

Dynamique des structures

Abdellatif MEGNOUNIF

e-mail: abdellatif_megnounif@yahoo.fr

Chap. 18E

RPA 2024

**Prescriptions de dimensionnement
et dispositions constructives des
structures en maçonnerie chaînée**

1. Introduction

2003, 2024

Idem

- ✓ En zone sismique, seules les constructions en **maçonnerie porteuse chaînée** sont permises.
- ✓ Les RPA ne traite pas la maçonnerie **porteuse armée**
- ✓ La maçonnerie **porteuse ordinaire (non chaînée, non armé)** n'est pas autorisée en zone sismique
- ✓ Appartiennent au groupe d'usage 2
- ✓ Appliquer RPA avec les autres DTR (DTR C2. 45 règles de conception et de calcul des maçonneries et DTR E 2.4 Travaux de maçonnerie de petits éléments)

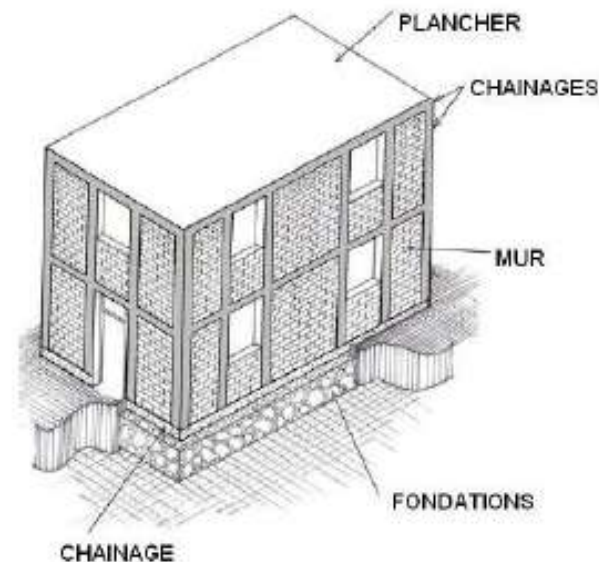
- ✓ Murs en maçonnerie + chaînages en BA, horizontalement et verticalement sur les 04 côtés du mur.

Chaînages horizontaux au niveau

- ✓ Fondations,
- ✓ chaque plancher,
- ✓ Des toitures

Chaînages verticaux au niveau

- ✓ Tous les angles saillants ou rentrants de la construction,
- ✓ Aux jonctions de murs,
- ✓ Autour des grandes ouvertures



Maçonnerie chaînée avec planchers en BA

2. Matériaux

2003, 2024

Utilisés

Idem

- ✓ Moellons de pierre
- ✓ Pierres de taille
- ✓ Briques et bloc de terre cuite
- ✓ Blocs en béton (plein ou creux)
- ✓ Briques silico-calcaires
- ✓ Blocs de terre stabilisée (BTS)
- ✓ Blocs en béton cellulaire autoclave
- ✓ Mortier
- ✓ Armatures métalliques
- ✓ béton

Fiche technique des caractéristiques physiques et mécaniques établie par le fournisseur

Spécifications

- ✓ Pour les blocs de pierre, à défaut, la résistance à la compression sera la valeur admise en fonction de la roche d'origine
- ✓ Détermination expérimentale des résistances à la compression des briques et blocs manufacturés. Résistance minimale en compression exigée 5 MPa
- ✓ Mortiers seront à base de ciment ou ciment-chaux hydraulique. Résistance minimale à la compression 5 Mpa
- ✓ Armatures celles du BA et sont définies par les normes y afférentes. Utiliser la limite d'élasticité « fe ».
- ✓ Eléments en BA du système structural, résistance minimale à la compression 15 MPa

3. Conception

Idem

- ✓ Présenter une configuration aussi régulière que possible
- ✓ Rapport longueur/largeur $\leq 3,5$
- ✓ Murs disposés de manière aussi symétrique que possible
- ✓ Murs doivent être continus sur toute la hauteur du bâtiment
- ✓ Les ouvertures (portes et fenêtres) placées sur la même verticale
- ✓ Chainages horizontaux à chaque étage placés à des distances verticales ≤ 4.0 m
- ✓ Chainages verticaux espacés ≤ 5.0 m
- ✓ Une densité minimale des murs est nécessaire pour assurer une bonne performance vis-à-vis des sollicitations sismiques. (**Défini par l'index de densité des murs (d%)**).

Dimensions en plan

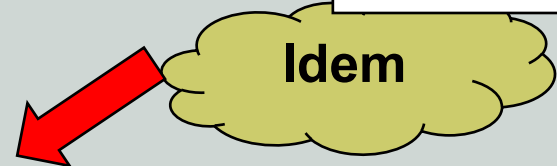
Long/larg
 $\leq 3,5$

Hauteur et Nbe d'étages

H, n
Limité à

	Zones I et II	Zone IIa-III	Zones III-IV et V	Zone VI
Hauteur H(m)	17	14	11	8
Nbr d'étage (n)	5	4	3	2

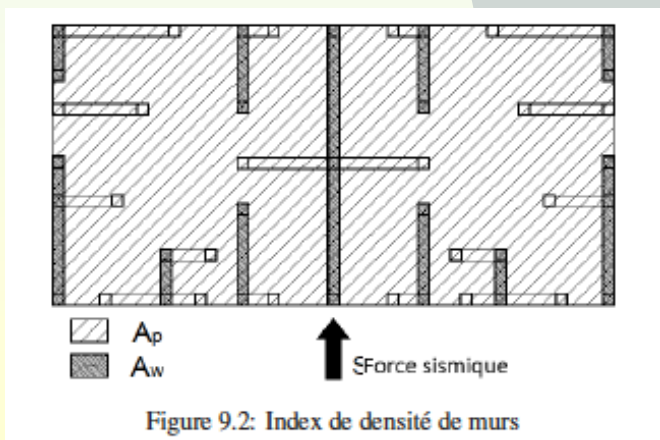
iii. Répartition et densité des murs



- ✓ Les murs porteurs doivent être solidement liés (chainages) aux planchers rigides
Il y a les murs structuraux de contreventement pour les charges verticales et latérales.
Épaisseur ≥ 20cm
Les murs non structuraux (cloisons) pour le cloisonnement
- ✓ La densité des murs, pour chaque direction, est quantifiée par un index « d » en fonction de la zone.
 $d = \frac{A_w}{A_p}$ (A_w : aire horizontale totale de tous les murs porteurs dans une direction et A_p : surface du plancher)

Distance maximale entre murs porteurs

	Zone I et II	Zone IIa III	Zones IIb et III IV, V et VI
Distance (m)	10	8	6



Nombre de niveaux	Zone Sismique et Sites						
	I et II	III		IV et V		VI	
	Tout site	S1 et S2	S3 et S4	S1 et S2	S3 et S4	S1 et S2	S3 et S4
Briques pleines, blocs de béton pleins, moellons							
1-2	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
3	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	NA	NA
4	3.0	3.5	4.0	NA	NA	NA	NA
5	4.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Briques creuses, blocs de béton creux							
1-2	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
3	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	NA	NA
4	4.0	4.5	5.0	NA	NA	NA	NA
5	5.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Légende: "NA" signifie non admis

Table 9.2: Index de densité des murs, d(%) pour chaque direction du bâtiment

3. Conception

iv. Chainages horizontaux

Chainages horizontaux

- ✓ Doivent régner sur toute l'épaisseur du mur.
- ✓ Peut être ramenés à 2/3 de l'épaisseur du mur pour la réalisation de façades avec éléments de béton non apparents.
- ✓ Doivent avoir une hauteur minimale de 15 cm
- ✓ Armature longitudinale au moins une barre dans chaque angle avec un minimum de 4HA 10 et un espacement de 20 cm.
- ✓ Armature transversale espacée au plus de la hauteur du chainage ou 25 cm.
- ✓ Recouvrement : 40 50Φ en zone I, II et III et IIa et 50 60Φ en zones IIb et III ~~IV, V et VI~~

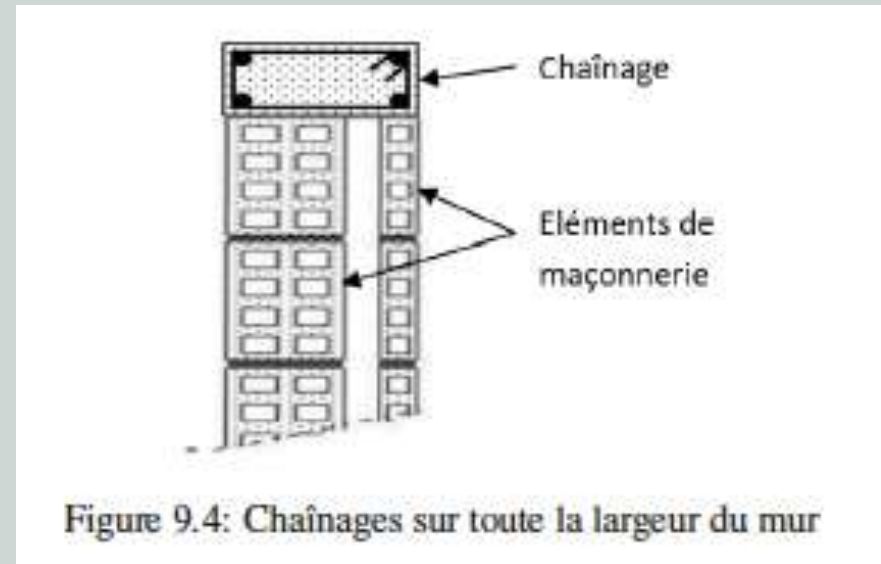
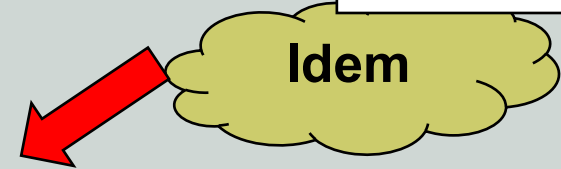


Figure 9.4: Chainages sur toute la largeur du mur

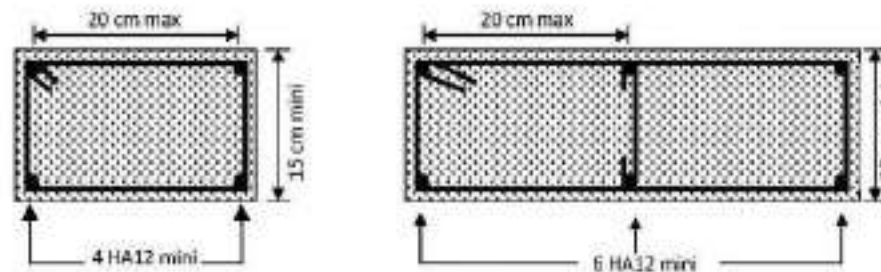


Figure 9.5: Chainage des éléments structuraux

3. Conception

v. Chainages verticaux

2003, 2024

Idem

2024

New

Chainages verticaux

- ✓ Réalisés sur toute la hauteur du mur
- ✓ Section minimale 15 cm x 15 cm
- ✓ Minimum d'armature longitudinale de 4HA 10 et un espacement de 20 cm.
- ✓ Armature transversale espacée au plus de la hauteur du chaînage ou 25 cm.
- ✓ Recouvrement : 40 50Φ en zone I, II et III et IIa et 50 60Φ en zones IIb et III ~~IV, V et VI~~

- ✓ Zones IV, V et VI, l'espacement des cadres est réduit de moitié, sur une longueur pas inférieure à « $h_0/6$ », aux extrémités du chaînage se trouvant à l'extrémité d'un trumeau

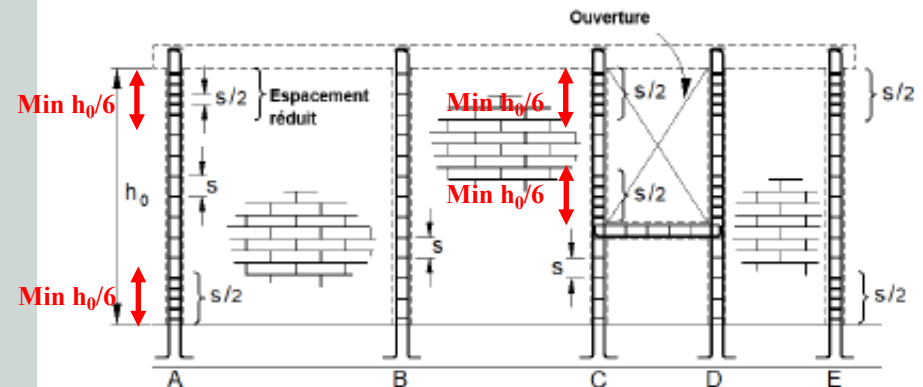


Figure 9.6: Espacement des aciers transversaux

Chainages verticaux sont obligatoirement placés :

- ✓ Aux abords de chaque mur de contreventement
- ✓ Aux abords libres de chaque éléments de mur (y compris éléments secondaires))
- ✓ A l'intérieur des murs, primaires et secondaires, pour que l'espacement entre chaînage ne dépasse pas 5 m.
- ✓ Etriers en HA5 minimum espacés de 15 cm maximum

3. Conception

2003, 2024

vi. Nœuds des chaînages

Nœuds des chaînages

Idem

vii. Planchers

Planchers

- ✓ La continuité et le recouvrement des armatures des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les 03 directions.

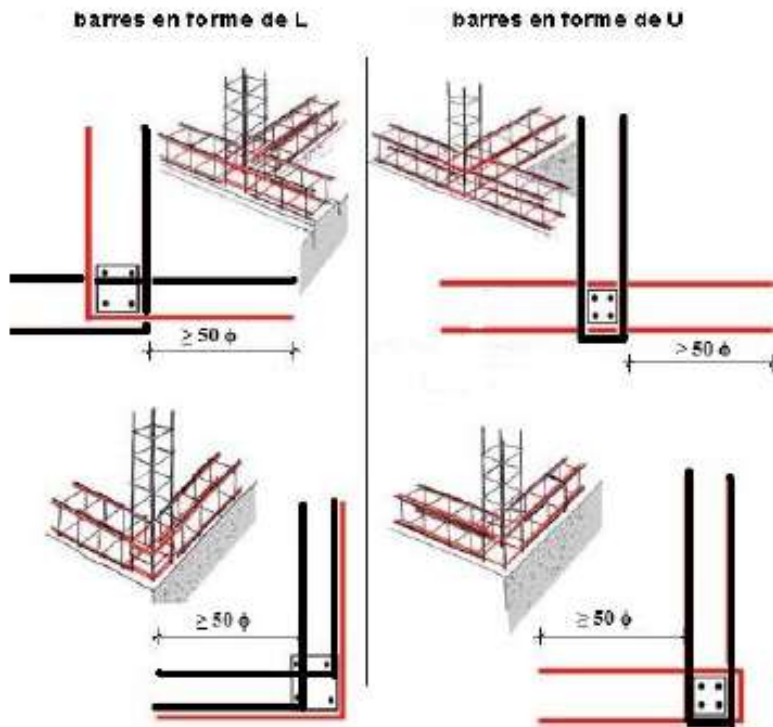


Figure 9.7: Jonction des armatures au croisement des chaînages

Réalisés :

- ✓ Dalle en BA coulé sur place
- ✓ Poutrelles et corps creux avec dalle de compression.
- ✓ Les armatures des poutrelles doivent être convenablement ancrées dans les chaînages horizontaux ou poutre principales
- ✓ Poutrelles en bois ou métallique qui devront s'appuyer sur toute l'épaisseur du mur porteur ou ancrées dans les chaînages.

3. Conception

2003, 2024

viii. Baies et ouvertures

Il faut

Idem

- ✓ La longueur des ouvertures $< 0,50$ longueur du mur.
- ✓ Les niveaux supérieurs des ouvertures doivent être à la même côte.
- ✓ Les prévoir de façon symétrique eu égard à la configuration en plan du bâtiment pour une distribution de rigidité et de résistance uniforme dans les 02 directions.
- ✓ Placées sur le même alignement vertical
- ✓ Placées en dehors des zones d'influence des charges localisées des poutres ou autres éléments porteurs.

New

02 catégories
d'ouvertures

- ✓ Rapport $\leq 10\%$: Petites ouvertures
- ✓ Rapport $> 10\%$: Grandes ouvertures

2003

~~Ouvertures catégories, G,
M et P
En fonction de
l'ouverture (> 2.5) (> 1.5)~~

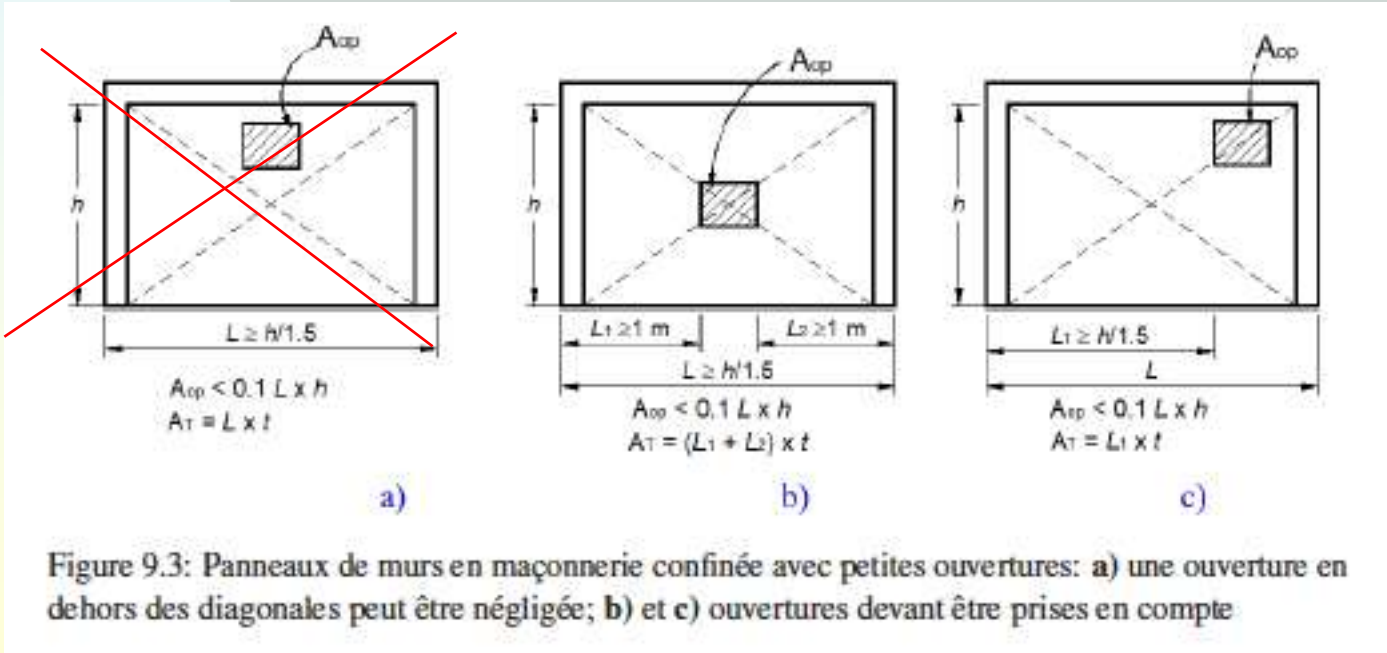
Rapport = surface ouverture / surface du panneau



Petites ouvertures



✓ **Négligées dans les calculs si elles sont situées en dehors des diagonales des efforts de compression et de traction**





02 cas :

✓ Ouvertures non encadrées par des chaînages (mur négligé dans le calcul de la densité).

✓ Ouvertures encadrées par des chaînages horizontaux. Prise en compte des panneaux de part et d'autre de l'ouverture dans le calcul

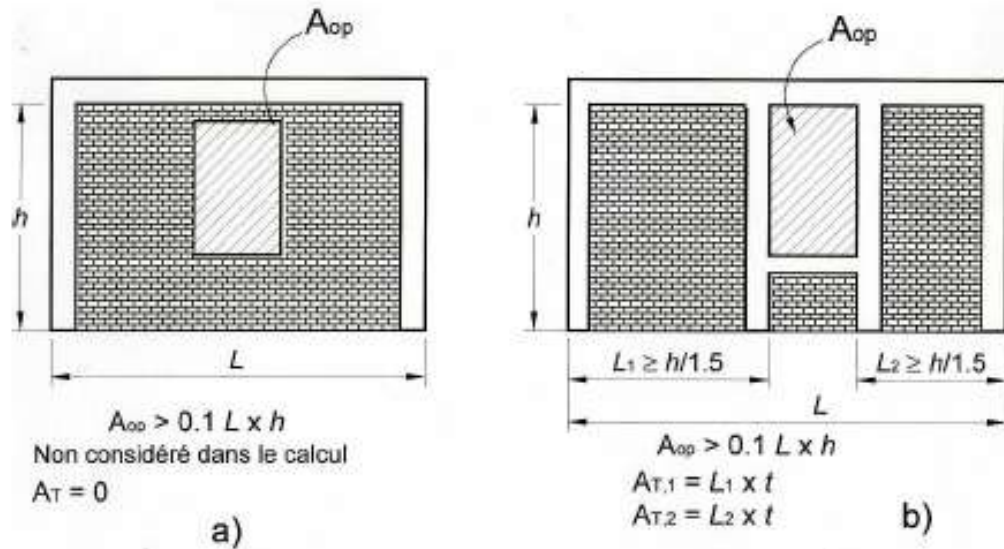


Figure 9.8: Mur en maçonnerie avec grande ouverture: a) panneau non confiné – doit être négligé dans le calcul de la densité de murs ; b) chaînage sur le contour de l'ouverture et les deux panneaux peuvent être considérés dans le calcul de la densité de murs

Grandes ouvertures

New

Prescriptions

Trumeaux

- ✓ Somme des ouvertures. $\sum a_i \geq 0.5 L$
- ✓ Hauteur du bâtiment : $\frac{H}{L} \leq 1.5$

✓ Les trumeaux extrêmes : $a_1, a_4 \geq 1,0 m$ (Qlq soit la zone)

✓ Pour les autres trumeaux :

$a_2, a_3 \geq 1,0 m$ (Zones IIb et III IV, V et VI)

$a_2 \geq \frac{b_1+b_2}{3}$ et $a_3 \geq \frac{b_2+b_3}{3}$ en zones I et IIa II et III

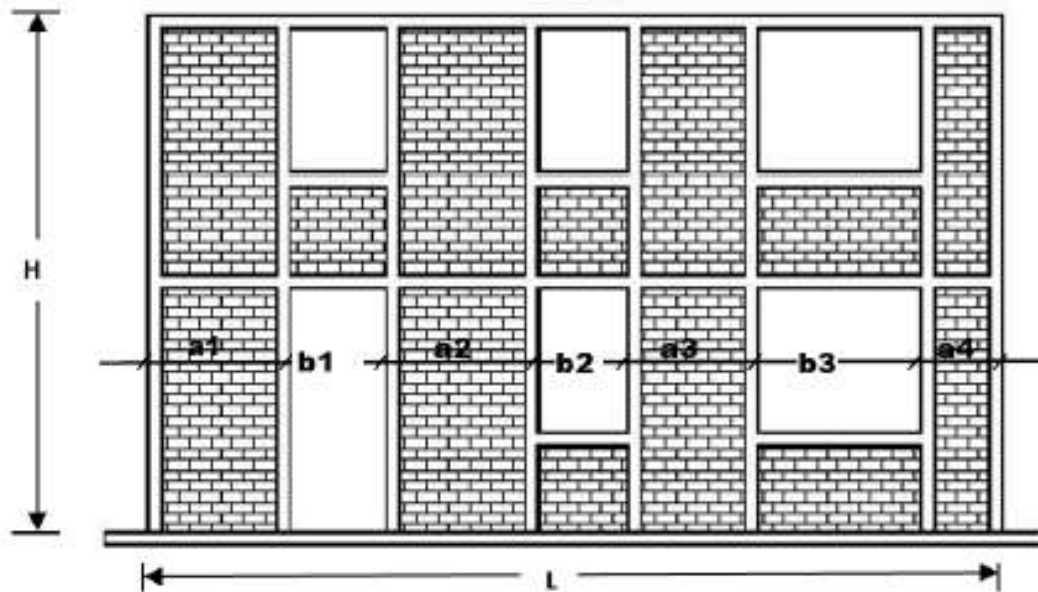


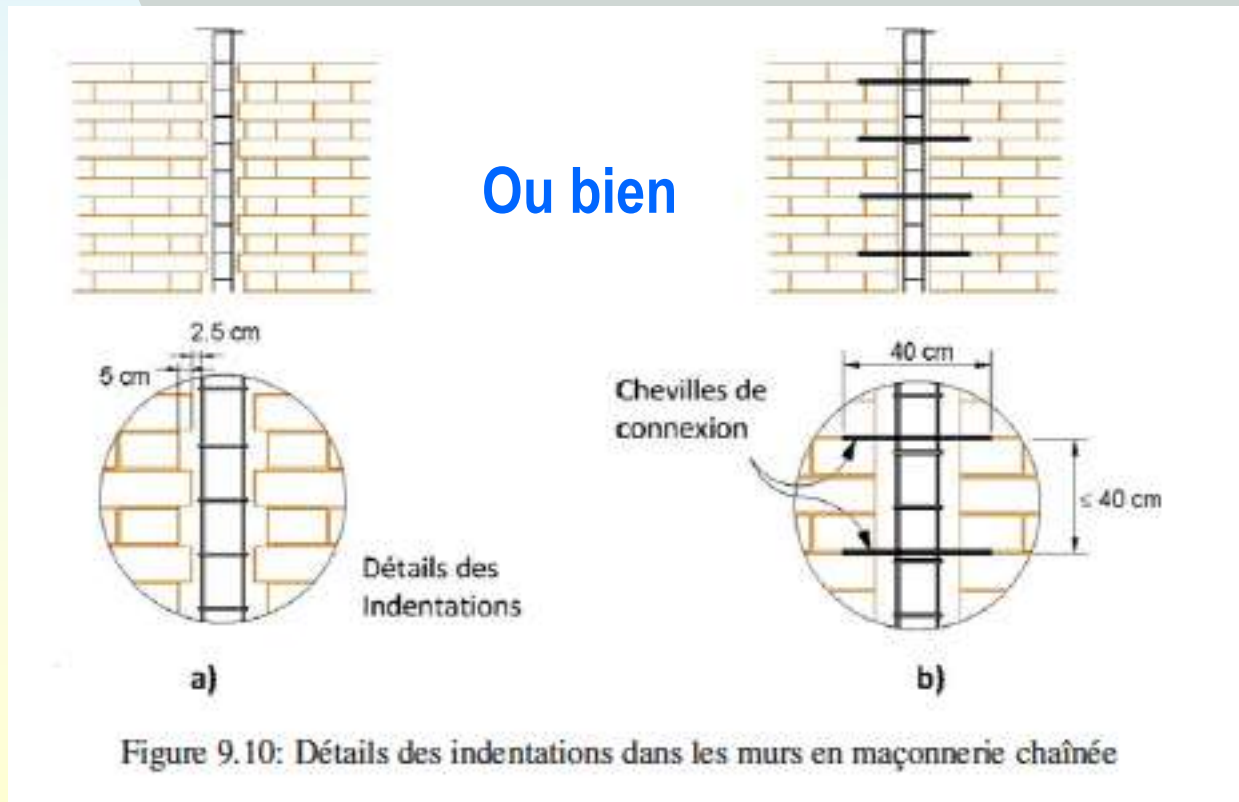
Figure 9.9: Emplacement et dimensions des ouvertures

ix. Interface mur-chainage vertical

Il faut

New

- ✓ Bonne liaison entre le mur et le chainage vertical pour éviter le décollement.
- ✓ Réalisation d'indentations (murs dentelés) à l'interface mur-chainage vertical.
- ✓ Si ce n'est pas possible l'indentation, ajouter des chevilles horizontales ancrées dans le chainage vertical



x. Fondations

Il faut

New

- ✓ Pour maisons individuelles ou bâtiments assimilés ne dépassant pas 02 niveaux.
- ✓ Peuvent être constituées de moellons de pierre (ou béton cyclopéen) surmonté e de longrines en BA ou de semelles filantes en BA

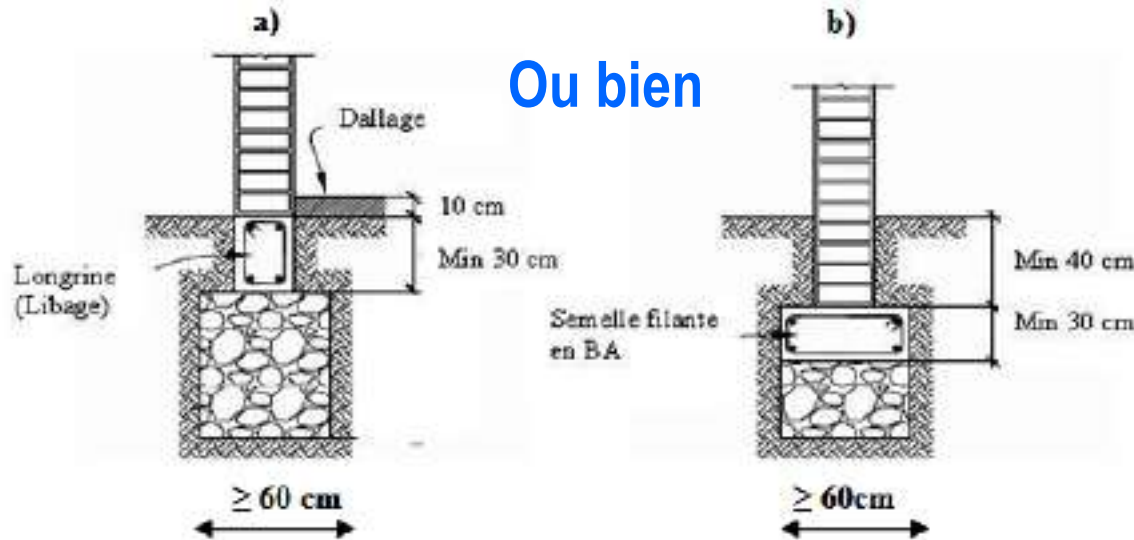


Figure 9.11: Fondations: a) Fondation en maçonnerie de pierres et longrine en BA; b) Semelle filante en BA

4. Calcul et vérification des éléments structuraux principaux

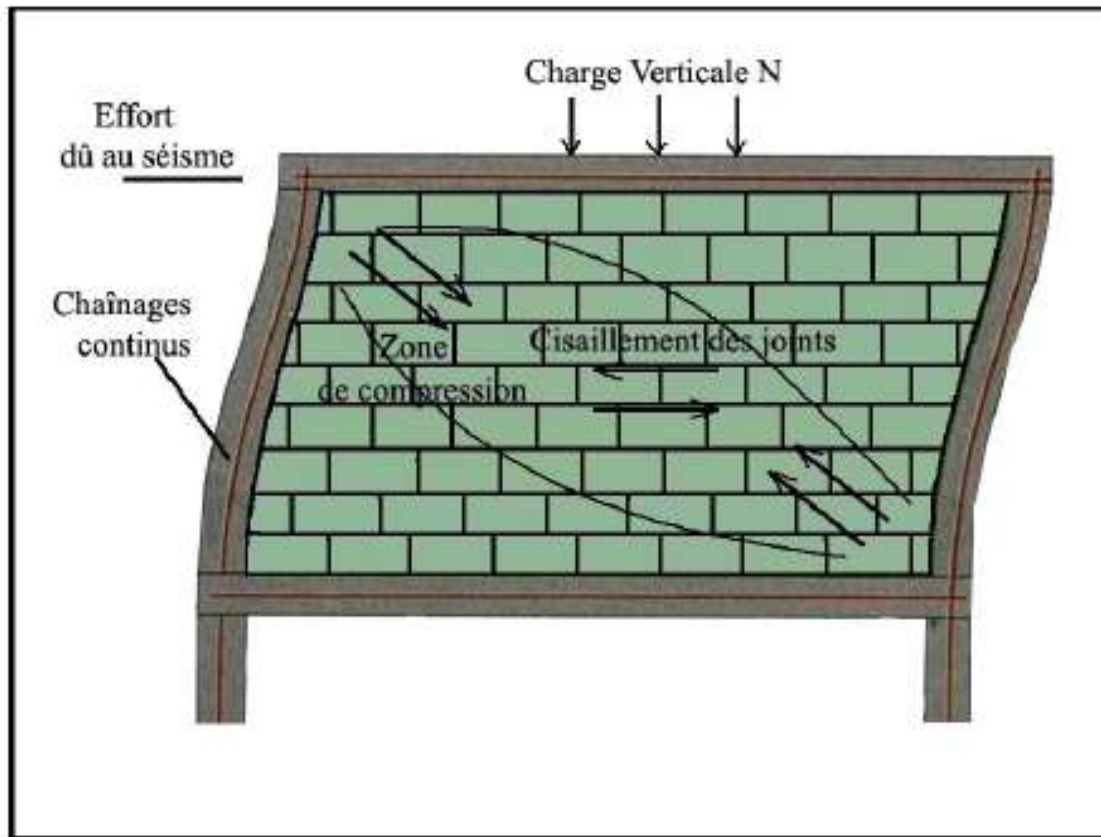
2003, 2024

Idem

Facultatif pour 01 à 02 niveaux ($H_{max} = 4\text{ m}$ à 5 m à 8 m) en toute zone sismique en zones I à III et 02 niveaux ($H_{max} = 7\text{ m}$) en zones I et IIa.

i. Principe de fonctionnement

New



- ✓ **Maçonnerie chaînée:**
Bonne résistance aux actions horizontales
- ✓ **Chainages périphériques :**
reprennent les efforts de traction et de renversement sur le mur (ceinture pour renforcer le liaisonnement interne des éléments de maçonnerie)

Figure 9.12: Principe de fonctionnement d'un panneau de maçonnerie chaînée

4. Calcul et vérification des éléments structuraux principaux

Idem

Prendre $R=2,5$ dans les calculs des sollicitations agissantes

Prendre, pour les sollicitations résistantes, les coefficients de sécurité

- ✓ $\gamma_m = 1,5$ (béton de granulats courants),
- ✓ $\gamma_m = 1,0$ (acier)
- ✓ et pour les autres (blocs et briques) voir tableau

En situation sismique, « γ_m » est pris égal au (2/3) de la valeur prise en situation courante

Valeurs valables pour des élancements géométriques dans le sens vertical < 1.5

	Coef γ_m	
	Chargement centré	Chargement excentré
Briques creuse de terre cuite à joints pleins	3,5	5
Briques creuses de terre cuite à rupture de joint ou joints partiels	4,5	5,5
Briques pleines ou perforées de terre cuite apparentes Blocs slicocalcaires	3,5	4,5
Blocs perforés de terre cuite apparents	3,5	4,5
Blocs pleins ou creux en béton de granulats courants ou légers	3	4
Blocs de béton cellulaire autoclavé	4	5
Pierre de taille	4	5
Pierre en moellons ordinaires	5	6
Blocs BTS et blocs de plâtres	5	6

Principe de calcul de résistance

New

Assimiler l'ensemble (panneau de maçonnerie et chainages en BA) à un système triangulé dont les éléments diagonaux sont des bielles actives répondant :

Si les bielles ont une $1/2 \leq \text{pente} \leq 2$ (cas général) pas de justification du non-glissement au droit des joints.

la largeur des bielles : $w \leq \min\left(\frac{d}{6}; 4t\right)$ (**d**: longueur de la bielle et **t**: épaisseur brute de la maçonnerie)

La contrainte de compression maçonnerie $\sigma_c \leq \frac{R_m}{\gamma_m}$ (**R_m** : résistance caractéristique)

Les armatures des chainages sont calculés selon les règles BA

Merci. Fin du chapitre 18E

Dynamique des structures

Abdellatif MEGNOUNIF

Prochain Cours

Chap. 18F

RPA 2024

**Prescriptions de dimensionnement
et dispositions constructives des
sols et fondations**