 40

II.3. 1Le ciment 40

II.3.2 Chaux 40

II.3. 3 Eau de gâchage 41

II.3.4 brique 41

II.3. 5 sable 44

II.3. 5 .1 Caractéristiques de sable 44

II.3. 5.1.1 Analyse granulométrique Norme NF P18 560..... 44

II.3. 5.1.2 Modules de finesse Norme NF P18 304.....46

II.3. 5.1.3 Equivalent de sable Norme NF P 18 -598 47

5.1.4 Masses volumiques 49

II.3. 5.1.4 Analyse granulométrique de bois

b) Analyse granulométrique pour la sciure de bois …….51

c) Détermination de la masse volumique apparente et absolue de la sciure de bois e……...53

1 Mortiers 57

A. Préparation des éprouvettes…… 58

A Essai sur mortier 60

A L'état Frais.....60

d) Etape suivie pour calculer l'étalement d'un mortie…….61

A L'état Durci …….……..…….63

a) Resistance a la flexion.....56

b)Résistance à la compression……..64

Résultats expérimentale de la résistance à la traction en flexion et de compression des prismes utilisé dans la construction des murs…….68

Vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques 69

II.4.2.2.4 Conductivité thermique 71

Conclusion.....73

PROGRAMME DES ESSAIS SUR LES MURETS

II.1. Introduction…… ..74

A-*Préparation de murs* ..... . …..74

A-1 Cure et stockage des murs.....75

A-2 Façonnage 76

LISTE DE FIGURE

CHAPITRE I

Figure I.1. : Maçonnerie non armé.

Figure I.2.A : Pierre naturelle.

Figure I.2.B.:mur intérieur en Pierre naturelle.

Figure I.3 : Brique en terre cuite pleine.

Figure I.4: Mur en briques perforées.

Figure I.5. Brique creuse.

Figure I.6. Maçonnerie en briques silico – calcaire.

Figure I.7. Fabrication des parpaings (Sogerhwit 2016) (photos prises par les auteurs).

Figure I.8. Maçonnerie armée.

Figure I.9. Les mortiers et coulis de réparation.

figure1.10: Les deux façons de faire les joints d'un mortier.

Figure I.11: Comportement des murs remplis de maçonnerie (GHANEM, 2013).

Figure I.12 .comportement uni axial de la maçonnerie sous chargement normale aux.

Figure I.13. Diagramme typique expérimentale contraintes déplacements pour un prisme.

De dimensions 500 × 250 × 600 [mm3] avec : fmo la résistance du mortier à la compression Joints de mortier.

.**Figure I.14** .L'installation de l'essai de résistance à la traction pour la maçonnerie avec Un chargement parallèle aux joints de mortier.

Figure I.15*:* diagramme typique contraintes-déplacements pour l'essai de résistance à la Traction dans une maçonnerie avec un chargement parallèle aux joints de mortier.

Figure I.16 Modes de ruptures pour un mur de maçonnerie sous l'effet d'un effort de cisaillement [MANN et MULLER 1985 cité par FOUCHAL 2006].

Figure I.17 ; couplet (a) et murs(b) utilisés pour caractériser le comportement au cisaillement du joint.

Figure I.18 : Diffèrents essais de caractérisation du comportement au cisaillement du joint de mortier .

Figure I.19 ; configuration de l'essai de cisaillement direct sur des couplets et les courbes de comportement au cisaillement du joint de mortier selon différents niveaux de compression .

Figure I.20 Essais de cisaillement.

Figure I.21 Essais de traction diagonale.

figure.22 Schéma de fissuration (LAFUENTE, 1990).

Figure I.23 Résistance au cisaillement en fonction de la charge verticale (LAFUENTE, 1990)

Figure I.25 Essai de traction.

Figure I.26 Flexion due aux efforts appliqués au plan perpendiculaire au joint de pose.

Figure I.27 Flexion due aux efforts appliqués au plan parallèle au joint de pose.

Figure.28 Test de résistance du cisaillement initialeselonl'ASTMEN1502-3 (MIHA, 2008).

Figure I.29 Résultats obtenus sur les blocs (MIHA, 2008).

Figure I.30: Dispositif de l'essai (Gabor, 2006) . a)Panneau carré homogène soumis à la contrainte de cisaillement pur. b) L'état de stress généré dans un panneau carré soumis à la compression diagonale.

Figure I.31: Résultat des essais.

Figure. I.32: Configuration du test sur les murs (ASTM E 519-02, 2012).

Figure. I.33: Résultat de l'essai de cisaillement (ASTME519-02, 2002).

Figure I.34: Dispositif de l'essai (Vasconcelos, et al., 2012).

Figure I.35: Résultat obtenu des écrasements des murs (Vasconcelos, et al., 2012)

Figure I.36: Renforcement avec bandes de CFRP Essai de comportement de cisaillement cyclique du mur renforcé

Figure I.37: Formes de quelques barres, et renforcement NSM de lamelles de FRP utilisées dans le

Figure I.38 Polypropylène

Figure I.39 : : Les copeaux de bois

CHAPITRE II

Figure II.1: Ciment de Gica.

Figure II.2: brique perforée.

Figure II.3: Les briques en compression selon les trois directions.

Figure II.4: Les briques en flexion selon les deux directions.

Figure II.5: sable utilisée.

Figure II.6 : L'essai d'analyse granulométrique.

Figure II.7. Courbe granulométrique de sable Fin.

Figure II.8: Essai d'équivalent de sable (sable fin).

Figure II.9: Essai de masse volumique de sable fin.

Figure II.10 : essais Masse volumique apparente.

Figure II.11 : Tamiseuse pour fibre de bois

Figure II.12 : Tamisage du sciure de bois.

Figure II.13: Courbe granulométrique de scuire de bois

Figure II.14 : élaboration de la mase volumique apparente

Figure II.15 : Elaboration de la masse volumique absolue de la sciure de bois

Figure II.16: Appareil de malaxage

Figure II.17. Préparation des éprouvettes

Figure II.18 : La conservation des éprouvettes prismatiques de dimensions 40x40x160 mm

Figure II.19 Table à choc

Figure II.20 Etape suivie pour calculer l'étalement d'un mortie

Figure II.21:. Maniabilité de mortier

Figure II.22 : L'essai de résistance à la flexion

Figure II.23 Dispositif pour l'essai de résistance à la compression. (Michael, 1989).

Figure II.24 L'essai de résistance à la compression

Figure II.25 Compression de mortier témoin : ([1] courbe de contrainte) [2] :mode de rupture

Figure II.26. Compression de mortier fibré (acier) : ([1] :courbe de contraint)
([2] :mode de rupture)
Figure II.27: Compression de mortier fibré (polypropylène) : [1] courbe de
Contrainte-déformation: [2] mode de rupture
Figure II.28. Compression de mortier fibré (de bois) : (1) courbe de
Contrainte-déformation: (2) mode de rupture
Figure II.29: Essai Vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques
Figure II.30: Vitesse e propagation de son dans le mortier
Figure II.31 : essais de conductivité thermique
Figure II.32 : Conductivité thermique de mortier

Figure II .1 Préparation de mure
Figure II .2 Cure et stockage des murs
Figure II .3 murs en brique perforé

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau.I.1. Spécification par proportion selon la norme .

Tableau.I.2. Les valeurs caractéristiques f_{vkO} suivant l'euro code 6 etles valeurs trouvés expérimentalement par MIHA TOMAZEVIC (MIHA, 2008).

Tableau. I.3: Résultats expérimental et numérique de cisaillement (Vasconcelos, et al., 2012).

CHAPITRE II

Tableau. II.1: La fiche technique des propriétés physiques et chimiques de la chaux de Saida.

Tableau (II.2) : montre que la masse volumique des briques et de l'ordre de 1371 Kg/m3. **Tableau (II.3):** La résistance à la compression en fonction de la disposition des briques**. Tableau (II.4) :** Résultats d'analyse granulométrique du sable.

Tableau (II.5): les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.

Tableau (II.6) : Résultats d'essai de l'équivalent de sable.

Tableau (II.7) : Résultats de calcul de la masse volumique. Tableau II.8: les refus obtenus par tamisage de la sciure de bois dans chaque tamis.

Tableau (II.9) : La masse volumique apparente de la sciure de bois

Tableau II.10 : la masse volumique absolue de sciure de bois

Tableau II.11 : dosage de mortier bâtard.

Tableau II.12: Ouvrabilité du mortier

Tableau II.13 : Les résultats de la Ouvrabilité acceptables

Tableau II.14: formilation pour préparation les mortére

Tableau II.15. Caractéristique mécanique mortier témoin

Tableau II.16. Caractéristique mécanique mortier fibré (Acier).

Tableau II.17 caractéristique mécanique mortier fibré (polypropylène

Tableau II.18 caractéristique mécanique mortier fibré (de bois)

Tableau II.19. Résultats expérimentaux de la résistance à la traction en flexion et de compression des prismes utilisés dans la construction des triplets

Tableau II.20 : Les résultats obtenus sont inscrits dans de l'ultrasonique

Tableau II.21 : Les résultats obtenus dans la conductivité

Tableau II.1 résultat des murée témoin

Tableau III.2 Tableau récapitulatif des résultats expérimentaux.

NOTATIONS

CaO : La chaux

CaO : La chaux

SiO_2 : La silice

Al_2O_3 : L'alumine

Fe_2O_3 : L'oxyde de fer

$3CaO\ SiO_2$ (C_3S) : Le silicate tricalcique impur (Alite)

$2CaO\ SiO_2$ (C_2S) : Le silicate bi-calcique impur (Bélite)

$3CaO\ Al_2O_3$, (C_3A) : L'aluminate tricalcique (Célite)

NA : Norme Algérienne

NE : Norme Européenne

f_c : Résistance souhaitée du béton a 28 jours L: Dosage du liant

ES : Equivalent de sable à piston

ESV : Equivalent de sable à vue

Mf : Module de finesse

S : Le sable

R_t :La résistance a la traction

R_C:La résistance a compression

E : Dosage en eau

E/L : Rapport eau /liant

C : Coefficient d'adhérence

(μ) : Coefficient de frottement apparent

σ_c : Contrainte verticale de pre-compression

τ_0 : Résistance au cisaillement pur

τ: Contrainte moyenne de cisaillement

(Ψ) : Angle de dilatation

(1 :5) : un dosage de ciment et cinq de sable

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'utilisation de la maçonnerie dans la construction des bâtiments est une pratique généralisée dans de nombreux pays.

Les expériences désastreuses des séismes tel que, celui qui s'est produit à EL-ASNAM (1980) en ALGERIE, à COLINGA (1982) en CALIFORNIE, à POPAYAM (1983) en COLOMBIE ,au MEXIQUE(1986) et tout récemment au CAIRE(1997) en EGYPTE ,en GRECE, en TURQUIE(1999) et à AIN-TEMOUCHENT(1999) en ALGERIE ,témoignent de

la nécessité de réglementer la construction en maçonnerie, qui est réalisée généralement sans contrôle.

La maçonnerie présente un comportement très complexe ceci est du essentiellement à l'hétérogénéité des matériaux et des techniques presque artisanale s'associées à sa production, qui en font un matériau très variable, difficile à normaliser.

A l'état actuel la résistance de la maçonnerie au cisaillement est estimée sur la base de relations théoriques déduites des relations expérimentales obtenues à partir des essais sur des mur.

L'utilisation de matériaux composites pour le renforcement des structures occupe Un espace de plus en plus grand dans le monde entier. Les avantages des matériaux composites résident dans leur résistance, leur faible poids ajouté à la structure, des matériaux Faciles à appliquer, et non corrosifs. Tous ces avantages rendent l'utilisation de ces matériaux de plus en plus conseillée de nos jours.

Le but de cette étude est d'améliore le comportement des murs de maçonnerie en briques perforée par un renforcement avec une couche de mortier renforcé par des fibres. Notre travail a été organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre, Consacrée à une synthèse bibliographique sur les types de maçonnerie et le comportement de la maçonnerie a la compression, a la traction, à la flexion et au cisaillement.

Dans cette partie ont été abordés l'ensemble des composants intervenant dans cette étude à savoir, les éléments de remplissages en briques creuses de terre cuite, les caractéristiques de la matière première ainsi que les techniques expérimentales de mesure et les procédés de construction des murets testés et de formulation des composites sélectionnés.

- Le deuxième chapitre, présente les matériaux et les techniques expérimentales que nous avons utilisés au laboratoire pour l'élaboration de notre programme expérimental.

- Dans Le troisième chapitre, on a rassemblé les résultats expérimentaux, leur analyse et les conclusions concernant l'évaluation de la résistance au cisaillement et les relation contrainte- déformation des murets construits avec des éléments de maçonnerie en brique perforée renforcé par un mortier fibré par trois types de fibre (2 % de fibres en d'acier, 2% de sciure de bois et 2% mélange des deux fibre).

CHAPITRE :01

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I .1.Introduction

Les éléments de maçonnerie en Briques de production locale permettent de réaliser pour la construction de bâtiments civils et industriels une importante solution socioéconomique, environnementale et architecturale.

La maçonnerie utilise différents types de composants dans leur fabrication, leur préparation, où leur agencement nécessite une certaine maitrise voir même une science bien étudiée.

Dans ce chapitre, nous allons définir les différents types de matériaux utilisés couramment et leur mode de préparation ou fabrication.

I .2.Maçonnerie

I .2.1.Définition :

- Discontinuité dans les matériaux.

- La cohésion entre les joints est négligée et la résistance à la traction est considérée comme nulle.

La maçonnerie est considérée comme la technique de construction la plus ancienne et la plus répandue (DESTRAC et coll., 2003).

I.2.2. Domaine d'application :

Les fonctions assurées par les murs (ici en maçonnerie, mais cela reste valable pour tous les types de murs) concernent principalement **(1)** :

• La stabilité mécanique sous sollicitations normales.
• L'étanchéité à la pluie pour les parois extérieures (les murs de façade).
• La satisfaction aux exigences thermiques et acoustiques.
• La tenue au feu de la paroi.
• Assemblage facile, dimensions et poids permettant un travail aisé.

Les ouvrages courants de maçonnerie traditionnelle peuvent être classes suivant leur rôle dans l'ouvrage :

• Maçonneries porteuses.
• Maçonneries de remplissage.
• Maçonneries de façade non porteuse ou en doublage
• Maçonneries de cloison.

I.2 .3 types de maçonnerie :

Maçonnerie non armée

La maçonnerie non armée (**figure I.1**) est généralement utilisée dans les constructions à l'horizontal où le ferraillage n'est pas nécessaire. C'est une maçonnerie où les sollicitations sont modérées.

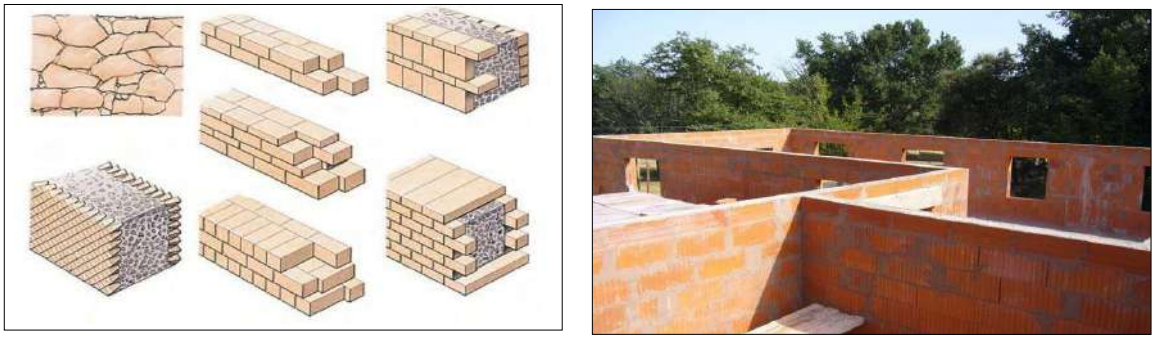


Figure I.1. Maçonnerie non armé. 1

Maçonnerie de pierre naturelle

La pierre naturelle est un des matériaux les moins consommateurs d'énergie, elle ne subit presque aucune modification entre sa sortie en carrière et sa mise en œuvre sur le chantier.

Aussi que la ressource en pierre naturelle est encore très importante et que son cout est équivalent aux autres matériaux de construction, à condition de préférer les ressources locales. Sur le plan esthétique, la pierre se défend également : en fonction de la nature de la roche, il est possible de jouer sur le cote "brut" de la pierre en conservant la trace des coupes de scie ou

de travailler des faux joints à la scie pour simuler des dimensions de blocs différentes de ceux réellement poses (**voir figure I.2**).



Figure I.2.A Pierre naturelle [1]. **1**



Figure I.2.B.:mur intérieur en Pierre naturelle 1

Moellons

Les pierres non gélives dites moellons, Le moellon brut se présente sous des formes variées. Celles-ci dépendent de la nature de la pierre exploitée, blocs arrondis ou anguleux aux formes diverses pour les pierres dures, grès, granits, calcaires, etc.

Jointoiement

La largeur des joints, variables dans la maçonnerie, ne doit pas excéder 4 cm et les espaces plus larges doivent être remplis par des éclats de pierre. Lorsque les joints restent apparents, ils doivent être imperméables. Les murs ainsi construits peuvent être soit laisses bruts, c'est-à-dire que l'appareil reste visible en parement, soit recouverts d'un crépissage.

Maçonnerie en brique d'terre cuite

La brique à maçonner en terre cuite possède de remarquables propriétés de durabilité, de résistance, de stabilité, de régulation de l'humidité et d'inertie thermique.

Grace à ces performances thermiques et phoniques, la brique à maçonner en terre cuite est adoptée par de nombreux systèmes de construction, tels que le traditionnel ≪double mur≫ ou

utilisée en combinaison avec des matériaux isolants intérieurs ou périphériques modernes.

Généralement Il existe quatre types de briques :

A. Brique pleine

La brique pleine possède des faces planes, sans relief. Elle permet de construire des murs porteurs ou des cloisons, et peut être utilisée comme matériau de parement ou être laissée apparente.

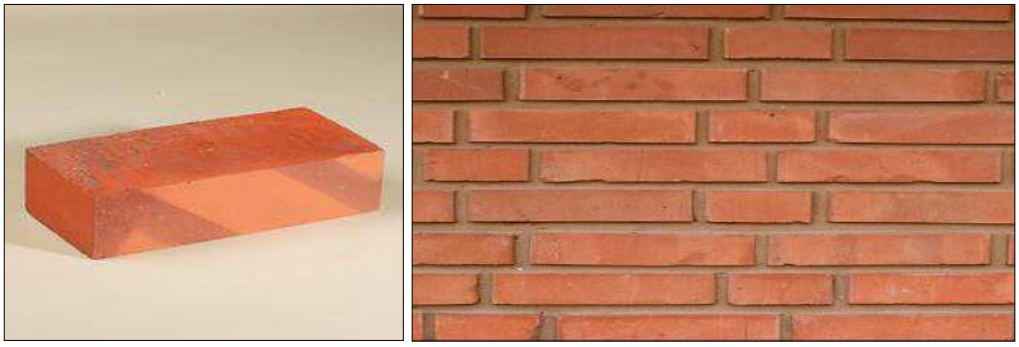


Figure I.3. : Brique en terre cuite pleine

.

B.Brique perforée

Brique qui porte des trous perpendiculaires aux plans de pose, on l'utilise pour les éléments porteurs et isolants (**figure 1.4**)



Figure.I.4: Mur en briques perforées (www.wienerberger.fr)

C.Brique creuse

Brique avec des trous parallèles au lit de pose (figure 1.5). La surface des vides est plus importante que la surface de la matière ; utilisée pour les cloisons et les doublages, en raison de sa légèreté et de son isolation thermique.

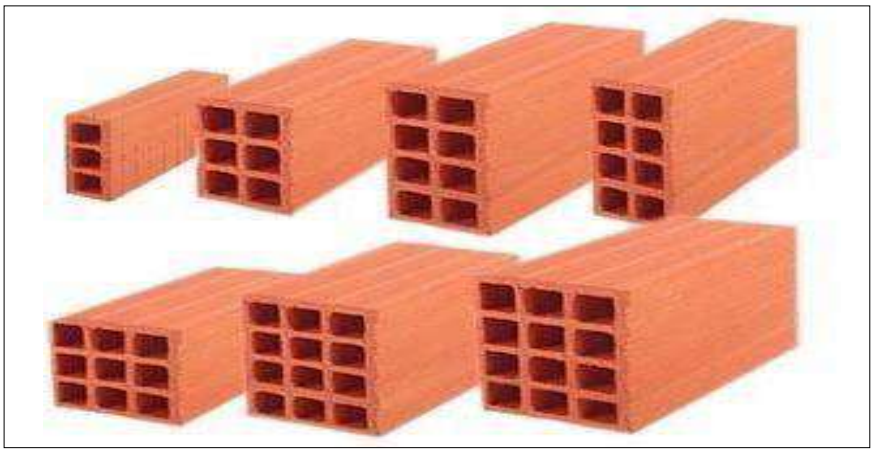


Figure I.5. Brique creuse

I.2.3.4.Maçonnerie en briques silico – calcaire

La brique silico-calcaire est obtenue par un mélange de sable, de chaux et d'eau à un dosage précis (**figure 1.6**). Le durcissement se fait à la vapeur à une température supérieure à 170°C dans un milieu fermé (autoclave).



Figure I.6. Maçonnerie en briques silico – calcaire.

Maçonnerie en agglomérés de béton

Le bloc de béton, désigné couramment sous le nom de parpaing est un matériau qui traverse toute l'épaisseur du mur à construire, il est de forme parallélépipédique et creux (**figure.7.b**) ou plein (**figure I.7.a**) fabriqué en ciment à l'aide d'une machine appelée pondeuse.



Figure I.7. Fabrication des parpaings (Sogerhwit 2016) (photos prises par les auteurs).

Maçonnerie armée

La maçonnerie armée est un type de construction où les armatures sont incorporées dans les joints de mortier ou placées dans des trous remplis de coulis de mortier **(2)**Leurs armatures peuvent être:

– Horizontales uniquement (**figure.8.a-b).**

– Horizontales et verticales **(figure.8.c-d-e).**

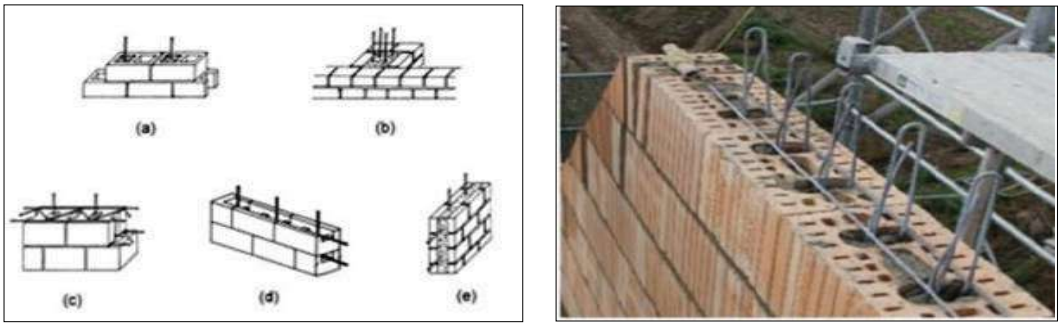


Figure I.8. Maçonnerie armée.

I.3. Les Mortiers :

I.3.1. Définition du mortier

Le mortier est un mélange homogène de sable et de liant (ciment et chaux) que l'on combine avec une certaine quantité d'eau et auquel des adjuvants peuvent être également ajoutés. Ce mortier servira ensuite à l'assemblage des éléments de la maçonnerie.

I.3.2. Types de mortier :

Mortier de ciment

Ce mortier est composé essentiellement de ciment, sable et d'eau, sa résistance est proportionnelle à la qualité du ciment incorporé**.**

Mortier de chaux

Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment. La durée du durcissement des mortiers de chaux est plus lente que pour les mortiers de ciments **.**

Mortiers bâtards

Est un mélange de ciment, de chaux et sable. Le ciment et la chaux sont généralement utilisés avec des proportions égales ; ce type de mortier durcit plus lentement que le mortier de ciment.

Mortier de fibre

L'incorporation de fibres d'acier ou de polypropylène ou fibres de bois permet d'obtenir des mortiers ésentant une cohésion supérieure et moins fissura blés. Ce sont soit des mortiers pré mélangés, livrés en sac, soit des mortiers prêts à l'emploi, livrés par certaines centrales.

I.3.3. Propriété spécifique des mortiers :

Les mortiers doivent avoir les propriétés spécifiques pour améliorer certaine caractéristique qui sont évalués dans un laboratoire.

La norme **(3)** fournit des indications sur le type de mortier en fonction du dosage de la chaux par rapport au ciment (**Tableau I.2**).

Tableau I.1. Spécification par proportion selon la norme **[3]**.

Type de mortier	Proportions par volume (matériaux cimentaires)		Ratio d'agrégat – Mesuré à l'état humide et lâche
	Ciment	Chaux	
M	1	¼	Pas moins de 2¼ et pas plus de 3 fois la somme des volumes séparés des matériaux cimentaires
S	1	Plus de ¼ à ½	
N	1	Plus de ½ à 1¼	
O	1	Plus de 1¼ à 2½	

I.4.Domaines d'utilisation des mortiers :

Les mortiers de ragréage :
ils bouchent les trous et bulles, cachent les défauts de Surface pour obtenir une surface plane.

Scellements et calages :
ils s'utilisent pour sceller des éléments métalliques.

Mortiers et coulis de réparation :
Comme son nom l'indique, ce type de mortier est utilisé pour le reprofilage du béton, la reconstitution de la protection des armatures, et le rétablissement de l'étanchéité la (figure I.9) illustre en gros une partie du cas pratique.



Figure I.9. Les mortiers et coulis de réparation.

Les mortiers isolants :
ils permettent d'isoler thermiquement des façades par l'extérieur.

I.5.Joint D'un Mortier :

Le joint joue un rôle de protection important et doit avoir un comportement irréprochable dans le temps, quelles que soit les conditions d'exposition. Sa dureté est à évaluer en fonction des sollicitations de l'ouvrage et doit s'harmoniser avec celle du mortier de pose et de la Brique. Il y a deux façons de faire les joints **(4)**

- Soit "en montant" (**figure 1.10.a**), c'est-à-dire au fur et à mesure que le mur est monté, en utilisant le mortier de pose.
- Ou "postérieurement" (**figure 1.10.b**), c'est-à-dire après que le mur soit fini où le

Rejointoyage "à posteriori" permet au mortier de pose d'effectuer son séchage et son Retrait, et limite ainsi les risques de fissuration des joints ; l'observation montre que les Murs rejointoyés ainsi ont moins de problèmes d'infiltrations d'eau.



figure1.10: Les deux façons de faire les joints d'un mortier.

I.6.Les types de joints :

Le joint plein affleuré :
L'excédent de mortier en surface est arasé à la truelle, donnant un Profil plat.

Le joint concave ou rond :
C'est le profil qui résiste le mieux à la pénétration de l'eau. Il est réalisé avec un fer rond spécial pour presser le mortier.

Le joint en V ou creux en anglet :

Ce type de joint est aussi très efficace contre la pénétration de l'eau et il est réalisé à l'aide d'un fer spécial.

Le joint creux chanfreiné :

Il est exécuté avec une truelle pour presser le mortier.

Le joint à baguette :

La façon traditionnelle de réaliser ce joint est de poser une baguette devant le mortier tout en montant le muret de la retirer ensuite. Aujourd'hui. On imite ce joint En grattant le mortier non durci sur une certaine profondeur.

Le joint rustique ou «baveux » :

Ce profil retient l'eau, qui peut alors pénétrer dans le mur.

Il est fortement déconseillé de l'utiliser

I.7.Comportement mécanique des structures en maçonnerie :

1.Mode de rupture de la maçonnerie

Les murs de maçonnerie sont exposés aux chargements verticaux et latéraux dans leur plan.

Tandis que la maçonnerie a une structure non-isotrope, son comportement sous chargement bi-axial et le mode de rupture sont influencés par la direction de charges et les valeurs de chargements appliqués.

Le comportement des portiques remplis de maçonnerie est défini par les différentes modes de rupture cite ci-dessous.

Rupture par glissement

A cause de la formation de fissures horizontales en traction des joints causées par l'alternance de l'action sismique. Des plans de glissements se forment le long des fissures. Ce mode de rupture peut se produire pour les niveaux de charge verticale faible ou pour de faibles coefficients de friction. La rupture se produit par cisaillement du mortier.

Rupture par basculement

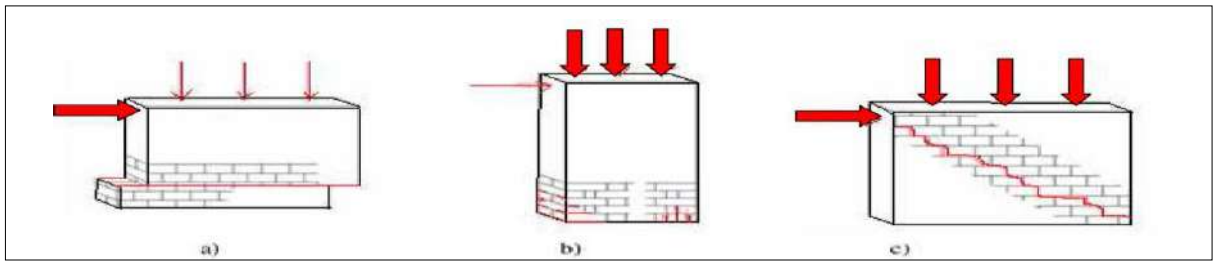
Le basculement se produit lorsque la charge ou le déplacement horizontal augmentent, le joint se rompe en traction, et l'effort tranchant est conduit par la maçonnerie en compression, la rupture finale est obtenue par basculement du mur et rupture en compression du coin.

Rupture par cisaillement

La résistance ultime est gouvernée par la formation et le développement des fissures diagonales. Les fissures peuvent suivre le joint ou se former a travers les blocs. Le chemin dépend de la résistance relative du joint par rapport a celle du mortier, de l'interface joint bloc.

Rupture par compression du coin

Il s'agit d'une forme de rupture très proche de celle du basculement. Ce mode de rupture est base sur la résistance en compression du coin comprime.



(a) : rupture par glissement, **(b)** rupture par basculement, **(c) :** rupture par cisaillement.

Figure I.11: Comportement des murs remplis de maçonnerie (GHANEM, 2013)

I.8.Comportement de la maçonnerie en compression axiale

Compression de maçonnerie dans la direction normale aux joints de mortiers

La résistance en compression uni axiale Est celui sur prismes (**figure I.12.a**), mais l'utilisation de ce type des spécimens Recommandée par la norme américaine **ASTM E 447** présente des résultats légèrement Différents à ceux proposées par les recommandations de l'essai RILEM qui préconise de Mesurer la résistance à la compression dans la direction normale aux joints de mortier Présentant des joints de mortier horizontaux et des joints verticaux.

Le montage de cet essai est plus proche de la réalité, mais demande des mises en œuvre, Installations et exécution de l'essai assez compliquée et nécessite des appareils adéquats. Il est accepté communément que la résistance en compression uni axiale réelle de la Maçonnerie dans la direction normale aux joints de mortier peut être obtenue à partir de l'essai RILEM .

Une compression uni axiale dans la maçonnerie conduit à un état de compression triaxial dans le mortier et une compression bi axiale avec traction dans les briques. Les fissures

Verticales apparaissent dans les unités le long de la ligne centrale du spécimen et le long du Joint vertical. La résistance croissante conduit à un comportement plus fragile.

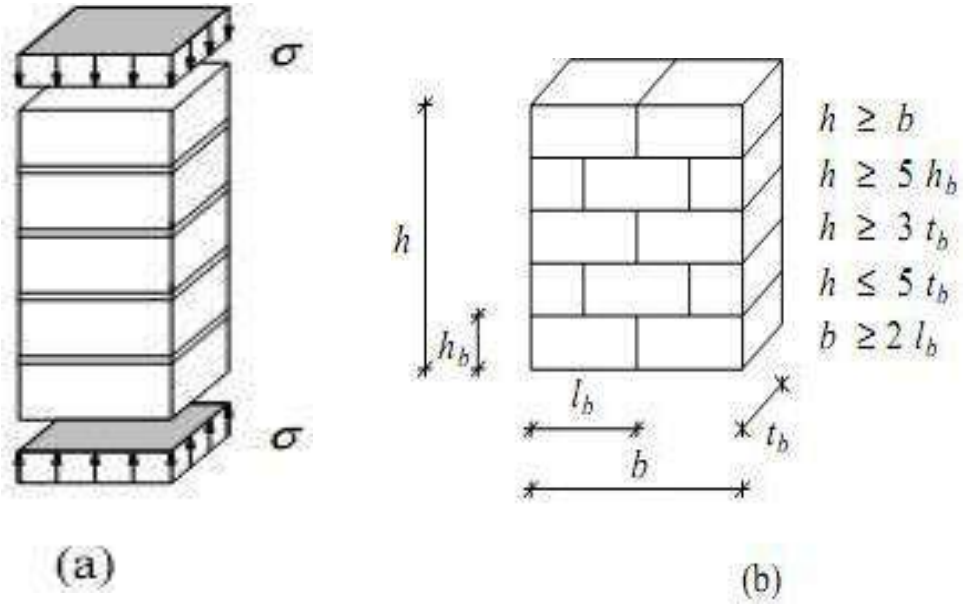


Figure I.12 .comportement uni axial de la maçonnerie sous chargement normale aux Joints de mortier.

(a) schéma représentatif pour un essai sur prisme

(b) schéma représentatif pour l'essai RILEM

Dans la majorité des cas, la résistance à la compression des unités de briques a une grande Influence sur la résistance à la compression de la maçonnerie que la résistance Du mortier.

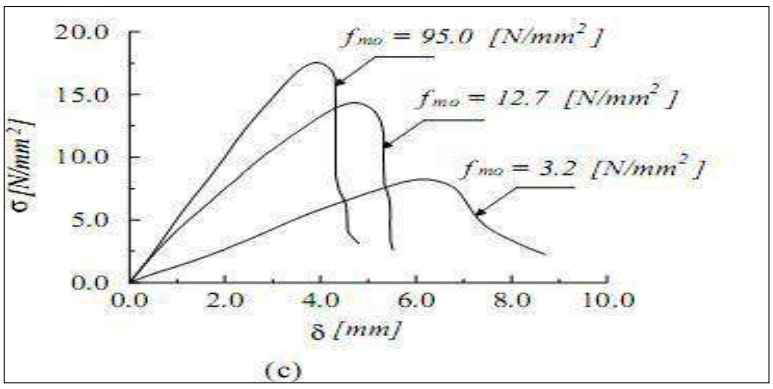


Figure I.13. Diagramme typique expérimentale contraintes déplacements pour un prisme. De dimensions 500 × 250 × 600 [mm3] avec : fmo la résistance du mortier à la compression.

Compression de maçonnerie dans la direction parallèle aux joints de mortiers

Les essais de compression uni axiale dans la direction parallèle aux joints de mortier ont reçu sensiblement moins d'attention des chercheurs. Cependant, la maçonnerie représente Un matériau anisotrope et la résistance à la compression appliquée suivant les joints Horizontaux peut avoir une influence sur la force ultime de rupture.

D'après Fouchal (2006,2007) et Lourenco (1996), le rapport entre les résistances à la compression parallèle et normale au joint de mortier horizontal est compris entre 0.2 et 0.8.

Ces résultats ont été observés sur des éprouvettes de maçonneries qui sont constituées par des briques pleines et perforées à base d'argile, de calcium silicate et aussi du béton léger.

I.9.Comportement en traction uni axiale de la maçonnerie :

Traction de la maçonnerie dans la direction normale aux joints de mortiers :

Pour le chargement de traction perpendiculaire aux joints de mortier, la fissuration est Généralement causée par une faible résistance à la traction entre le joint de mortier et la brique.

Dans la maçonnerie avec des briques ayant une faible résistance et plus grande résistance de traction entre le joint de mortier et la brique (exemple : briques creuses), les fissures Peuvent se produire à cause d'un dépassement de la résistance à la traction dans les briques.

Comme approximation, la résistance à la traction de la maçonnerie dans ce cas peut être égalisée à la résistance à la traction de la brique.

Traction de la maçonnerie dans la direction parallèle aux joints de mortiers :

Pour le chargement de traction parallèle aux joints de mortier un programme complet d'essai a été installé par **Backes (5).**

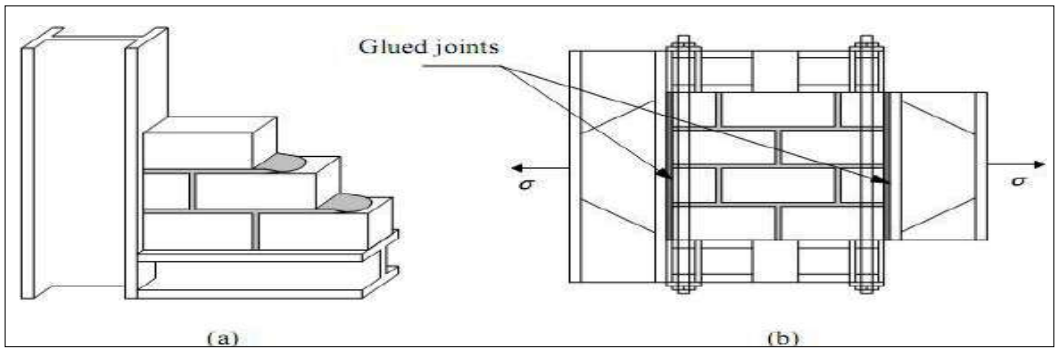


Figure I.14 .L'installation de l'essai de résistance à la traction pour la maçonnerie avec Un chargement parallèle aux joints de mortier.

Deux différents types de fissurations sont possibles, elles dépendent de la résistance Relative des joints de mortier et des briques (figure I. 15).

Le premier type de fissuration prend une forme d'escaliers suivant les joints verticaux et Horizontaux. Le deuxième type de fissuration se produit presque verticalement par rapport aux briques et aux joints de mortier horizontaux.

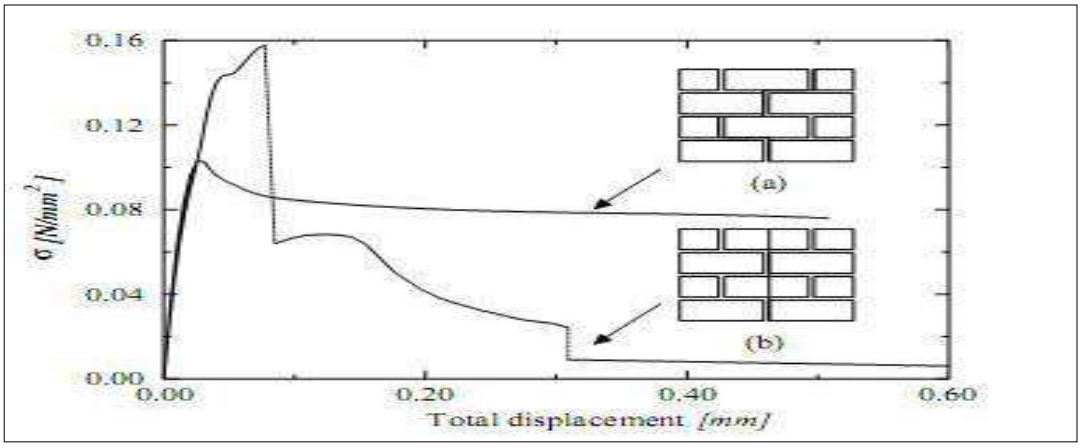


Figure I.15*:* diagramme typique contraintes-déplacements pour l'essai de résistance à la Traction dans une maçonnerie avec un chargement parallèle aux joints de mortier.

I.10.Comportement de la maçonnerie au cisaillement :

Introduction

L'évaluation de la résistance au cisaillement est requise pour les murs en maçonnerie soumis aux actions horizontales, tel que le séisme et le vent. Les actions horizontales sont généralement combinées avec les actions gravitaires du poids propre ou des surcharges normales aux joints de mortier. Les murs en maçonnerie dans les structures soumises aux

actions horizontales présentent généralement deux modes de rupture : - rupture par cisaillement : lorsque les fissures apparaissent le long du joint de mortier horizontal. - rupture par tension diagonale : qui est généralement caractérisée par une fissuration par tension diagonale.

Contrainte de cisaillement :

Le comportement au cisaillement de la maçonnerie sous chargement horizontal avec une pré-compression peut être représenté par la loi de frottement de Coulomb qui établie une relation linéaire entre la contrainte de cisaillement (τ) et la contrainte normale de compression (σc) qui s'écrit sous la forme suivante : $\tau = \tau 0 + \mu\ \sigma c$

Résistance au cisaillement pur (τo) :

La résistance au cisaillement dépend principalement du type de mortier, de la surface des briques, et de l'adhésion brique-mortier. Il ne dépend pas des caractéristiques mécaniques des briques. Les déplacements mesurés au premiers de chargements sont généralement linéaires, deviennent plus accentués une fois la rupture totale est atteinte.

Coefficient de frottement (μ) :

Le coefficient de frottement dépend particulièrement des mêmes propriétés des mortiers que la résistance au cisaillement pur, mais les caractéristiques mécaniques des briques ont une certaine influence, puisque pour déterminer cette propriété intrinsèque de l'assemblage des briques en cisaillement, on fait intervenir la compression en même temps que le cisaillement. L'augmentation des contraintes de compression augmente automatiquement la résistance au cisaillement d'une façon linéaire. La pente de la courbe contrainte de cisaillement en fonction de la compression représente le coefficient de frottement.

Angle de dilatation (Ψ) :

Une autre caractéristique des joints de mortier a été définie par Lourenco P.B (2003), c'est l'angle de dilatation Ψ qui mesure le changement de volume pendant le cisaillement, le rapport entre le déplacement normale et le déplacement de cisaillement donne la tangente de l'angle de dilatation Ψ ,cet angle est généralement positif et tend vers zéro ave l'augmentation

du déplacement de cisaillement et la contrainte de confinement.

Modes de rupture dus au cisaillement dans le plan du mur :

Dans ce cas, le mur est soumis à des efforts horizontaux, en plus d'un chargement vertical dans le plan du mur. Ce chargement biaxial est simplifié par le schéma proposé par la **(figure 1.16)**, le mur est soumis à un chargement vertical uniforme le long de la partie supérieure qui vient s'ajouter une charge horizontale concentrée. Les différents modes de ruptures obtenus sont :

1. Rupture due au frottement et au cisaillement horizontal au niveau des joints horizontaux,

2. Rupture en traction dans les joints inférieurs du mur causée par le moment d'encastrement,

3. Rupture en compression de la maçonnerie à la base du mur induite par la force de traction transversale dans les unités et enfin rupture due au cisaillement. Dans ce dernier cas, la combinaison des efforts de compression et de traction conduit à une rupture diagonale du mur. Ce mode de rupture peut être décomposé en une rupture des joints horizontaux et une rupture en traction des briques. Pour un effort vertical et une force de cisaillement faibles, la rupture diagonale se produit le long des joints verticaux et horizontaux et prend une forme d'escalier. Pour le cas d'un effort vertical de forte intensité et une faible force de traction dans les briques, la rupture diagonale passe à travers les briques et le long des joints verticaux. Ce dernier mode est appelé aussi rupture fragile ou effondrement. Il est généralement causé par la dégradation de la rigidité de la maçonnerie D'autre part, la rupture des joints est considérée comme étant une rupture ductile parce que même après l'apparition de fissures en forme d'escalier, des forces horizontales peuvent encore induire du frottement.

Pour une maçonnerie chargée dans le plan du mur, Les quatre modes de rupture associés sont les suivants :

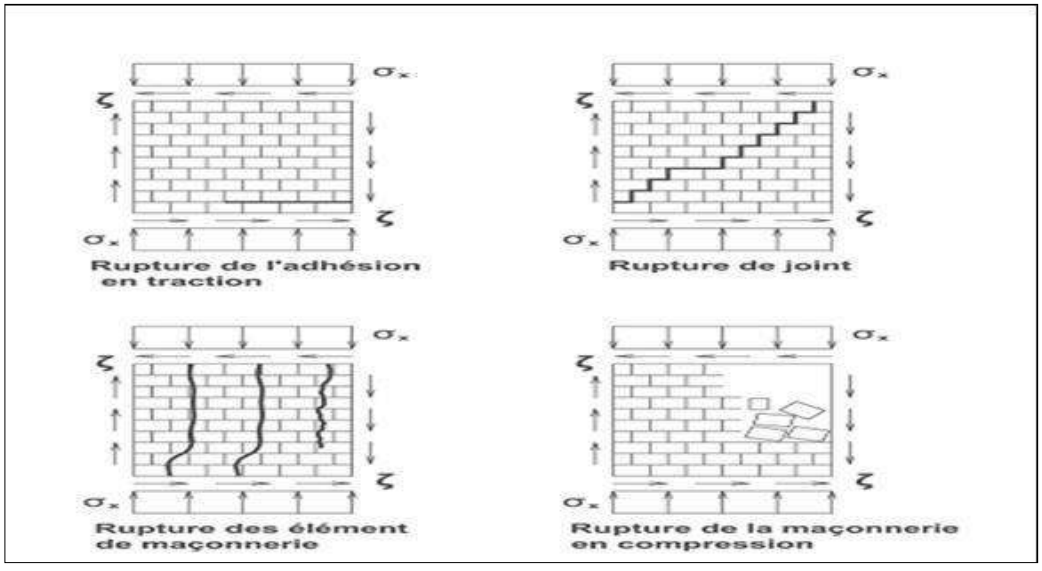


Figure I.16 Modes de ruptures pour un mur de maçonnerie sous l'effet d'un effort de cisaillement [MANN et MULLER 1985 cité par FOUCHAL 2006].

En conséquence, la résistance au cisaillement de la maçonnerie dépend surtout de :

– L'intensité du chargement vertical

– La résistance au cisaillement qui peut être assumée par les joints horizontaux

– La résistance à la traction des briques

– La résistance à la compression de la maçonnerie

A .Essais de caractérisation

L'étude bibliographique révèle que de nombreuses configurations d'essais sont proposées pour mesurer la résistance au cisaillement uni axial d'un joint de mortier. Les dispositifs diffèrent principalement sur le nombre de briques constituant les assemblages et sur leur arrangement. La plupart des études se basent sur des couplets (**Figure 1-17(a))** ou sur des triplets **(Figure 1-17 (b))** mais des assemblages à plus grand nombre de briques sont parfois envisagés.

Le comportement au cisaillement du joint de mortier peut être caractérisé par des essais sur des couplets (cisaillement direct) ou des triplets comme dans la(**Figure 1-16**).

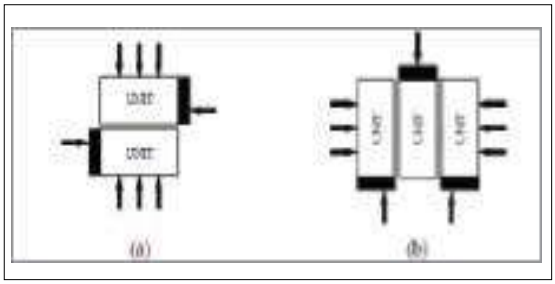


figure I.17 ; couplet (a) et triplet(b) utilisés pour caractériser le comportement au cisaillement du joint

La multiplicité des dispositifs s'explique notamment par le fait qu'en pratique, il est difficile de concevoir un dispositif d'essai, simple, permettant d'appliquer le chargement sans ngendrer d'effet de flexion parasite : l'excentricité entre la force appliquée et la ligne médiane du joint de mortier favorise l'apparition de la flexion. Par ailleurs, **(6)** a montré numériquement que pour un dispositif d'essai fixé (couplet et triplet), la distribution des contraintes le long du joint et donc la résistance au cisaillement uni axiale dépend de l'élancement des briques. Ces différents éléments participent à expliquer qu'un seul et même dispositif ne recueille pas l''unanimité des

auteurs.

Essais sur des couples de briques

Hofmann et Stock [7] ont proposé un essai sur des couplets de briques assurant certes une distribution de contraintes dans le joint particulièrement uniforme mais dont la complexité de l'appareillage limite l'utilisation. Van der Pluijm [8] (**Figure 1-17a**)
aproposé un dispositif d'essai plus simple et permettant en plus de faire varier la contrainte de pré-compression (ce n'est pas le cas dans **(7)**
Une des limites du dispositif de Van de Pluijm **(8)** est que le joint de mortier est soumis à des contraintes de traction élevées.

Essais sur des configurations à trois briques ou plus

Les assemblages constitués d'au moins 3 briques ontl'avantage de présenter une symétrie tant au niveau de la géométrie que du système de chargement. Cela induit généralement une mise en place des spécimens plus aisée et la possibilité d'utiliser des mécanismes d'application des Charges moins complexes.

Aucun dispositif n'est universel et la recommandation du choix d'un dispositif d'essais est

Restrictive. Van der Pluijm [8], Olivera [9] ; Adbou et al. [10] ; Vasconcelos [11] ; Fouchal

[12] ; Parisi et Luccioni [13] ont utilisé des essais de cisaillement direct sur des couplets. Cependant, les essais de cisaillement sur des triplets conformément à la norme NF EN1052-3 ou d'après la norme RILEM TC-76 LUMB5 (1991) ont été utilisés dans des études de Lourenço et al. [14] ; Gabor [15] ; Fouchal [16] ; Mohammed [17] ;; Zimmermann [18] ; Alecci et al. [19].

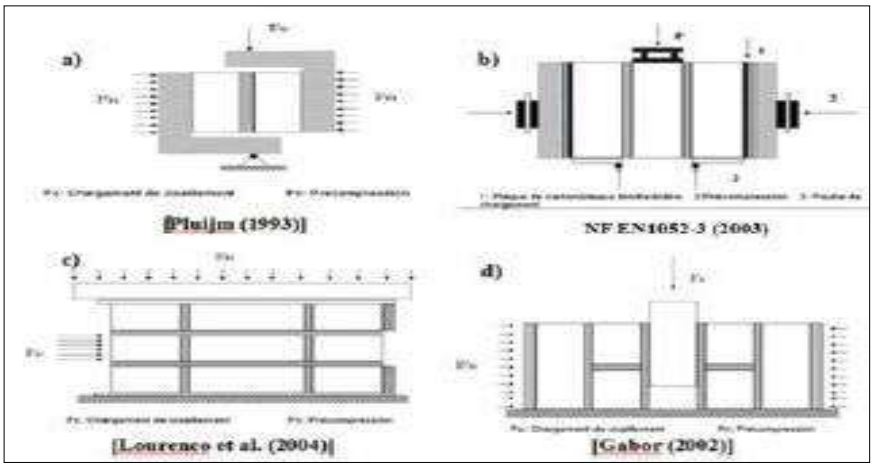


Figure I.18 : Diffèrents essais de caractérisation du comportement au cisaillement du joint de mortier ; essai Ur des couplets (a) ; essais sure des triplets sans joints de mortier horizontaux **(b)** ; sur des triplets avec joints horizontaux alignès(c)et non alignès (d)

B. Relation entre la contrainte de cisaillement et le déplacement relatif

Grâce à ces essais, on peut caractériser le comportement au cisaillement uni-axial du joint de Mortier de la maçonnerie par des courbes contrainte –déplacement relatif entre deux briques Adjacentes. Considérons par exemple l'étude deVan der Pluijm **[8].** Il a effectué une Étude détaillée de caractérisation du comportement au cisaillement de la maçonnerie (reprise par Lourenço **[20].** Il s'agit d'essais de type cisaillement direct sur des couplets de briques d'argile pleines.

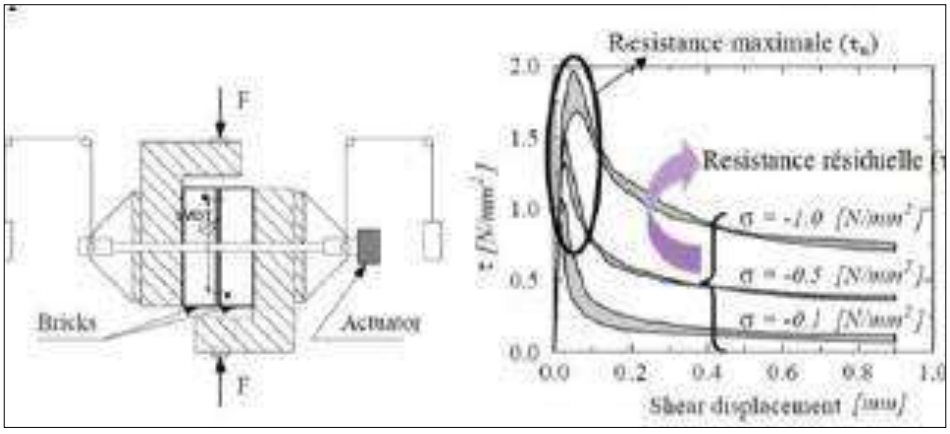


Figure I19 ; configuration de l'essai de cisaillement direct sur des couplets et les courbes de comportement au cisaillement du joint de mortier selon différents niveaux de compression.

La configuration de l'essai est montrée sur la **Figure I.19**le couplet de briques est soumis à une pression de confinement constante et normale au joint, puis une contrainte de

cisaillement est appliquée progressivement jusqu'à la rupture, en pilotant le déplacement. Différents niveaux de contraintes de compression sont appliqués : 0,1 ; 0,5 et 1MPa. Le déplacement relatif entre deux briques adjacentes est mesuré grâce à un capteur LVDT.

Les résultats expérimentaux obtenus partir de ces essais ont montré que le comportement au cisaillement du joint de mortier est caractérisé par une courbe exponentielle d'adoucissement Avec un niveau de frottement résiduel, **Figure 1-19.** Ce résultat est généralisable à d'autres types de briques et d'autres configurations d'essais: essais sur des triplets de briques de terre cuite pleines et creuses (Abdou et al. **[10]** ; Essais sur des triplets de briques de terre cuite creuses **(15])** ; essais sur des triplets de briques calcium- silicate creuses (Bronius et al. [BRO(2009)]), ou essais sur des couplets de briques de pierre (Vasconcelos**[11].** Ce comportement au cisaillement peut être caractérisé par deux phases. La première est associée à une forte rigidité jusqu'au pic correspondant à la contrainte de cisaillement maximale (Wu) qui résulte de l'adhérence brique-mortier (ou mortier/mortier). Après ce pic, en raison de la dégradation progressive de ce dernier, la phase 'adoucissements produit, caractérisée par une chute de la résistance jusqu'à la valeur résiduelle (Wr) qui traduit l'effet de frottement de l'interface brique/mortier ou mortier/mortier.

comportement des murs en maçonnerie sous des charges de cisaillement en diagonale :

D'un point de vue pratique, il s'avère nécessaire de fixer un critère pour définir la résistance d'un mur en maçonnerie sous charge latérale. De nombreuses normes proposent le calcul de cette résistance sur la base d'une contrainte de cisaillement « nominale » qui pourrait être déterminée expérimentalement [Lafuente, 1990].

Différents types d'essais ont été proposés pour déterminer d'une manière simple et pratique la contrainte de cisaillement :

- Les essais de cisaillement caractérisant le mécanisme du type coulomb au niveau des joints (**figure I.20)**
- Les essais sur petits murs soumis à une traction diagonale **(figure I.21)**

Essais de cisaillement

L'essai le plus simple à exécuter et à contrôler en laboratoire pour caractériser le compor-

tement de la maçonnerie sous charge de cisaillement est celui montré sur la figure

d. En ce qui concerne les autres types d'essais, il a été constaté expérimentalement l'apparition d'efforts de flexion qui modifient les conditions de cisaillement recherchées.

Le modèle dont il est question est constituée d'un ensemble de trois blocs de maçonnerie, où celui du milieu se trouve coupé en deux. Les deux moitiés sont séparées par un joint vertical vide, d'un (1.0) cm de large. Les charges de cisaillement s'appliquent sur cette pièce au milieu, tandis que les pièces externes peuvent être soumises à l'action de charge verticale.

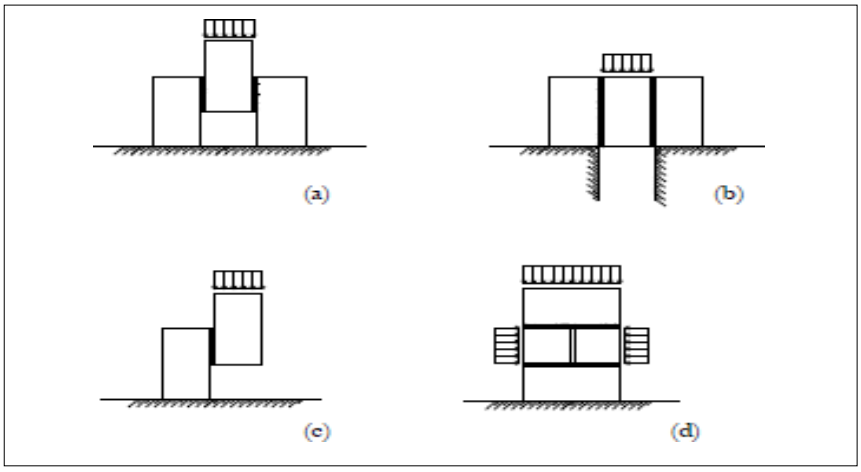


Figure I.20 Essaisde cisaillement

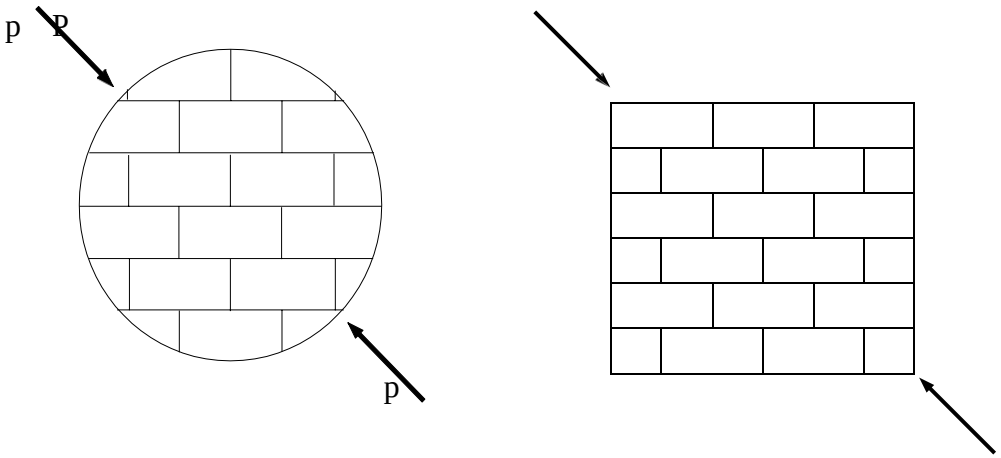


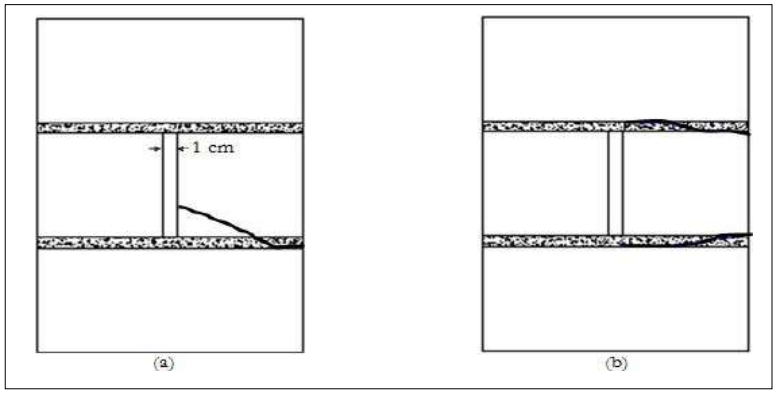
Figure I.21 Essaisde traction diagonale.

Les études de Meli et Reyes [cité par Lafuente, 1990], témoignent de l'existence de différents types de comportement à la rupture :

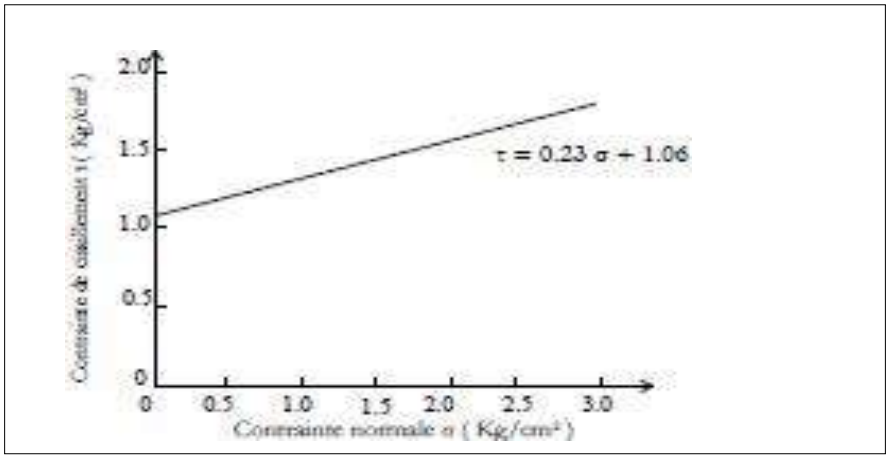
- Rupture de la pièce en maçonnerie par cisaillement (**figure I.22.a).**
- Glissement au niveau des joints (rupture par adhérence (**figure I.22.b).**

Meli et Reyes rapportent aussi quelques cas de fissuration par rupture du mortier.Ce type d'essais aboutit à l'obtention de courbes telles que celles de la **figure (I.23) [21],** qui permettent la détermination des coefficients d'adhérence et de friction (c et φ). Les coefficients de dispersion sont élevés.

Les références consultées rapportent que dans ce type d'expériences, la ruine survient soudainement et d'une manière fragile, ce qui rend impossible d'observer la propagation de la fissure



figureI.22 Schémade fissuration(LAFUENTE, 1990)



FigureI.23 :Résistance au cisaillement en fonction de la charge verticale (LAFUENTE, 1990)

Resistance Au cisaillement en fonction de la charge vertical (compression)

C'est le cas des murs porteurs sollicités par des efforts verticaux. Plusieurs essais on tété réalisés sur des murs en maçonnerie soumis à ce type de chargement pour déterminer les résistances ultimes .Il existe une relation de type coulomb (**figure24)** entre la résistance au cisaillement et la contrainte de pré compression c'est-à-dire il existe une résistance au cisaillement initiale qui dépend de l'adhésion entre les briques et le mortier a la quelle vient s'ajouter une composante de frottement proportionnelle a la precompression soit:

$$\tau = \tau_o + \mu.o_c$$

Avec :

τ_o:résistance au cisaillement pour un effort normal nul:

μ : coefficient de frottement apparent

o_c : contrainte verticale de pré compression

A la limite lorsque o_c atteint la résistance de compression à la rupture, la résistance aux cisaillement s'annule, la Resistance au cisaillement dépend de la résistance du mortier et pour des murs en maçonnerie de brique ayant une résistance ultime à la compression entre 20 et 50 N/mm², τ_i=0.3N/mm² pour un bon mortier et τ_i=0.2N/mm² pour un mortier moyen.

La valeur moyenne de μ est d'environ 0.4

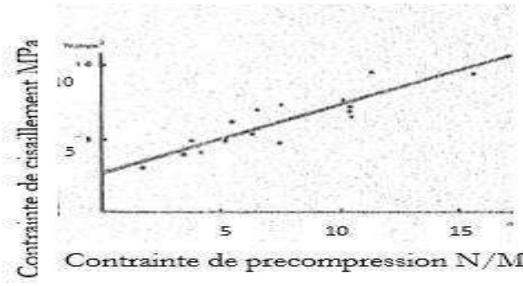


Figure 2.8 Relation entre la résistance au cisaillement et la contrainte de pré-compression (CHERRABI.A, 1990)

FigureI.23 :Résistance au cisaillement en fonction de la charge verticale (LAFUENTE, 1990)

Comportement a la traction de la maçonnerie

La maçonnerie construite avec des mortiers traditionnels a une résistance très limitée face aux efforts de traction pure. La résistance à la traction est habituellement prise égal à zéro.

Cette résistance peut être sensiblement améliorée par l'ajout d'adjuvants tels que les polymères ou le Latex. Des panneaux de maçonnerie d'un étage ont été fabriqués et pourraient être soulevés et transportés sans rupture.

La résistance à la traction horizontale est très rarement mesurée et aucun essai standard n'est disponible d'où l'absence totale de données significatives. L'essai le plus familier étant celui en travers de la brique (ASTM C952-76) illustré dans la **figure (I.25)**. Les résultats de cet essai indiquent que la résistance à la traction directe se situe entre un tiers et deux-tiers du moment de flexion.

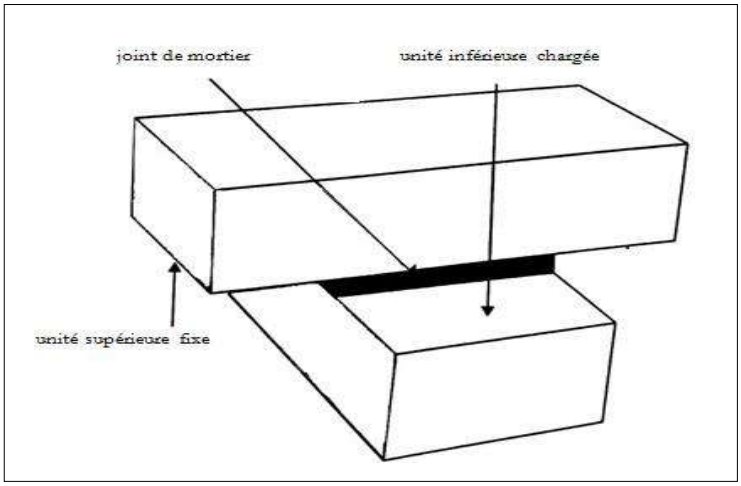


Figure I.25 Essai de traction.

Comportement en flexion de la maçonnerie

Traditionnellement, la maçonnerie résiste grâce à sa grande inertie et sa masse souvent très Importante. Ces structures ne dépendent pas en grande partie du lien du mortier aux éléments -support.

La maçonnerie construite ces dernières décennies a été, cependant, réalisée avec des murs minces dont la résistance aux efforts latéraux (exemple le vent) dépend principalement de

l'adhérence du mortier. Ce dernier peut être amélioré par l'ajout d'adjuvants.

On distingue deux modes principaux de flexion dans les deux plans orthogonaux :

- Lorsque l'effort est appliqué au plan perpendiculaire aux joints de pose (**figure I.26).**
- Lorsque l'effort est appliqué au plan parallèle aux joints de pose (**figure I.27).**

Il est clair que la résistance est susceptible d'être hautement anisotropique, puisque la Résistance à l'effort au plan parallèle aux joints de pose est assurée par :

a) La résistance au cisaillement des mortiers de pose,

b) La résistance élastique des joints de mortier vertical face à la rotation des éléments,

c) L'adhérence des joints de mortier vertical,

d) La résistance à la flexion des éléments eux mêmes.

La résistance limite de flexion sera la plus petite valeur de (a + b) ou (c + d) Plan de flexion latéral

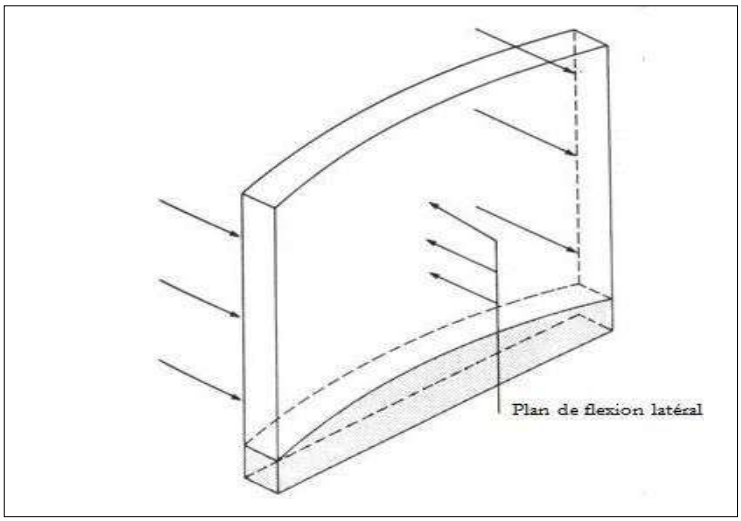


Figure I.26 : Flexion due aux efforts appliqués au plan perpendiculaire au joint de pose.

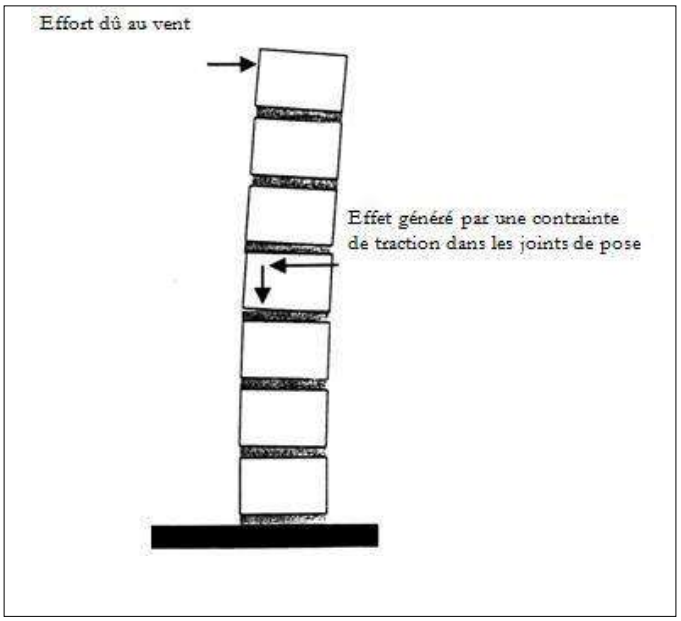


Figure I.27 : Flexion due aux efforts appliqués au plan parallèle au joint de pose.

I.11.Travaux effectués sur le cisaillement :

A. Travaux De Miha Tomazevic :

MIHATOMAZEVIC (MIHA,2008)à fait un test sur le comportement du cisaillement,3 blocs de briques en terre cuite ont été jointoyé avec un mortier courant ,puis on a placé deux plaques métalliques sous les deux blocs externes et une plaque sur la brique du milieu séparés de 2 petites barres de (ϕ12) ensuite la force a été exercé, comme on peut le voir sur la **figure (I.28)**Pendant l'essai, il faut veiller à ce que des contraintes de cisaillement pur se développent dans les plans de raccordement entre les blocs et le mortier. Six échantillons de chaque type ont été testés. Les résultats de f_{vkO} sont présentés dans le tableau2.2.

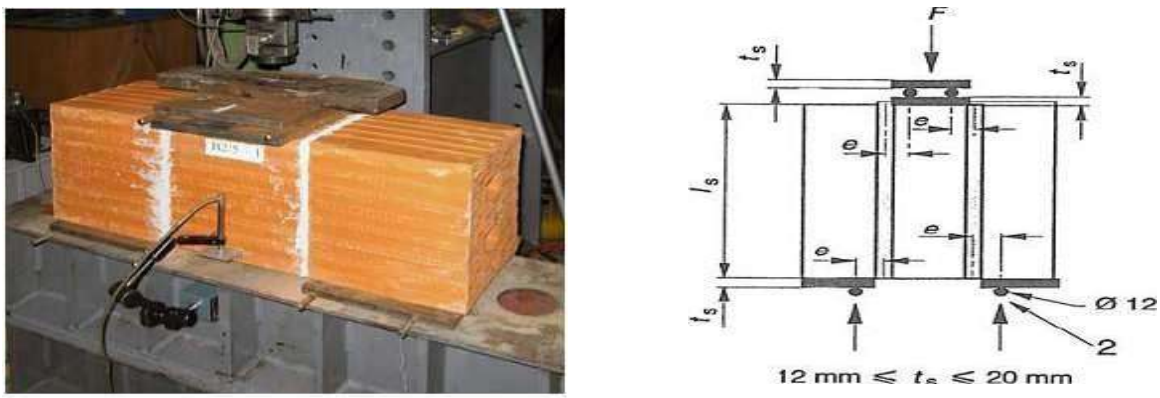


Figure I.28 Test de résistance du cisaillement initiale selon l'ASTMEN1502-3 (MIHA,2008)

Tableau I.2 : Les valeurs caractéristiques f_{vkO} suivantl'eurocode 6 et les valeur strouvés expérimentalement par MIHA TOMAZEVIC (MIHA,2008).

unités	Charge de compression(KN)	Résistance au cisaillement(MPa)			
		5 MPa		10 MPa	
		f_{vkO}	F_{vk}	f_{vkO}	F_{vk}
B1	20.7	0.17	0.23	0.19	0.27
B2	13	0.19	0.26	0.21	0.26
B3	14.6	0.16	0.2	0.16	0.2
B4	12.2	0.26	0.31	0.22	0.38
B5	11.5	0.5	0.6	0.55	0.66
B6	30.3	0.28	0.34	0.28	0.33



Figure I.29 Résultats obtenus sur les blocs (MIHA, 2008)

Les travaux d'A. Gabor et Al.

Gabor et al (Gabor, 2006) ont fait une étude afin de mettre en place la distribution de la contrainte de cisaillement dans un panneau en briques de terre cuite et comment elle peut être générée expérimentalement (voir figure 1.23).

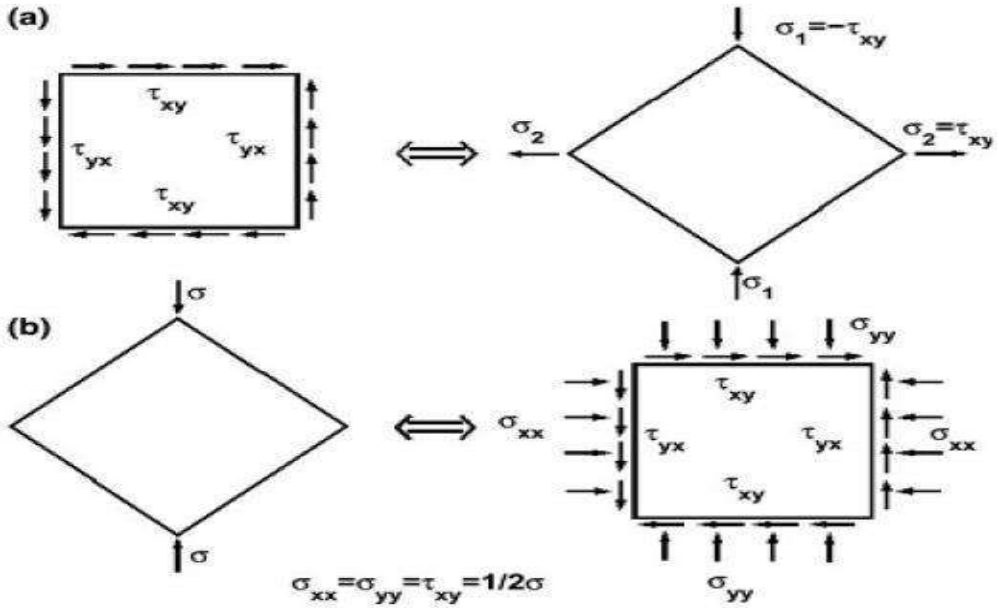
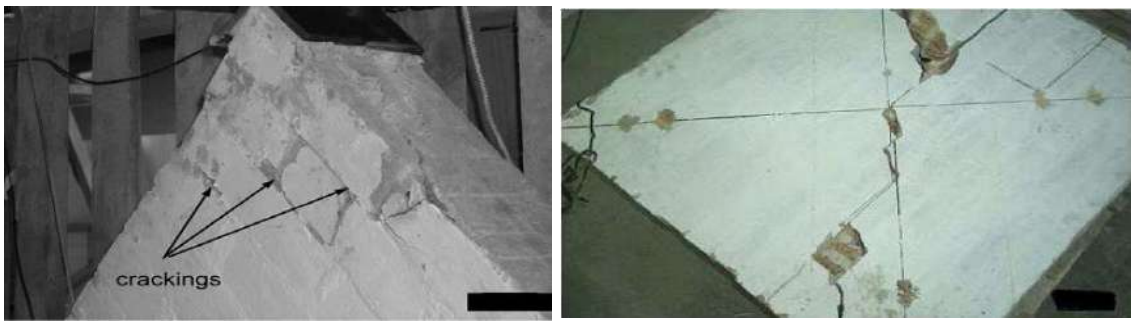


Figure I.29: Dispositif de l'essai (Gabor, 2006) . a)Panneau carré homogène soumis à la contrainte de cisaillement pur. b) L'état de stress généré dans un panneau carré soumis à la compression diagonale.

Résultat :

Pour le premier cas Gabor et al ont obtenu une rupture localisée, marqué avec un glissement et écrasement au niveau des appuis (Figure I.24a), pour le second panneau ils ont remarqué un ne rupture générale du mur (Figure I.24b). La rupture a été très soudaine sans apparition des fissures sur la surface du mur. Néanmoins, l'analyse du panneau après rupture révèle que des fissures se propagent le long de la diagonale comprimée et qu'elles étaient présentes dans les joints de mortier et dans les briques (voir figure I.24 b).



(a) Fissuration de la première paroi (b) Fissuration de la deuxième paroi

Figure I.30: Résultat des essais.

Les Travaux De Parker Et Al.

Parker et al ont utilisé une méthode pour déterminer la résistance au cisaillement suivant la norme (ASTM E 519-02, 2012). Cette norme à été développée pour déterminer la résistance au cisaillement des assemblages de maçonnerie. Dans cet essai, une charge verticale est appliquée à des panneaux de 1.2 x 1.2 m², des assemblages en maçonnerie placé à 45 ° par rapport à l'horizontale comme illustré sur les Figure. I.25.

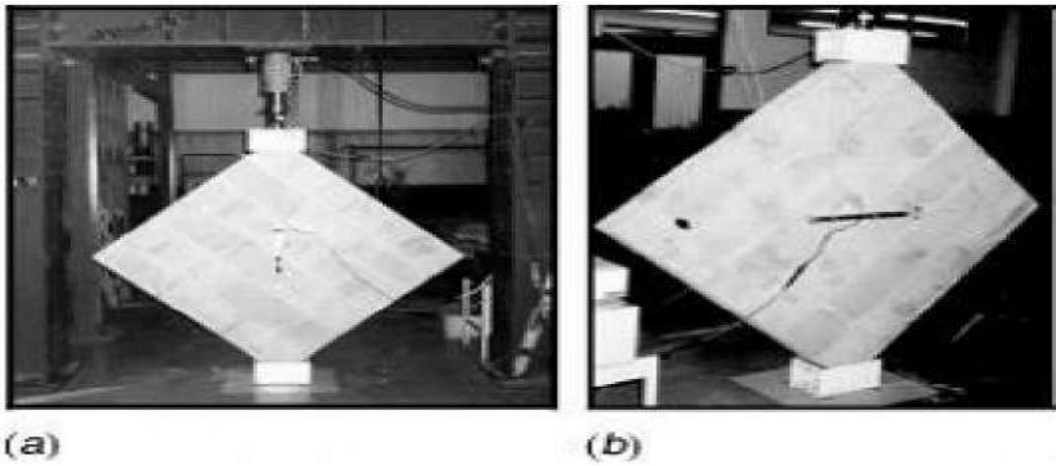


Figure. I.31: Configuration du test sur les murs (ASTM E 519-02, 2012)

le mode de rupture des panneaux de (1.2 x 1.2 m2) en bloc de béton testes par les auteurs. Présenté au-dessous.

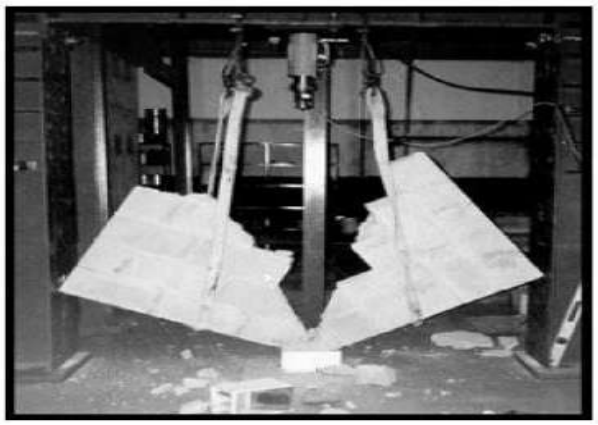


Figure. I.32: Résultat de l'essai de cisaillement (ASTME519-02, 2002)

A. Étude de vasconcelos, alves et lourenço :

Les auteurs (Vasconcelos, et al., 2012) ont fait une étude expérimentale sur des murs en maçonnerie non armée, ces derniers ont été confectionnés avec un mortier de ciment dans une proportion en volume de ciment et de sable de 1:3. La cure des murs a été réalisée dans les conditions ambiantes du laboratoire avec une humidité relative de l'air pratiquement constante et égale à environ 65%. Les blocs de béton ont été également testés en compression uni axiale. La résistance à la compression moyenne obtenue pour le mortier, pris comme la moyenne des 12 échantillons, était de 18.77 MPa. Les essais de compression diagonale ont été effectués selon la recommandation de la norme (ASTM E519-02, 2002). La charge verticale est appliquée au moyen de servocommande, relié à un portique en acier, avec une charge de 200 kN (voir figure 2.21) Les essais de compression diagonale ont été effectués sous le contrôle de déplacement, au moyen d'un LVDT placés dans le panneau.

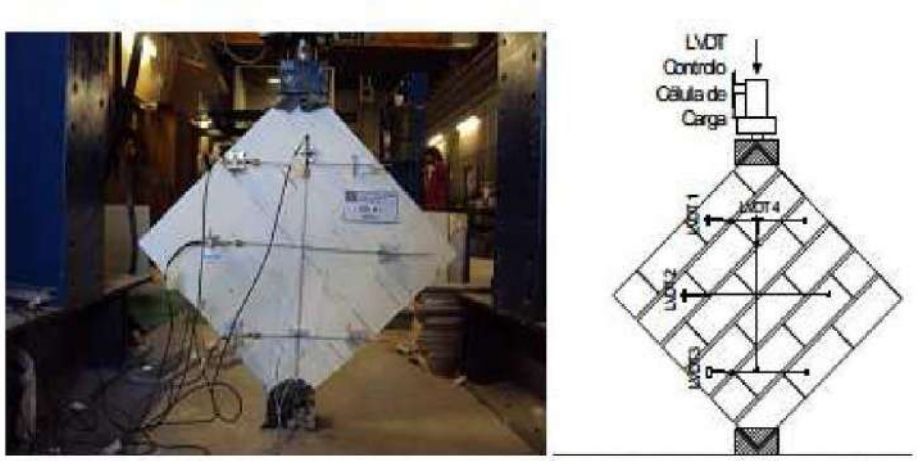


Figure I.33: Dispositif de l'essai (Vasconcelos, et al., 2012)

Les modes de ruptures qu'ils ont obtenus lors des essais d'écrasement voire figure I.28



Figure I.34: Résultat obtenu des écrasements des murs (Vasconcelos, et al., 2012)

Le tableau suivant présente les valeurs de la contrainte de cisaillement et module de rigidité qu'ils ont trouvés.

Tableau. I.3: Résultats expérimental et numérique de cisaillement (Vasconcelos, et al., 2012)

Murets testés	T(MPa)	G (GPa)
(a)	0.42	A4.05

E : Les travaux de Corradi

Le test de de compression en diagonale a été conçu par CORRADI (CORRADI.M, et al., 2003) et dans le but d'évaluer la résistance au cisaillement. Le test a été effectué sur des panneaux de 120 x120 cm² avec une section transversale maximale d'épaisseur de 20 cm dans le but de déterminer la contrainte de cisaillement.

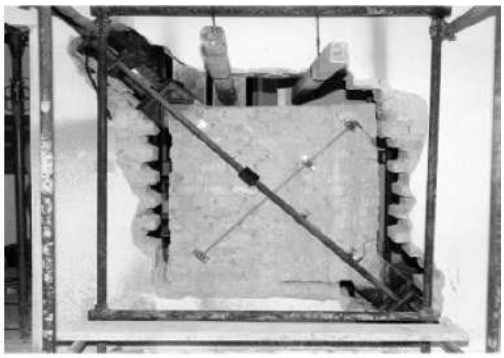


Figure I.35: Test d'un mur en diagonale (CORRADI et AL, 2003).

I.1.Réparation et renforcement des constructions en maçonnerie :

Le renforcement est une opération qui consiste à augmenter le niveau de service et en particulier (augmentation de la ductilité, de la résistance) d'une construction pour en permettre l'utilisation dans des conditions non prévues à l'origine ou de lui procurer une protection suffisante contre des sollicitations dont il n'a pas été tenu compte dans les calculs **CGS192**(22).

Renforcement par matériaux composites

L'utilisation des matériaux composites a évolué depuis les années 1960-1970 [CSA-304.1]. Un matériau composite est constitué d'un renfort et d'une matrice. L'efficacité du renforcement par composite est influencé par les propriétés mécaniques de la fibre et de la matrice, la résistance de l'interface fibre-matrice, la quantité de fibre dans le composite et l'orientation des fibres dans le composite. Les matériaux composites présentent plusieurs avantages par rapport à l'acier en tant que matériau ductile et non-corrosif. Ils possèdent une bonne résistance spécifique $\frac{\overline{\delta_t}}{\rho}$, et elle dispose d'une grande facilité d'application. Cependant, les inconvénients de l'utilisation de matériaux composites viennent de leur faible résistance au feu, la rupture fragile, le fluage et le risque de gâcher la valeur esthétique de structure [23].

FRP

Définition

Les FRP « fiber reinforced polymer» représentent de fibres à haute résistance imprégnés par une matrice polymérique (époxy, polyester, …). Les fibres de FRP utilisées dans le renforcement en génie civil sont des fibres en carbone (CFRP), verre (GFRP), et aramide (AFRP). Le FRP utilisé pour le renforcement des structures se trouve sous forme de tissus, de composite en lamelle ou en barre. L'application de tissus de FRP s'effectue par collage sur la surface extérieure de l'élément avec la technique « wetlay-up » ou «pre-cured ». Les tissus sont secs ou pré-imprégnées par une matrice polymérique. Alors que les lamelles sont des plaques rigides préfabriquées qui s'installent par collage avec une résine chargée époxy [24]. Les lamelles offrent la possibilité de s'appliquer par collage sur la surface extérieure EB « externallybonded » ou dans l'élément par la technique NSM [25]. Les barres de FRP s'appliquent dans les éléments par encrage dans la pierre ou par la technique NSM [26] qui seront utilisés dans cette étude. La Figure I.39 représente un mur historique renforcé par collage

de tissus de CFRP sur la surface extérieur [27]. Les barres de FRP peuvent avoir une surface sablée, déformée ou lisse. La rugosité de la surface des barres influence le

Comportement d'adhésion entre la barre et l'adhésive. La Figure I.40représente quelques formes de barres et de lamelles de FRP par suivante :



Figure I.36: Renforcement avec bandes de CFRP : Essai de comportement de cisaillement cyclique du mur renforcé

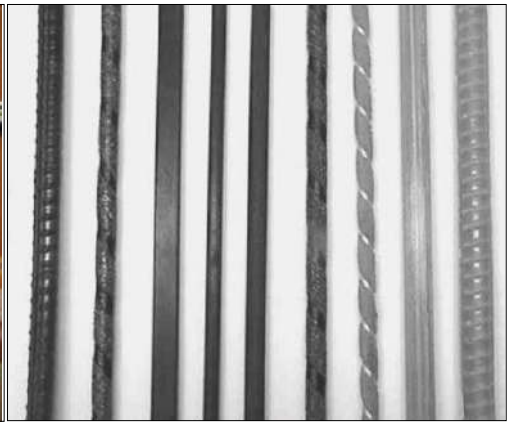


Figure I.37 Formes de quelques barres, et de lamelles de FRP utilisées dans le renforcement NSM

Les fibres métalliques

- Acier ;
- Inox ;
- Fonte (amorphe).

Les fibres organiques

- Polypropylène ;
- Polyamide ;
- Acrylique.
- Sécuir de bois
- Aramide ;

Les fibres minérales

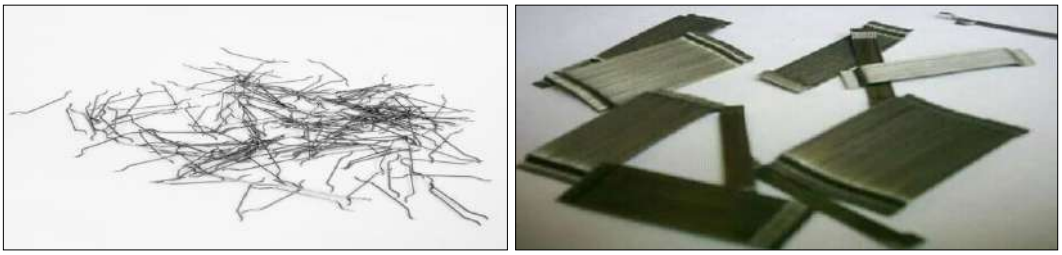
- Verre;
- Basalte.

Acier

Les fibres d'acier, qui sont sans doute les plus utilisées dans le domaine du génie civil, ont fait l'objet de plusieurs recherches. En effet, les propriétés mécaniques du béton renforcé par ces fibres sont influencées par la résistance d'adhésion inter faciale entre fibre et matrice. Les fabricants des fibres d'acier ont essayé par tous les moyens d'améliorer l'adhérence en jouant sur l'irrégularité de la surface de la fibre. Il existe de nombreuses variétés de fibres qui

se différencient les unes des autres par leur section (ronde, carrée, rectangulaire), leur

diamètre, leur longueur et leurs modes d'élaboration. Elles peuvent être rectilignes, ondulées, ou présenté des élargissements aux extrémités, soit en crochets pour améliorer l'accrochage dans le même but, elles peuvent présenter des aspérités, des crans surfaces.



Polypropylène

Les fibres de polypropylène sont fabriquées depuis 1954 par l'industrie textile. Le polypropylène est un polymère cristallisable de la famille des polyoléfines des produits chimiques. Il a connu une extension croissante dans ce domaine où il apporte les avantages suivants : déformabilité élevée, imputrescibilité et bonne résistance en traction qui peut atteindre 800 Mpa.
Les fibres de polypropylène sont en général assez longues (30 à 60 mm), légères et ne sont pas attaquées par le ciment. Leur module d'élasticité plus faible que la pâte durcie Il convient de les utiliser de préférence pour les pièces minces devant résister, soit à l'action corrosive de certaines ambiances dans lesquelles l'acier pourrait se corroder rapidement, soit aux chocs mécaniques**.**



Figure I.38 : **Polypropylène**

Les copeaux de bois

les copeaux de bois désignent l'ensemble des résidus produits par les sciages de bois ,

les copeaux sont produits au cours d'opérations d'seinage effectuées sur la matière première (bois) les copeaux résultant d'une manufacture peuvent être ainsi récupérés et valorisés pour le domaine de la construction.



Figure I.39 : Les copeaux de bois

Conclusion

L'analyse bibliographique nous a permis de constater que, malgré la grande quantité de travaux effectués, qu'il reste beaucoup d'inconnues relatives au comportement de la maçonnerie, structurale.

Il reste, en particulier, à préciser l'influence de certaines variables telles que :

- ✓ Variation de la nature du mortier (mortier en ciment, mortier de chaux, mortier bâtard etc.) ;
- ✓ La disposition des joints verticaux par rapport aux sollicitations verticales ;
- ✓ La géométrie de la maçonnerie ***;***



PRÉSENTATION DES MATÉRIAUX ET DESTECHNIQUES EXPÉRIMENTALES UTILISÉES AU LABORATOIRE

II.1.INTRODUCTION :

Notre recherche a pour but d'étudié l'éventualité de renforcement du mortier par les fibres bois et par des fibres en polypropylène, et pare fibre de acier et d'analyser les comportements de ces mélanges a l'état frais ainsi qu'à l'état durci en les comparant à ceux d'un mortier témoin.

II.2. MATERIAUX UTILISE :

- ✓ La chaux Hydraulique.
- ✓ Le ciment.
- ✓ L'eau.
- ✓ La brique perforée.
- ✓ Le sable.
- ✓ Fibre bois
- ✓ Fibre Polypropylène
- ✓ Fibre acier

II.3. Caractéristiques des matériaux

1)Le ciment :

Au cours de cette étude nous avons utilisé un ciment portland composé (CEM II /A-M (P-L) 42,5 N) produite par l'entreprise LA FRAGE et dérives de soure El ghozlane. Le ciment portland composé est conforme à la norme **NA 442** et à la norme **NF P 15-301** et il dépasse considérablement les exigences de résistance de ces normes.



Figure II.1: Ciment de Gica.

2)Chaux :

La chaux éteinte (NHL) et issue de la carrière de chaux de SAIDA. Elle est fabriquée par la société BMSD selon les normes **–NF-P15-311[15]-NF-EN-459-1-[16].**Ces propriétés physiques et chimiques représentées ci-dessous (**tableau II.1**)

Tableau. II.1: La fiche technique des propriétés physiques et chimiques de la chaux de Saida.

Caractéristiques de base	**La fiche technique de la chaux**
Apparence physique	Poudre blanche sèche
CaO [%]	**>83.3**
MgO [%]	**<0.5**
Fe_2O_3 [%]	**<2**
Al_2O_3 [%]	**<1.5**
SiO_2 [%]	**<2.5**
SO_3 [%]	**<0.5**
Na_2O [%]	**0.4-.05**
CO_2 [%]	**<5**
$CaCO_3$ [%]	**<10**
Densité spécifique [g/cm3]	2
Plus de 90µm[%]	<10
Plus de 630µm [%]	0
Matériau insoluble [%]	<1

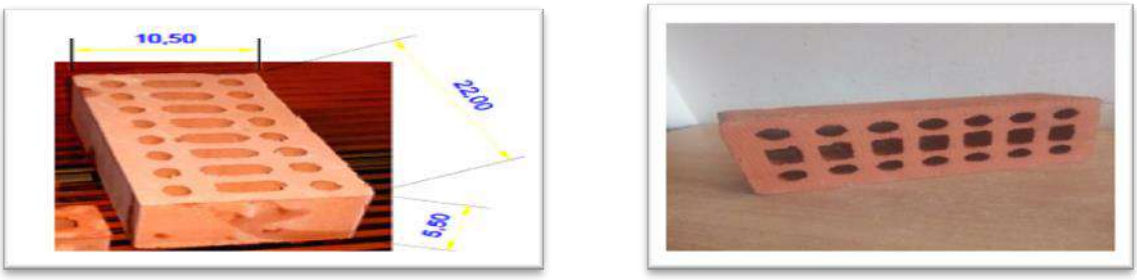
3) Eau de gâchage :

L'eau de gâchage utilisée est une eau potable de robinet. Elle permet à la fois d'hydrater le liant (ciment ou chaux) et à contribuer à l'ouvrabilité du mortier. Le dosage en eau est pris l'ouvrabilité du mortier

4)brique :

La brique perforée est de forme parallélépipédique rectangle a base d'argile, (L'argile est souvent dégraissée par du sable). Les dimensions représentées suivent la Figure II.3.

Caractéristiques géométriques : Briques perfore : 220 x 110 x 55 mm3



Figu-reII.2: brique perforée

Caractéristiques physiques:

La masse volumique de la brique est déterminée par la méthode géométrique. Les mesures sont effectuées sur trois blocs La masse volumique d'un bloc est calculée comme suit :

$\rho = \frac{M}{V}$(II.1) $kg/m3)$

Ou :

ρ: Masse volumique apparente en (kg/m3).

M : masse des blocs en (kg).

V : volume net.

Le tableau II.2 montre que la masse volumique des briques et de l'ordre de 1371 Kg/m^3.

Tableau II.2 caractéristiques physiques des briques perforés.

N°	$M(g)$	$V\ (cm3)$	$\rho\ (g/cm3)$	$\rho moy\ \ (Kg/m3)$
01	1825,2	1331	1,371	1371
02	1828,4	1331	1,373	
03	1824,7	1331	1,370	

Caractéristiques mécaniques *:*

Afin de caractériser la contrainte ultime en compression, les briques sont testées dans les trois directions caractéristiques (voir **figure II.3**)

Des essais de résistance à la compression ont été réalisés sur trois blocs jusqu'à la rupture. La résistance en Mpa est calculée selon la formule suivante :

$\sigma_b = \frac{F_b}{S_n}$(II.2)

Où:

σb : résistance à la compression en (Mpa)

Fb : charge maximale de rupture en (N)

Sn : section nette moyenne de la brique en (mm²)



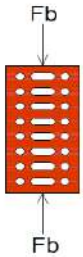
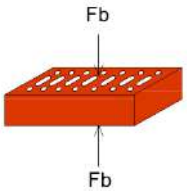
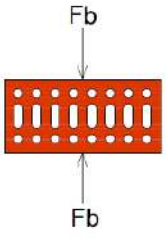
Figure II.3: Les briques en compression selon les trois directions.



Figure II.4: Les briques en flexion selon les deux directions

La résistance à la compression en fonction de la disposition des briques est donnée dans le tableau (II.3).

Tableau II.3: résultats d'essai de compression sur briques

Direction 1	Direction 2	Direction 3
		
6.20(Mpa)	27.74MPa)	5.64(Mpa)

«

- **. Le sable (définie selon la norme NA523-1990):**

Un seul type de sable est utilisé au coure de cette étude est il s'agite d'un sable de Hassi Bah bah la wilaya de Djelfa, située à 242km à sud d'Alger.



Figure. II.5: sable utilisée.

Caractéristiques de sable :

Pour déterminer les caractéristiques de sable on a fait les essais suivants :

- EQUIVALENT DE SABLE : **Selon la norme NFP P18-598**
- GRANULOMETRIE : **Selon la norme NF P18-560**
- MASSE VOLUMIQUE : **Selon la norme NF P18-554 ; 18-555**
- MODULE DE FINESSE : **Selon la norme NF P 18-101**

A. Analyse granulométrique Norme NF P18 560

On peut définir l'analyse granulométrique par tamisage c'est un ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant échantillon, en employant des tamis à maille carrée afin d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.

a).But de l'essai

La granulométrie ou analyse granulométrique s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat.

L'analyse granulométrique a trois buts :

- Déterminer les dimensions des grains.
- Déterminer les proportions de grains de même dimension
- En déduire le Module de finesse (MF) de sable

b).Principe de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains constituants l'échantillon en utilisant une série de tamis,

emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut Vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis etles classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne detamis.

c). Matériel nécessaire

Des tamis dont les ouvertures carrées, de dimension normalisée, sont réalisés soit à partir d'un maillage métallique. Pour un travail d'essai aux résultats reproductibles, il est conseillé d'utiliser une machine à tamiser électrique qui comprime un mouvement vibratoire horizontal, ainsi que des secousses verticales, à la colonne de tamis. (Figure (II.6)). La dimension nominale de tamis se suit dans une progression géométrique



Figure (II.6) : L'essai d'analyse granulométrique

Tableau (II.4) : Résultats d'analyse granulométrique du sable

Tamis(mm)	Refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisât cumulés (%)
5,00	0	0	100
2,5	0	0	100
1,25	0	0	100
0,630	0.8	0.08	99.96
0,315	34.3	3.43	96.57
0,160	908.4	90.84	9.16
0,080	996.6	99.66	0.34

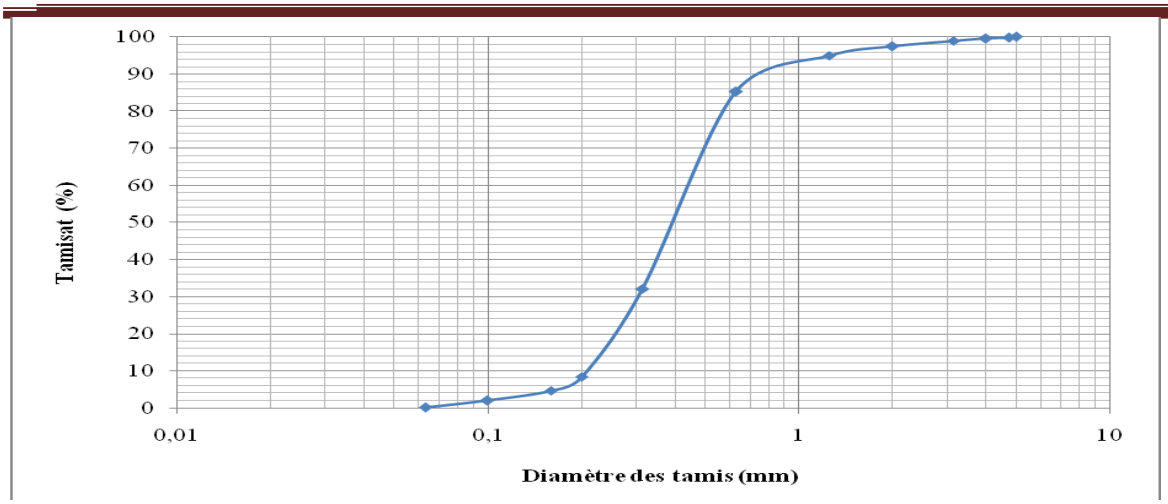


Figure II.7 : Courbe granulométrique de sable Fin.

B). Modules de finesse Norme NF P18 304

C'est un module qui nous permet de caractériser la finesse des différents types de sable par la somme des pourcentages des refus cumulés pour les tamis de série suivant (0.16 ,0.315, 0.63 ,1.25, 2.5, 5 mm).

$$\frac{\sum \%refus}{100}$$

Lorsque MF est comprise entre :

- 1.8 et 2.2 : le sable est à majorité de grains fins
- 2.2 et 2.8 : on est en présence d'un sable préférentiel
- 2.8 et 3.3 : le sable est un peu grossier, Il donnera des bétons résistants mais moins maniables[23].

Pour les sables utilisés dans notre étude on a trouvé la valeur suivante : **MF** = 1,94

Alor : 1.8 et 2.2 : le sable est à majorité de grains fins

C). Equivalent de sable Norme NF P 18 -598

Il est défini par la norme *NFP 18-598* ; cet essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui floculent.

a).But de l'essai

Cet essai utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons. L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossiers, une procédure normalisée permet de détermination un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté decelui-ci.

b).Principe de l'essai

L'essai est effectué sur la fraction 0/5 mm du matériau à étudier.

On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes, on mesure les éléments suivants :

- **Hauteur h1 :** sable propre +éléments fins,
- **Hauteur h'2 :** sable propre seulement.

On en déduit l'équivalent de sable qui, par convention, est :

$$ES = 100\,\frac{h2}{h1} \quad \text{.....(2)}$$

Selon que la hauteur h2 est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on déterminer **Esv**

(Équivalent de sable visuel) ou **Esp** (équivalent de sable au piston)

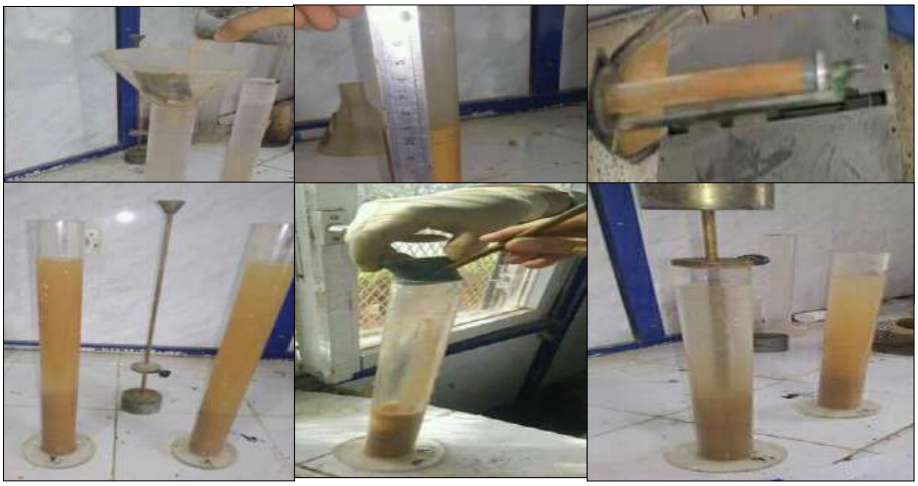


Figure II.8: Essai d'équivalent de sable (sable fin)

Tableau (II.5): les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.

E.S à visuel	***E.S au piston***	***Nature et qualité du sable***
ES< 65%	***ES<60%***	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable à rejeter pour des bétons de qualité ou vérification plus précise de la nature des fines par un essai au bleu de Méthylène.
65%≤ES<75%	***60%≤ES<70 %***	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.
75%≤ES<85%	***70%≤ES<80 %***	Sable propre à faible proportion de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES≥85%	***70%≤ES<80 %***	Sable très propre. L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra compenser par une augmentationdu dosage en eau.

Tableau (II.6) : Résultats d'essai de l'équivalent de sable
Selon la norme ***NF P18 598,*** ce sable propre et acceptable pour la composition de béton et de mortier.

	Equivalent de sable		**Limite de valeur**	**Observation**
sable de dune	E.S.P %	70.12	E.S.P ***70%≤ES<80%***	Sable propre
	E.S.V %	76.15	E.S.V ***75%≤ES<85%***	

D). Masses volumiques:

a). Masse volumique absolue : norme NFP18-301

Cet essai est régie par la ***norme NF P18-301***, elle est définie comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains[1].

. Mode opératoire d'essai

- ❖ Mettre dans une éprouvette un volume V1 d'eau.
- ❖ Peser une masse M du corps et l'introduire dans l'éprouvette.
- ❖ Lire de nouveau le volume V2.
- ❖ Le volume absolu est V = V2 – V1

$$MV\ abs = \frac{M_S}{V2 - V1} \quad \cdots\cdots (3)$$

MV abs: Masse volumique absolue kg/m3

M_s : Masse des grains solides

V_1: Volume de l'eau

V_2: Volume total (grains + vide).



Figure II.9: Essai de masse volumique de sable fin

b)..Masse volumique apparente

Cet essai est régie par la norme ***NF P18-554***, ***NP18-555***, ***EN P1097-3***, EN 1097-6; elle est

définie comme étant la masse de l'unité de volume apparente du corps, c'est-à-dire celle du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient [9-10]

ρ_a: Masse volumique apparente g/cm3 M :

Masse totale de l'échantillon

V : Volume total de l'échantillon.

Mode opératoire de l'essai

Prendre l'échantillon dans les deux mains.

❖Verser l'échantillon toujours au centre du récipient, jusqu'a ce qu'il déborde tout autour en formant un cône, raser à la règle et Peser le contenue.

❖Calculer la masse volumique apparente à partir de la formule su**ivante :**

Mvapp = $\frac{MT-M0}{V}$: Avec :

M0 : la masse du récipient de mesure vide.

MT : La masse du récipient avec l'échantillon.

V : le volume du récipient de mesure.



Figure II.10 : essais Masse volumique apparente.

Les résultats des essais de la masse volumique apparente Mvappet la masse volumique absolue $M_{V\ abs}$ de sable sont enregistré dans le tableau :

Tableau (II.7) : Résultats de calcul de la masse volumique

	Masse volumique Apparent (g/cm^3)	Masse volumique Absolue (g/cm^3)
Sable de Hassi bah bah	**1.47**	**2,63**

Analyse granulométrique pour la sciure de bois :

L'analyse granulométrique par tamisage permet de déterminer la distribution des tailles des éléments composant l'échantillon analysé.

- **Refus :** on appelle refus sur un tamis la quantité du matériau qui est retenue sur le tamis.
- **Tamisa (passant) :** la quantité du matériau qui passe à travers le tamis.

Nous avons apporté des quantités suffisantes de la sciure de bois et du liège, puis nous procédions au tamisage du contenu, afin de séparer les grains de différents diamètres et définir les différentes gammes a utilisé pour le confectionnèrent des éprouvettes.

La **figure ci-dessous** montre l'appareil utilisé (tamiseuse) (diamètre des mailles en ***[mm]***).



FigureII.11 :Tamiseuse pour fibre de bois

Tamisage du sciure de bois :

Les différentes mailles de tamis utilisés :

Ø 5	Ø 4	Ø 3.5	Ø 2.5	Ø 2	Ø 1.25	Ø 0.63	Ø 0.315	Ø 0.16	Ø 0.08

En prenant 140g de chaque matériau (liège expansé et sciure de bois), comme le montre la**figure II.12,** on effectue les étapes

suivantes : verser les 140g du matériau dans le tamis. allumer la tamiseuse durant deux minutes. verser et



mélanger les refus entre eux selon les gammes.

Figure II.12 : Tamisage de la sciure de bois.



Tableau II.8 :les refus obtenus par tamisage de la sciure de bois dans chaque tamis.

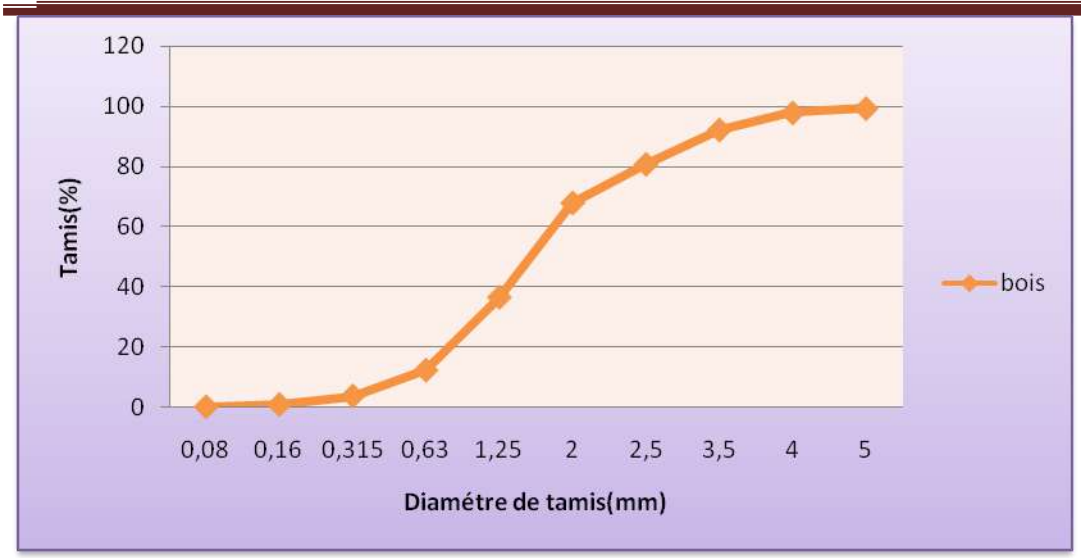


Figure II.13 : Courbe granulométrique de sciure de bois

.

Détermination de la masse volumique apparente et absolue de la sciure de bois

Pour déterminer la masse volumique apparente nous avons utilisé un récipient cylindrique de dimensions connues (diamètre=11.3cm, hauteur=15.5cm, ainsi le volume=1553.66cm) ; le poids de récipient M=3154g, une règle à araser et une balance.

Méthodologie

- verser la sciure de bois sèche dans le récipient par couches successives et utilisant les
- mains. Araser à l'aide de la règle.
- peser le contenu du récipient ($M_{granulats\ secs}$).

En fin on aura la masse volumique apparente :

$$\gamma_{app} = \frac{M_{granulats\,sec\,s}}{V_{Récipient}}$$

Tableau II.9 : La masse volumique apparente de la sciure de bois

Échantillon	**Gamme 1 (g/cm^3)**
Échantillon 1	0.139

Détermination de la masse volumique absolue de la sciure de bois

La densité absolue est le rapport de la masse absolue d'une unité de volume du matériau à température donnée par la masse du même volume d'eau à la même température, avec déduction faite de tous les vides aussi bien des vides entre les grains que des vides à l'intérieur des grains.

Elaboration de la masse volumique absolue de la sciure de bois

Pour cette expérience, nous avons besoins d'une éprouvette graduée dans laquelle nous versons un certain volume d'eau que nous noterons $\mathbf{V_1=200\ cm^3}$; en suite nous pesons une masse de **50g** de granulat que nous introduisons dans l'éprouvette en veillaant à éliminer toute les bulles d'air et delà nous lisons le nouveau volume indiqué sur l'éprouvette que nous appellerons $\mathbf{V_2=370\ cm^3}$.le volume absolu est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{V_{abs}=V_2 - V_1}$$



Figure II.15 : Elaboration de la masse volumique absolue de la sciure de bois

- **Calcul de la masse volumique absolue de la sciure de bois**

$\mathbf{V_{abs}=V_2 - V_1}$=370cm^3-200 cm^3=170 **cm^3**

La masse volumique absoulue d'un granulat est donnée par la relation suivante :

$$\rho_{abs}= M/ V\ abs=50g/170\ cm^3=0.294\ g/cm^3$$

Tableau II.10 : la masse volumique absolues de sciure de bois.

	Gamme 1
La masse (m)	50 g
V_1(eau)	200 cm^3
V_2(eau +sciure)	370cm^3
La masse volumique absolue de la Sciure de bois $_{abs}$	**0.294 g/ cm^3**

- **La détermination de la porosité et la compacité de la sciure de bois**

La porosité et la compacité sont liées par relation : **p+c=1** (ou 100%)

Pour un matériau sec on peut déterminater la compacité ou la porosité a partir des masse volumique

$$C=\frac{VS}{V}=\frac{VS}{V}*\frac{MS}{MS}=\frac{MS/V}{MS/VS}=\frac{p}{pabs}$$

- **La compacité**

La compacité **C** est le rapport du volume des pleins au volume total

$C=V_s/V$ **$C= p /p$ abs**

- **La porosité**

La porosité P est le rapport du volume vide au volume total

$P=V_v/V$	$P=1-C$

Tableau II.11 : valeur de la masse volumiques absolues et apparente et la porosité et la compacité de la sciure de bois.

	Gamme 1
La masse volumiques apparent	139
La masse volumique absolue $_{abs}$ (kg/m^3)	294
La compacité C (%)	47
La porosité P (%)	53

Mortiers :

Le mortier utilisé pour la construction des murs correspond au dosage 1 : 1 :5 respectivement Ciment : chaux :sable (mortier bâtard) avec un rapport E / L = 0.50

Mortiers renforcés: dans les trois types de mortier en a utilisé le mortier (1.1.5) et ajouté 2% de fibre par volume de mortier.

Tableau II.11: dosage de mortier bâtard.

Mortier bâtard	Ciment	Chaux	Sable
Type	**1**	**1**	5





Malaxage du mortier :

Il faut malaxer chaque gâchée de mortier mécaniquement au moyen du malaxeur spécifié.

❖Verser l'eau dans le récipient et introduire le ciment.

❖Mettre alors immédiatement le malaxeur en marche à petite vitesse et après 30 s, introduire régulièrement tout le sable (pendant les 30 s suivantes).

❖Mettre le malaxeur à sa vitesse la plus grande et continuer à mélanger pendant 30s supplémentaires.

❖ Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30 s. Pendant les 15 premières secondes, enlever au moyen d'une raclette en caoutchouc tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.

❖ Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 s



Figure (II.16) : Appareil de malaxage.

b. Préparation des éprouvettes :

Des éprouvettes prismatiques de 4x4x16 cm3, en mortier bâtard et en mortier bâtard avec fibres sont con-

fectionnées pour cette compagne d'essai. Pour les trois types de fibre le dosage en fibres est de 2% en volume. Ce choix, très souvent utilisé, est dicté par nombre d'auteurs pour éviter la formation de boules hérissées de fils (appelées parfois « oursins ») et avoir une bonne ouvrabilité (Beaudoin, 1982).

Le moule métallique à trois alvéoles et sa hausse est fermement fixée à la table à choc. On introduit la première des deux couches de mortier. La couche est étalée uniformément en utilisant la truelle puis serrée par 60 chocs. La deuxième couche est alors introduite, nivelée avec la truelle et serrée à nouveau Moule prismatique 40x40x160 mm



Figure (II.17) : Préparation des éprouvettes

c. Conservation des éprouvettes :

Après 24heures, les échantillons sont démoulés et conservés dans un bac d'eau pendant 28 jours (**figure II.13**)



Figure II.18 : La conservation des éprouvettes prismatiques de dimensions 40x40x160 mm

II.12. Essai sur mortier

II.12.1. 1A L'état Frais

Mesure de l'ouvrabilité du mortier

L'essai d'étalement permet de déterminer l'étalement des échantillons de mortiers destiné à la confection des éprouvettes de compression. L'essai d'étalement est réalisé sur une table mobile comportant un plateau plan relié par charnières à une base rigide. Un moule en forme de tronc de cône de diamètre à la base D0=10 cm posé au centre du plateau (figure4.1).

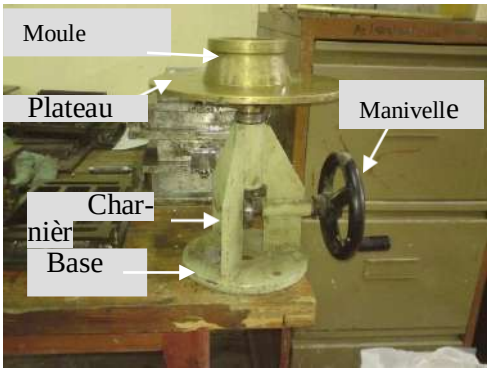


Figure II .19 : Table à choc

Le moule et le plateau sont préalablement huilés. Le cône est rempli par une quantité de mortier par couches successives, chaque couche est compactée par piquage à l'aide d'une tige. On remonte verticalement le moule sans mouvement latéral et on laisse le mortier s'étaler sur la plaque métallique. En utilisant la manivelle, on applique 15 cycles de chute. Chaque cycle dure entre 1 et 3 secondes. La hauteur de chute du plateau mobile est de 15 mm (figure 4.2). On mesure différents diamètres Di qu'occupe le mor-

tier étalé sur la table, et on calcule l'étalement comme suit :

Avec :

Etalement = [(Dm-D0)/D0] *100

Dm : le diamètre moyen du mortier étalé.

D0 : le diamètre de la base du moule tronconique.



Remplissage du moule b) application des coups et étalement c) mesure des diamètres

Figure II .20 : Etape suivie pour calculer l'étalement d'un mortier

Le tableau 3.5 montre l'ouvrabilité du mortier en fonction des résultats d'étalement trouvés àl'aide de la table à chocs.

Tableau(II.12) : Ouvrabilité du mortier .

Ouvrabilité	Etalement à la table(%)
Très ferme	10 – 30
Ferme	30 – 60
Normal (plastique)	60 – 80
Mou (très plastique)	80 – 100
Très mou à liquide	100

Exemple

Soit un mortier normal avec un diamètre moyen après l'essai d'étalement Dm= 15 cm.

Le moule de cône de diamètre à la base D0=10 cm.

Etalement (%) = [(Dm-D0) / D0] *100 = [(15-10)/10]*100 = 50%

D'après le tableau 4.1 : pour un étalement de 50% on aura une ouvrabilité ferme

Tableau (II.13) : **Les résultats de la Ouvrabilité acceptables**

Composition	**E/C**	**Etalement à la table(%)**
Mortier Mélange des deux	**0.90**	**70**
Mortier en Acier	**0.65**	**75**
Mortier en copeaux de bois	**0.65**	**77.5**
Mortier Témoin	**0.65**	**60**

D'après les résultats présentés sur le tableau (II.13), on a remarqué que le pourcentage d'eau dans le mortier témoin était plus faible, par rapport aux mortiers qui contiennent 2% de Mélange des deux type de fibre. En outre, le pourcentage d'eau reste constant dans le mortier qui contiennent 2% de fibre en acier et en copeaux de bois, par rapport aux mortiers témoin. Ce qui laisse dire que les fibres en acier n'absorbent pas de l'eau.

Tableau (II.14) : formulation pour préparation les Mortrée

Mortier	cimente (g)	Chaux (g)	Sable (g)	Eaux (g)	Adjivant0%)	Adjuvant (2%)	E/C	Diamètre
Mortier témoin	200	200	1000	260	0	0	0,65	11
Mortier Mélange des deux	200	200	1000	360	34	2	0.9	12
Mortier de bois	200	200	1000	260	34	2	0.65	12.5
Mortier acier	200	200	1000	260	34	2	0.65	12.75

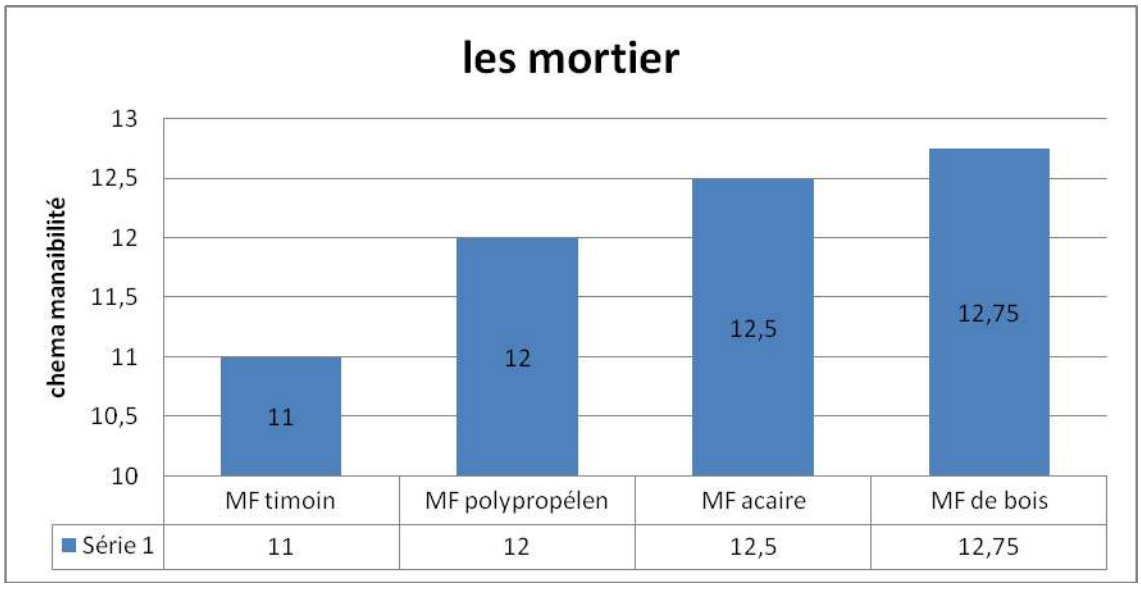


Figure II.21. : Ouvrabilité de mortier

II.12.2A L'état Durci :

A) Essais de résistances mécaniques :

Pour la détermination de la résistance à la flexion, on utilise la méthode de la charge

Concentrée à mi portée au moyen du dispositif de flexion normalisé (type banc d'essai

Didactique), de charge maximum 160 kN Les demi-prismes obtenus dans l'essai de flexion sonttestées en compression sur les faces latérales de moulage sous une section de 40x40 mm

a) Resistance a la flexion :

La rupture de chaque éprouvette en flexion est effectuée conformément au dispositif décrit sur **la figure (II.21)**

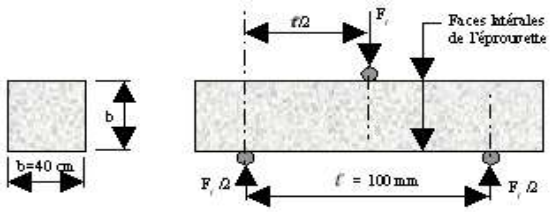


Figure II.22 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (VENUAT, 1989).

Si Ff est la charge de rupture de l'éprouvette en flexion, le moment de rupture vaut Ffl/4 et la contrainte de traction correspondante sur la face inferieure de l'éprouvette est :

$$Rf = \frac{1.5\, Ff.l}{b^3} \qquad \text{(II.6)}$$

Cette contrainte est appelée la résistance à la flexion. Compte tenu des dimensions b et l, Si F_f est exprimée en (N), cette résistance sera exprimée en (Mpa)



Figure II.22 : L'essai de résistance à la flexion

b) Résistance à la compression

Les demi-prismes de l'éprouvette obtenue après rupture en flexion seront rompus en Compression comme indique sur la **figure II.23**. Si F_C est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra :

$$Rc = \frac{Fc}{b^2} \qquad \text{(II.8)}$$

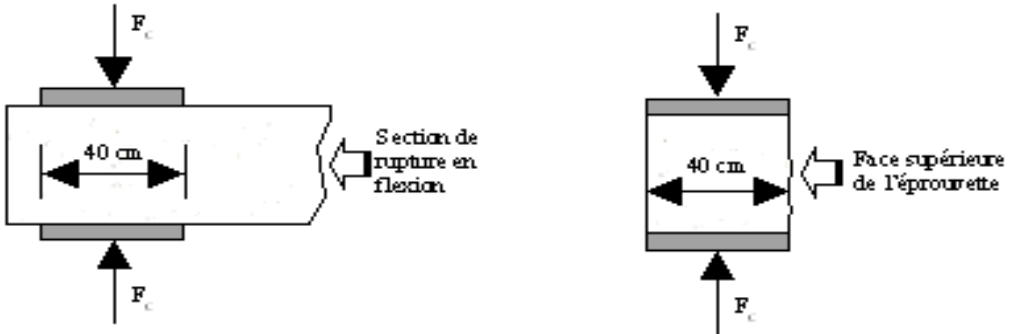


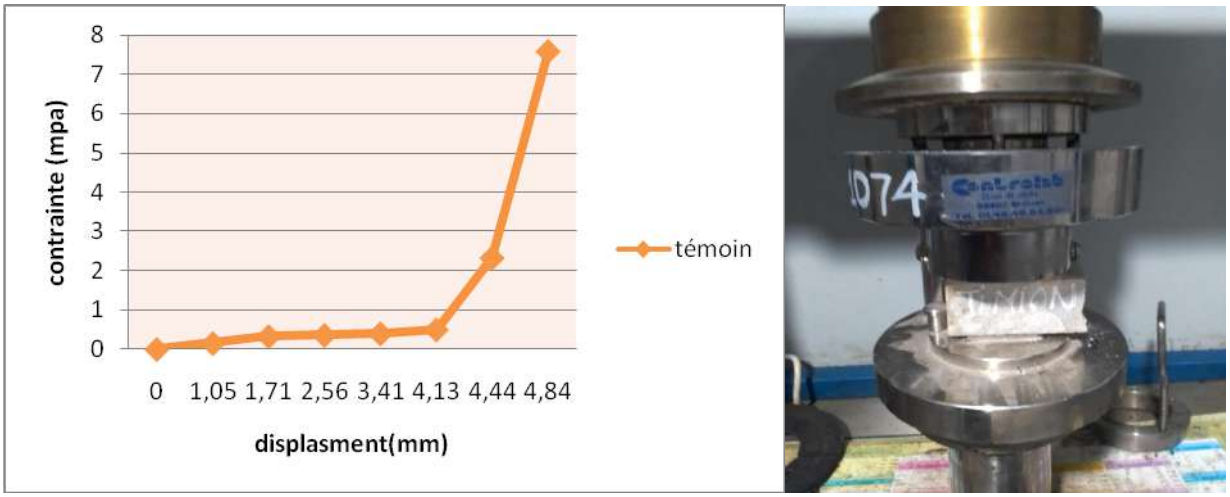
Figure II.23: Dispositif pour l'essai de résistance à la compression. (Michael, 1989).

Cette contrainte est appelée résistance à la compression et, si FC est exprimée en newton, cette résistance exprimée en MPa vaut :

$$Rc = \frac{Fc}{1600}$$



Figure II.24: L'essai de résistance à la compression



[1] [2]

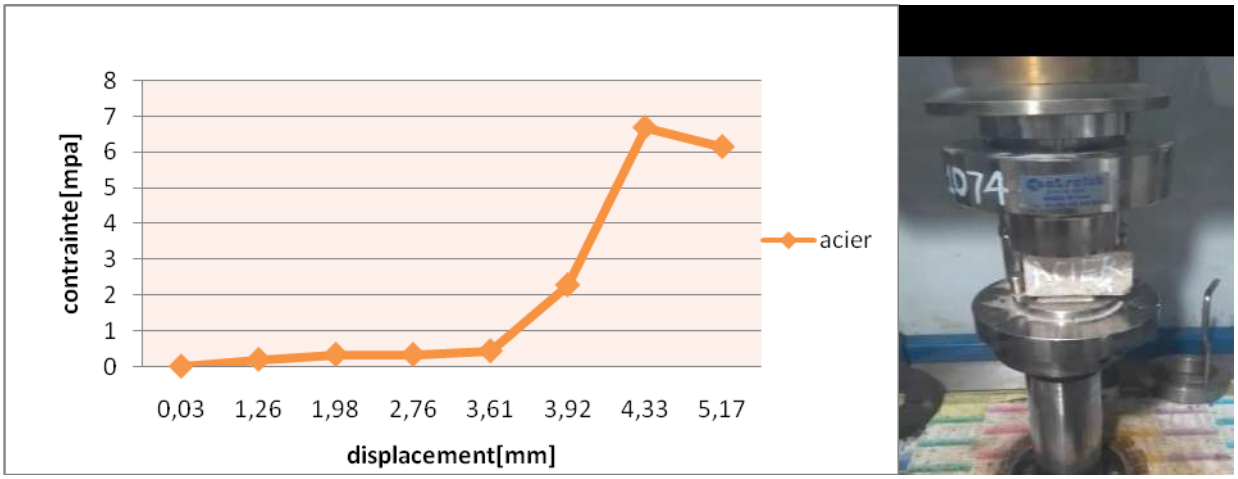
Figure II.25 : Compression de mortier témoin : ([1] courbe de contrainte) [2] : mode de rupture

[70]



***T*ableau II.15 :** caractéristique mécanique mortier témoin

N° d'éprouvette	Force maximale en flexion (kN)	σf (Mpa)	Force maximale en compression (KN)	σc (Mpa)
1	1.21	2.85	8.8	5.51
2	0.76	1.79	8.8	5.50
Moyenne	0.98	2.32	8.8	5.5

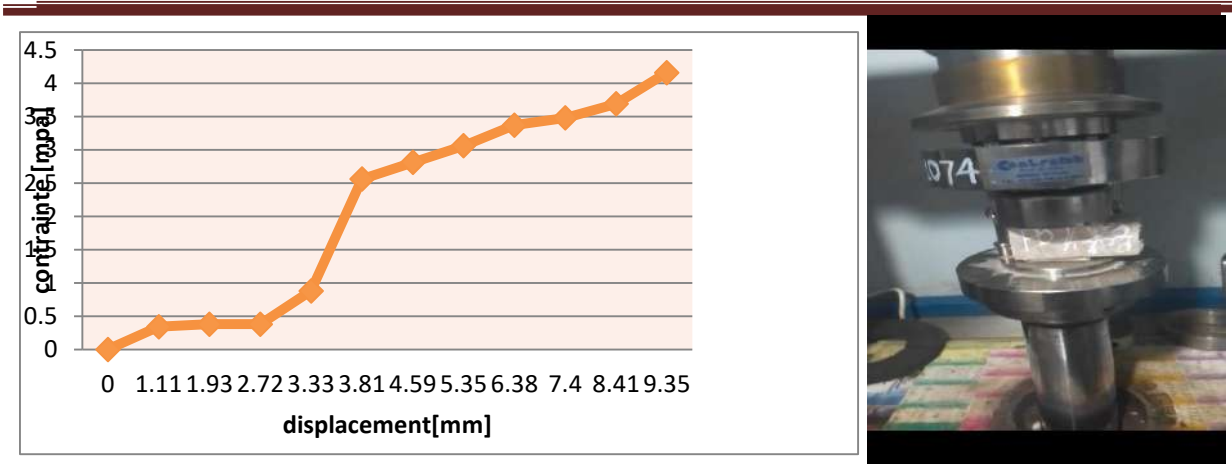


[1] [2]

Figure II.26 Compression de mortier fibré (acier) : ([1] : courbe de contraint) ([2] :mode de rupture)

***T*ableau II.16:** caractéristique mécanique mortier fibré (Acier).

N° d'éprouvette	Force maximale en flexion (N)	σf (Mpa)	Force maximale en compression (KN)	σc (Mpa)
1	1.38	3.25	6.54	4.09
2	1.57	3.70	6.56	4.10
Moyenne	1.47	3.47	6.55	4.09

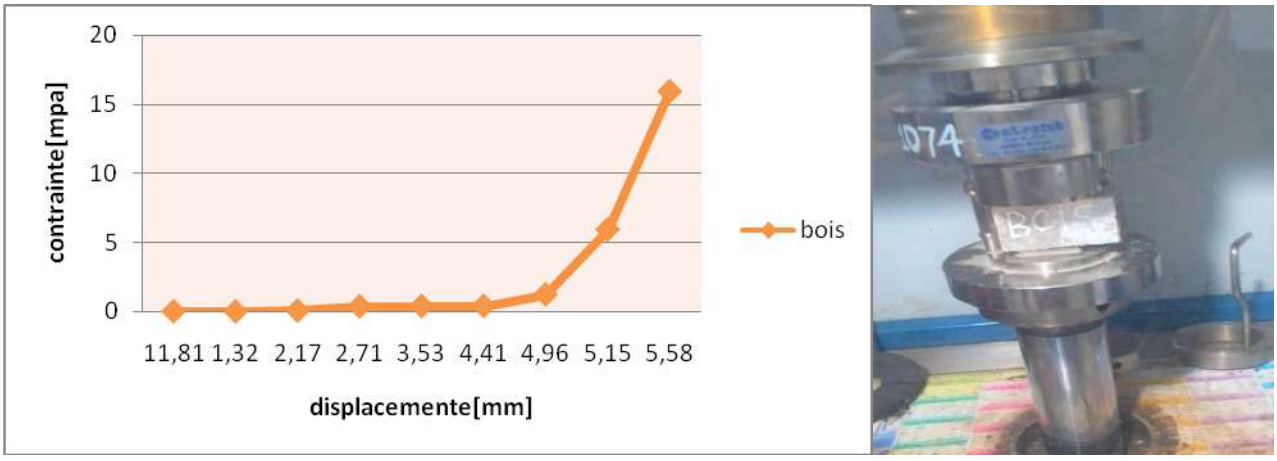


[1] [2]

Figure II.27 : Compression de mortier fibré (mélange des deux types de fibre) : [1] courbe de Contrainte-déformation: [2] mode de rupture.

Tableau II.17 : caractéristique mécanique mortier fibré (polypropylène)

N° d'éprouvette	Force maximale en flexion (kN)	σf (Mpa)	Force maximale en compression (KN)	σc (Mpa)
1	**0.51**	**1.20**	**0.048**	**0.03**
2	**0.60**	**1.41**	**0.064**	**0.04**
Moyenne	**0.55**	**1.30**	**0.056**	**4.29**



[1] [2]

Figure II.28 Compression de mortier fibré (de bois) : (1) courbe de Contrainte-déformation: (2) mode de rupture

Tableau II.18 :caractéristique mécanique mortier fibré (de bois).

N° d'éprouvette	**Force maximale en flexion (kN)**	**σf (Mpa)**	**Force maximale en compression (KN)**	**σc (Mpa)**
1	**2.13**	**5.01**	**20.06**	**12.54**
2	**2.26**	**5.30**	**20.00**	**12.50**
Moyenne	**2.19**	**5.15**	**20.03**	**12.52**

Tableau II.19: Résultats expérimentale de la résistance à la traction en flexion et de compression des prismes utilisé dans la construction des murs

Age [jours]	Mortier	Force maximale en flexion (KN) Résistance à la flexion [Mpa]σf (Mpa)	Force en compression (KN) Résistance à la compression [Mpa]σC (Mpa)
7j	Témoin	***1.27***	***3.43***
	MR Acier	***4.83***	***3.63***
	MR Mélange	***5.7***	***0.35***
	MR Bois	***3.86***	***10.81***
28j	Témoin	***2.32***	***7.81***
	MR Acier	***3.47***	***9.37***
	MR Mélange	***2.5***	***4.29***
	MR bois	***5.01***	***15.61***

Remarque :

Le mortier utilisé est un mortier batard est un mortier moins résistant que les mortiers en ciment et celle est due à l'ajoute de la chaux qui a fait chuter les résistances.

Conductivité thermique

La conductivité thermique est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction. Notée λ, elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par une unité de temps sous un gradientde température de 1 degré par mètre. Elle s'exprime en W/m°C. Cette valeur permet de quantifier le pouvoir isolant de chaque matériau. Plus elle est faible, plus le matériau sera isolant. Dans notre cas la conductivité thermiques des différents bétons a été mesurée à l'aide d'un **CT Mètre** conformément la norme **NF EN 993** sur des échantillons de 4*4*16 cm.



(a)CT Mètre



(b) éprouvette témoin



(c)Eprouvette Acier



(d) éprouvette Mélange



(e) éprouvette Bois

(c) Figure II.31: essais de conductivité thermique

Les résultats obtenus sont inscrits dans **Tableau II.19**suivant :

Tableau II.21 Les résultats obtenus dans la conductivité.

	Conductivité thermique(W/m.k)	**Coefficient d'adjustement (%)**	**Température de départ(C°)**	**Variation max température**
Témoin	**1.66**	**0.99**	**32.27**	**2.83**
Mélange	**1.80**	**0.99**	**31.20**	**4.86**
Acier	**2.20**	**0.99**	**30.93**	**3.51**
Bois	**5.61**	**0.87**	**34.31**	**0.77**

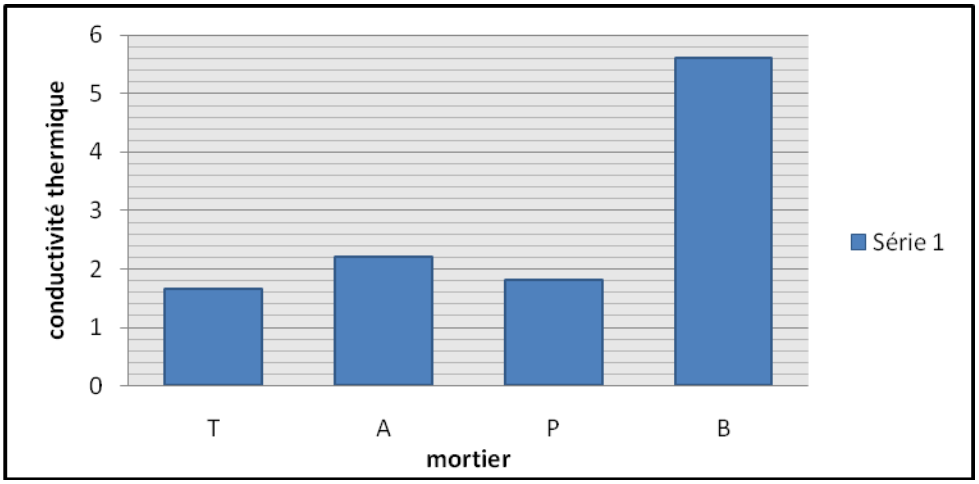


Figure II.32. Conductivité thermique pour chaque type de mortier

Avec : T : Mortier Témoin.

A : Mortier renforcé par des fibres en acier.

P : Mortier renforcé par un mélange des deux fibres.

B : Mortier renforcé par des fibres en Bois.

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté les différentes techniques expérimentales que nous avons utilisées au laboratoire pour la réalisation du programme expérimental de notre recherche qui a été élaboré selon les normes.

Nous avons montré que l'introduction de **2%** fibres d'acier permet un gain de résistance en compression (augmentation environ **13.10%** par rapport au mortier témoin) et un gain en résistance traction par flexion (décroissements environ **7.87%** par rapport au mortier témoin, mais L'introduction de **2%** fibre bois permet un gain de résistance en compression (décroissements environ **45.55%** par rapport au mortier témoin) et un gain en résistance traction par flexion (décroissements environ **36.84%** par rapport au mortier témoin et l'introduction de **2%** fibre (bois+acier)permet un gain de résistance en compression (augmentation en **93.87%** par rapport au mortier témoin) et un gain en résistance traction par flexion (augmentation environ **81.57%** par rapport au mortier témoin Comparativement aux mortiers de référence; les mortiers renforcés par des fibres de bois donnent une résistance mécanique à la compression et flexion plus élevée.

Référence bibliographique

PROGRAMME DES ESSAIS SUR LES MURETS :

II.1. INTRODUCTION :

le but de cette étude est l'amélioration du comportement des murs de maçonnrie en briques perforée par un renforcement avec un couche de ciment renforcé par des matériau composite ,pour cet objectif , des expériencer sur des murs en cisaillement ont été effectuées pour des murs non,renforcer.les murs ont été enduits àl'aide d'une couche de mortiers renforcér par 2% de fibres de polyoropyléne et de fibres en d'acier.et fibres de bois les résultats des teste des trois tupes de spécimens ont été comparés les uns aux autre en termes de relation contrainte-déformation et de résistance au cisaillement

II.2 CONFECTION DES MURS

A. Matériel utilisé

Le materiel utilisé pour la confection des murs est :

- Truelles
- Auge,
- Fil a plomb,
- Niveau
- Taloche.

1. Préparation de murs :

Dans cette étude, 7 échantillons de mues ont été construit avec de brique perforé de dimensions de 220x105x55 mm, Quatre spécimen sont été considérés pour chaque type de mortier de plâtre utilisé, le renforcement sont mis en œuvre dans deux formes : renforcement au niveaux du joint et le renforcement sous forme une couche d'enduit applique sur le mure, Les spécimens renforcés ont été enduits à l'aide d'une couche de 1.5cm de mortier fibré par les trois types de fibre (bois, acier et mélange entre les deux type de fibre).



Figure II.1. Préparation de mure (1.1.5).

2. Cure et stockage des murs

Après confection, les murs seront stockés pour une durée de 28 jours.



Figure II.2 : Cure et stockage des murs

a-2)Façonnage :

Pour mettre en œuvre un enduit, il faut tout d'abord brosser les murs pour enlever toutes les poussières pouvant nuire à l'adhérence de la couche de mortier fibré.





Mur M-Témoin



Mur M- Mix(bois+acier)



Mur M-acier



Mur M- bois



Figure II.3 : murs en brique perforé.

Référence bibliographique

III.1. LES MURETS :

Les résultats obtenus nous ont conduits à tracer les différentes courbes concernant l'évolution des con-traintes de cisaillement en fonction des déplacements, Tous les résultats sur les murets en brique perforé renforcé et non renforcé sont présentés ci-dessus.

III.1.1. Comportement de murs témoins (non renforcés):

Les deux murs témoins ont été testés. La rupture du mur T1 ; T2 présente une fissuration diagonale tra-versant les joints verticaux de mortier. (Figure.III.1)

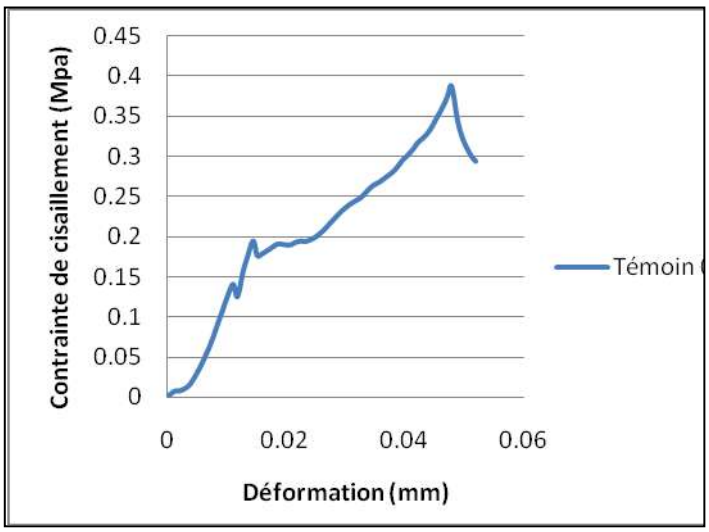




Figure III.1: Essai de Compression diagonale et le mode de rupture de mur témoin sans renforce-ment (Témoin) en brique perforé

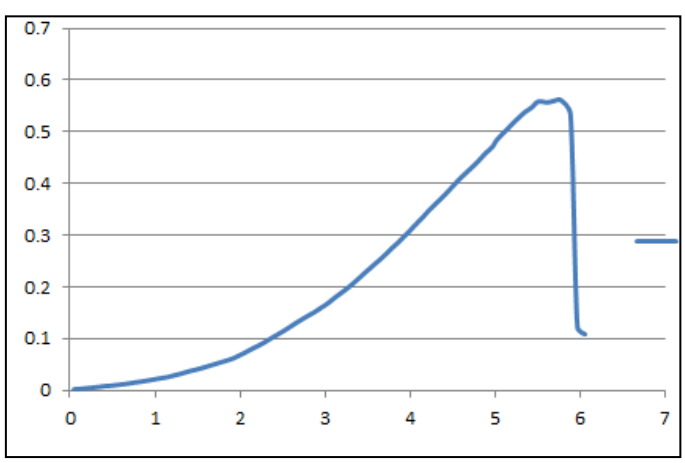




Figure III.2: Essai de Compression diagonale et le mode de rupture de mur témoin sans crépissage

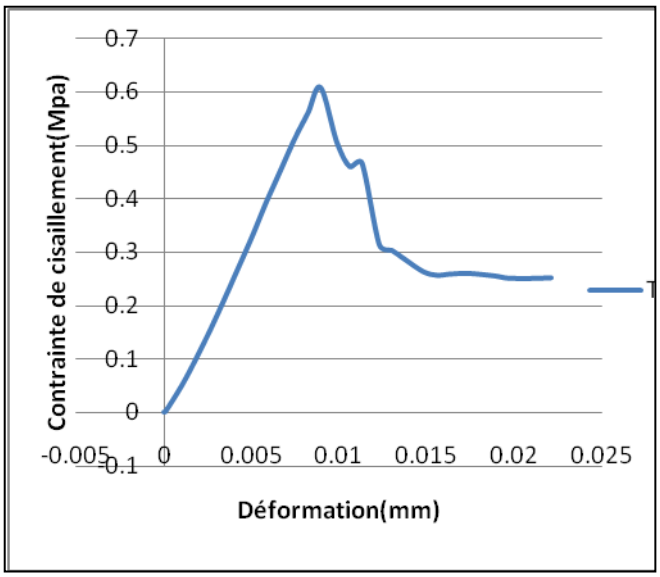




Figure III.3: Essai de cisaillement sur un muret renforcé par mortier mélange mix (fibre bois +fibre acier) en brique perforé

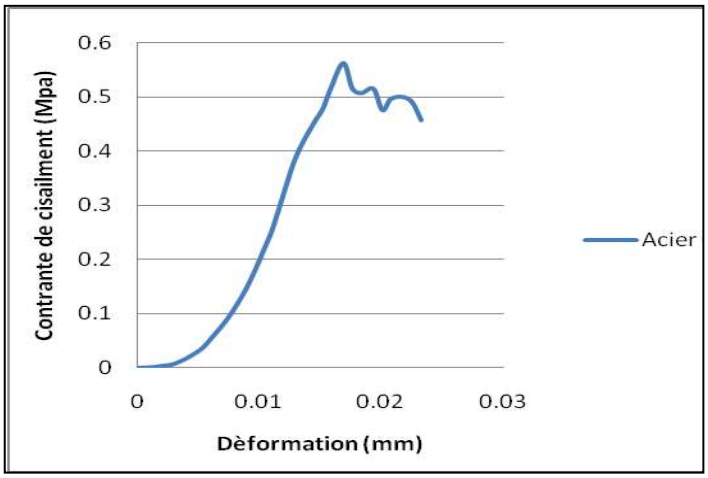




Figure III.4: Essai de cisaillement sur un muret renforcé par mortier Acier en brique perforé



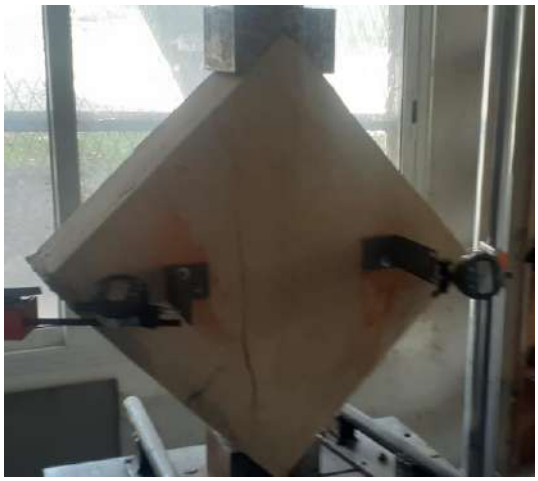


Figure III.5: Essai de cisaillement sur un muret renforcé par mortier bois

Commentaire :

Le comportement mécanique observé sur les différents murets à une résistance au cisaillement maximal de 1.30 MPa correspondant à une force maximale de 73.4 KN

Les courbes de déformation relatifs en fonction de la contrainte de cisaillement montrent également des différences importantes sur la valeur de la contrainte limite de rupture. ,nous pouvons distinguer un type de fissure sur les deux murets . La rupture des murs T1 et T2 présentent une fissuration diagonale traversant les joints verticaux de mortier. (Figure.III.1 et Figure.III.2)

Les courbes de déformation relatifs en fonction de la contrainte de cisaillement Figure III.4. Montrent également des différences importantes sur la valeur de la contrainte limite de rupture. nous pouvons distinguer les mêmes types de fissure sur les deux murets. (figures III.3).

Les résultats font également apparaître un comportement ductile du muret renforcé par une couche de mortier fibré par les fibres en acier ainsi que par la sciure de bois. La présence de fibres ductiles dans la matrice modifie considérablement le comportement fragile en limitant le phénomène de propagation rapide et instable de la rupture. Leur présence rend la propagation de la fissure plus lente et progressive avec l'accroissement de la charge. Les valeurs du module de cisaillement élastique du muret fibré et non fibré sont comparées dans la figure III.**.** On peut noter que le module de cisaillement élastique augmente dans les murets renforcés par mortier fibré.

Conclusion

Le but de cette étude est l'amélioration du comportement des murs de maçonnerie en briques perforée par un renforcement avec un couche de ciment renforcé par des matériau composite, Pour cet objectif, des expériences sur des murets en cisaillement ont été effectuées pour des murets non renforcer et renforcées. Les murs ont été enduits à l'aide d'une couche de mortiers renforcés par 2 % de fibres en acier, fibre en bois et un mélange des deux types de fibre. Les résultats des tests des deux types de spécimens ont été comparés les uns aux autres en termes de relation contrainte-déformation et de résistance au cisaillement.

Les mortiers renforcés augmentent considérablement la rigidité des murets. On pense que l'augmentation observée chez les rigidités initiales dans les applications de mortier renforcé sont grâce à une bonne surface d'adhérence entre la surface de la murette et le mortier renforcé. Grâce à l'application de mortier renforcé, la capacité de déformation des échantillons augmente. Le renforcement ne se sont pas complètement décollés de la surface muret et créé un effet de couverture et augmente la capacité de déformation des murets. Ainsi, la rupture de l'échantillon a été empêchés et un comportement ductile a été obtenu. La résistance la plus élevée a été observée dans les muret renforcé par une couche de mortier fibré par le mélange des deux types de fibres, puis dans le muret renforcé par les fibres en acier.

Les annexes

Référence bibliographique

(1)-HOUTI F.B**.,** «Comportement des structures en maçonnerie sous sollicitation uniaxiale», Mémoire de Magister, 2002, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie, 93 p. **(2)**GERTIN Y., «Comportement sismique d'un mur en maçonnerie armée entièrement remplide coulis», Mémoire de Maîtrise et Sciences Appliquées, 2014, Université Sherbrooke,
Québec, Canada, 159 p.

(3) ASTM C 270-84 ≪ standard test method of mortar for unit masonry≫.

(4) CF. Annexe 1 **:**Mimoire Mr. RAMDANI Abdelhamid(Influence Des Additions Fillers

Calcaires Sur Le Comportement Des Murs En Maçonnerie Sous Chargement De Compression Et De Cisaillement)

(5).[BAC(1985)] BACKES, H.-P.:"On the behavior of masonry under tension in the direction of ²the bed joints"; (in German). Dissertation, Aachen University
of Technology, Aachen, Germany, 1985.

(6)[PAR(2013)] F. Parisi, I. Iovinella, A. Balsamo, N. Augenti, A. Prota: "In-plane behaviour of tuff masonry strengthened with inorganic matrix–grid composites"; Composites: Part B 45 pp 1657–1666, 2013.

(7).[HOF(1986)] Hofmann P, Stockl S.: "Tests on the shear-bond behavior in the bed-joints of masonry"; Masonry Int;9:1–15, 1986.

(8).[PLU(1993)] R.V.D. Pluijm: "Shear behavior of bed joints", in: Proc. 6th North American Masonry Conf., eds. A.A.Hamid and H.G. Harris, Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, USA, p. 125-136, 1993.

(9).[OLI(2008)] Olivier R, Wastiels J, Belkassem B,Tysmans T, Cuypers H. Processing technique to impregnate glass fiber mats for textile reinforced cementitious composites. In: International conference on textile composites Texcomp 9 conference proceedings, Delaware, USA, October 2008. In press.

(10).[ADB(2006)] L. Abdou, R. Ami Saada, F. Meftah, A. Mebarki: "Experimental

investigations of the joint-mortar behavior"; Mechanics Research Communications 33 PP 370–384, 2006.

(11).[VAS(2005)] Graça de Fátima Moreira de Vasconcelos, « Experimental investigations on the mechanics of stone masonry: Characterization of granites and
behavior of ancient masonry shear walls", thèse 2005

(12).[FOU(2006)] Fazia FOUCHAL : "Contribution à la modélisation numérique des interfaces dans

les structures maçonnées" ; thèse soutenue le 8 décembre 2006, Université de Reims Champagne-Ardenne.

(13).[LUC(2011)] Bibiana Luccioni, Viviana C. Rougier: "In-plane retrofitting of masonry

panels with fibre reinforced composite materials"; Construction and Building Materials 25 pp1772–1788, 2011.

(14).[LOU(2004)] Paulo B. Lourenc¸o, J. Pina-Henriques : "Validation of analytical and

continuum numerical methods for estimating the compressive strength of masonry";

Computers and Structures 84 pp 1977–1989, 2004.

(15)[GAB(2002)] Aron Gabor : "Contribution à la caractérisation et à la modélisation des

maçonneries non-renforcées et renforcées par matériaux composites" ; thèse soutenue le 17 avril 2002.

(16)[FOU(2006)] Fazia FOUCHAL : "Contribution à la modélisation numérique des interfaces dans les structures maçonnées" ; thèse soutenue le 8 décembre 2006, Université de Reims Champagne-Ardenne

(17)[MOH(2006)] A.G. Mohammed: "experimental comparison of brickwork behavior atprototype and model scales"; thèse soutenue 2006.

(18)[ZIM(2011)] Thomas Zimmermann and Alfred Strauss, "Variation of shear strength of masonry with different mortar properties", Eleventh NAMC Minneapolis,

mn USA, juin 5-8- 2011

(19)[ALE(2013)] Valerio Alecci, Mario Fagone, Tommaso Rotunno, Mario De Stefano,

« Shear strength of brick masonry walls assembled with different types of mortar", Construction and Building Materials 40 pp 1038–1045, 2013.

(20)[LOU(1996)] P. Lourenço : "Computational strategies for masonry structures"; thèsesoutenue 1996.

(21) ANAND C.S. (1985**)** « Shear stress in composite masonry walls », Poc. Cong. 85,Chicago 7.

(22) CGS1 92. Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique,

" Recommandations techniques pour la réparation et le renforcement des ouvrages", premiersemestre 1992

(23) Karbhari V.M., Zhao L., Use of composites for 21st century civil infrastructure,Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 185, p. 433-454, 2000

(24) CSA-S304.1 Design of masonry structures. Canadian Standards Association.ISBN 1-55397-402-6.H.B, 2004

(25). Khalifa A., Gold W., Nanni A., Abdel Aziz M.I., Contribution of externally bondedFRP to shear capacity of flexural members, Vol.2, No.4, p. 195-203, 1998.

(26). Khalifa A., Gold W., Nanni A., Abdel Aziz M.I., Contribution of externally bondedFRP to shear capacity of flexural members, Vol.2, No.4, p. 195-203, 1998.

(27). Willis CR., Yang Q., Seracino R., Griffith MC., Bond behaviour of FRP-to-clay brickmasonry joints. Eng Struct 2009;31(11):2580–2587.

(28). Kalali A., Kabir M.Z., Experimental response of double-wythe masonry panels strengthened with glass fiber reinforced polymers subjected to diagonal compression tests, Engineering Structures, 39 p.24–37, 2012.

(29) Mosallam A., Banerjee S., Enhancement in in-plane shear capacity of unreinforcedmasonry (URM) walls strengthened with fiber reinforced polymer composites Composites, 42, p.1657–1670, 2011.

(30) Santa-Maria H., Duarte G., Duarte A., Garib A., Experimental Investigation of masonry panels externally strengthened with CFRP laminates and fabric subjected toin-plane shear load, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada, No. 1627, August 1-6, 2004.

(31). Valluzzi M.R., Tinazzi D., Modena C., Shear behavior of masonry panels strengthened by FRP laminates, Construction and Building Materials, 16 p.409–416,2002.

(32) Ortlepp R., Lorenz A., Curbach M., Column Strengthening with TRC: Influences ofthe Column Geometry onto the Confinement Effect,Advances in Materials Science and Engineering, Article ID 493097, 5 pages, 2009.

(33). Brückner A., Ortlepp R., Curbach M., Textile reinforced concrete for strengthening inbending and Shear, Materials and Structures, 39:p. 741–748, 2006.

(34). Schladitz F., Curbach M., Torsion tests on textile-reinforced concrete strengthenedSpecimens, Materials and Structures,45: p.31–40, 2012.

LISTE DES NORMES UTILISE

- ASTM C 270-84 ≪ standard test method of mortar for unit masonry≫

- ASTM C 469-83 ≪ standard test method of static modulus of elasticity and poison's ratio ofconcrete in compression≫.

- RILEM. LUMB1-Compressive strength of small walls and prisms. Technical

Report, RILEM; 1994.-) RILEM. LUMB5-Short-term shear test for the interface between the masonry unit and mortar or moisture-insulating interlayer. Technical Report, RILEM; 1994.

-RILEM. LUMB6-Diagonal tensile strength tests of small wall specimens.

-[NA 2607], Normes Algérienne : « Granulats - Analyse granulométrique par tamisage »,

1990.

-[NF P 18-412], 1981, << Essais pour béton frais .partie 6 : masse volumique >>.

-[XP P18-598], Norme françaises : Granulats équivalent de sable (indice de classement

P18-3938), Octobre 1991.

-[NF P 18-404], Normes AFNOR : « Essais pour béton durci - Partie 1 : Forme,

dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules », Décembre 1989.

-[NF EN 1052-3], Avril 2003 Méthodes d'essai de la maçonnerie - Partie 3 : détermination de la résistance initiale au cisaillement.

-[NF EN 196-3], "Méthodes d'essais – partie 3 : détermination du temps de prise et de stabilité"1996,13

Construction

Notice technique
Edition 02/2010
Numéro 2.42
Version n°2010.051
SIKAFIBRE ANTIFISSURE

SIKAFIBRE ANTIFISSURE

Fibres polypropylènes pour micro-bétons et bétons.

CE

Présentation

Les SIKAFIBRE ANTIFISSURE sont constituées de fibres monofilaments en polypropylène spécialement traité pour faciliter leur dispersion. Elles se présentent en sacs pulpables prédosés pour 1 m^3 de béton ou de micro-béton.

Domaines d'application

- Dalles et Dallages
- Eléments préfabriqués
- Eléments de voirie (chaussée, trottoirs, rampes d'accès)
- Chape en micro-béton
- Pistes d'aéroport

Caractères généraux

Les fibres se dispersent très facilement dans les bétons et mortiers et créent un réseau fibré haute densité qui a pour conséquence :

- l'amélioration de la cohésion à l'état frais,
- la limitation du faïençage et des fissurations dues au retrait plastique,
- l'augmentation de la résistance aux chocs,
- une meilleure imperméabilité à l'état durci,
- une réduction des risques de ségrégation et de ressuage.

Les SIKAFIBRE ANTIFISSURE ne modifient pas le temps de prise.

Nota : les fibres polypropylènes n'assurent pas un renforcement structural du béton. Elles s'opposent aux effets du retrait plastique et peuvent se substituer pour cette fonction au treillis antifissuration.

Caractéristiques

Coloris	Blanches
Conditionnement	Carton de 40 sacs pulpables de 600 grammes.
Stockage	Conserver à l'abri de l'humidité
Conservation	1 an dans son emballage intact

Données techniques

Densité	0,91
Nature	Polypropylène avec agent de surface
Longueur	12 mm
Diamètre	34 µm
Nombre de fibres	68 millions de fibres 12 mm par sacs de 600 g

Sika®

Construction

Température de fusion	165°C

Caractéristiques

Dosage 1 sac de 600 g par mètre cube de béton ou micro-béton

Mise en oeuvre

- Ajouter directement le sac pulpable dans le malaxeur sur le micro-béton ou béton déjà mélangé.
- Malaxer à nouveau pour dissoudre le sac et obtenir une bonne répartition des fibres (1 à 2 minutes).

Attention : Ne jamais ajouter les fibres directement dans l'eau de gâchage.

Précautions d'emploi

Manipulation non dangereuse
Consulter la fiche de données de sécurité.

Mentions légales

Produit réservé à un usage strictement professionnel.
Nos produits bénéficient d'une assurance de responsabilité civile.
«Les informations sur la présente notice, et en particulier les recommandations relatives à l'application et à l'utilisation finale des produits SIKA, sont fournies en toute bonne foi et se fondent sur la connaissance et l'expérience que la Société SIKA a acquises à ce jour de ses produits lorsqu'ils ont été convenablement stockés, manipulés et appliqués dans des conditions normales. En pratique, les différences entre matériaux, substrats et conditions spécifiques sur site sont telles que ces informations ou toute recommandation écrite ou conseil donné n'impliquent aucune garantie de qualité marchande autre que la garantie légale contre les vices cachés. Notre responsabilité ne saurait d'aucune manière être engagée dans l'hypothèse d'une application non conforme à nos renseignements. Les droits de propriété détenus par des tiers doivent impérativement être respectés. Toutes les commandes sont acceptées sous réserve de nos Conditions de Vente et de Livraison en vigueur. Les utilisateurs doivent impérativement consulter la version la plus récente de la fiche technique correspondant au produit concerné, qui leur sera remise sur demande.»

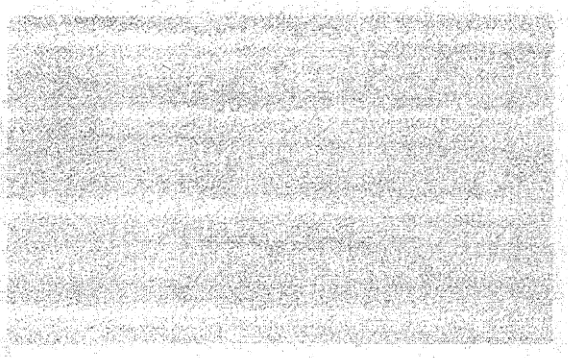
Sika El Djazair
08 route de l'Arbaa, 16111 Eucalyptus
Alger/ ALGERIE
Web : dza.sika.com

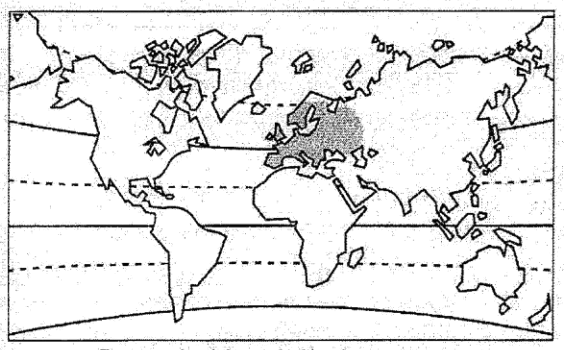
Tel.: 213 (0) 21 50 21 84
213 (0) 21 50 16 92 à 95
Fax: 213 (0) 21 50 22 08

Sapin

Nom français : Sapin

Nom latin : *Abies pectinata* D.C. - *Abies alba* Miller





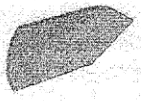
Europe, Amérique du Nord

Marché

Disponibilité : importante

Prix : modéré

Description du bois



Aubier : non distinct

Bois parfait : blanc mat à rosé pâle, nettement veiné de bois final

Fil : droit

Grain : fin à moyen selon la vitesse de croissance

Propriétés physiques

Masse volumique moyenne à 12 % (kg/m^3) :	450
Stabilité en service : moyennement stable	
Retrait linéaire total **tangentiel** :	9,3 %
Retrait linéaire total **radial** :	4,2 %
Retrait volumique :	13,5 %

Caractéristiques mécaniques

Contrainte de rupture de **compression** axiale (MPa) :	46
Contrainte de rupture de **traction** axiale (MPa) :	86
Contrainte de rupture de **flexion** parallèle (MPa) :	68
Module d'élasticité longitudinal en flexion (MPa) :	12 200
Résistance aux chocs (Nm/cm^2) :	5,0
Dureté Brinell parallèle aux fibres (N/mm^2) :	31
Dureté Brinell perpendiculaire aux fibres (N/mm^2) :	14
Dureté Monnin (mm^{-1}) :	1,5

Préservation

Champignons : faiblement durable

Capricornes : sensible

Vrillettes : sensible

Termites : sensible

Imprégnabilité du bois parfait : moyennement à peu imprégnable

Imprégnabilité de l'aubier : moyennement imprégnable (variable)

Mise en œuvre et façonnage

Séchage : très rapide - facile

Sciage : très facile, mais parfois arrachement des fibres

Abrasivité : minime

Profilage : sans difficulté particulière

Collage : très facile avec tous les types de colles

Finition : moyenne, quelques difficultés au ponçage fin

Observations particulières

Pas de canaux résinifères • souvent confondu avec l'épicéa

Principaux emplois

Menuiserie intérieure • moulure • charpente • lambris • emballage

NOTICE TECHNIQUE

T 1 0 1

MEDAFLOW 145

Conforme à la norme NF EN 934-2 :TAB 1 ,TAB 3.1
ET TAB 3.2 NA 774

Super plastifiant – Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

Le **MEDAFLOW 145** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la nouvelle génération d'adjuvants. Il est conçu à base de poly carboxylates d'éther modifiés et son utilisation dans le béton permet l'obtention d'un long maintien d'ouvrabilité.
Le **MEDAFLOW 145** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.
En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la quantité d'eau de gâchage du béton d'une façon remarquable.
Le **MEDAFLOW 145** ne présente pas d'effet retardateur.

CARACTERISTIQUES

- Forme .....Liquide
- Couleur .....brai clair
- pH ..... 5 – 6
- Densité..... 1.065 ± 0,015
- Teneur en chlore..... < 1g/L
- Extrait sec.....30±1.5%

PROPRIETES ET EFFETS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 145** permet :
Sur béton frais :

- l'obtention d'un E/C très bas
- Béton plastiques à fluides
- une très bonne maniabilité
- un long maintien de l'ouvrabilité
- de faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

- bonne résistances initiale et finales .
- de diminuer la porosité
- bel aspect de parement au décoffrage
- de diminuer le retrait

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - nivelant
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons avec ferraillage dense

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :
0,3 à 2,0 % du poids de ciment soit 0.33 à 1.8 litre pour 100 Kg de ciment.
Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 145** est introduit dans l'eau de gâchage.
Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 60% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.
Il est recommandé de réaliser des essais dans les conditions de chantier afin de déterminer le dosage fournissant les résultats recherchés.
Par temps chaud, le **MEDAFLOW 145** peut être combiné à un retardataire de prise **MEDARETARD GR** .

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAFLOW 145** est conditionné en bidons de 10 l et fûts de 210 et 240 kg.et cubitainer 1100 kg
Délai de conservation :
12 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).

Précaution d'emploi:
Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur notre site web : www.granitex.dz

Les renseignements donnés dans cette fiche sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.

Granitex [91]
Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger
Tél : (213) 021 51 66 81 & 82
Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23
www.granitex.dz - E-mail: granitex@granitex.dz