

TABLE DE MATIERES

1	Introduction	1
2	Obligations légales	4
3	Calcul	6
3.1	Charges	6
3.2	Matériaux	7
3.2.1	Résistance caractéristique f_k de la maçonnerie sur base d'essais sur brique et mortier	8
	Brique	8
	Mortier	10
	Détermination de f_k	11
3.2.2	Résistance caractéristique f_k de la maçonnerie sur base d'essais sur murs	13
3.2.3	Application d'un facteur de sécurité γ_M sur la maçonnerie: $f_k \rightarrow f_d$	13
3.2.4	Application d'un facteur de réduction ϕ sur la maçonnerie $f_d \rightarrow N_{Rd}$	14
3.3	Exemple de calcul NBN B 24-301	17
4	Exécution	21
4.1	Généralités	21
4.2	Maçonnerie armée	21
4.2.1	Définition	21
4.2.2	Armatures dans les joints horizontaux	21
4.3	Tassements, joints de tassement et joints de dilatation	22
4.4	Utilisation de différents matériaux	24
4.5	Appuis de poutres	24
4.5.1	Poutres perpendiculaires au mur	24
4.5.2	Poutres dans le plan du mur (linteaux)	25
4.6	Déformations importantes	25
4.7	Poussée latérale de la charpente	26
5	Tableaux	27



La maçonnerie portante est souvent considérée comme 'allant de soi', avec pour conséquence que le calcul d'une construction en maçonnerie est rarement détaillé. Pour la plupart des applications jusqu'à 3 à 4 niveaux, cela n'est en effet pas nécessaire. Si le bâtiment est plus haut ou si les charges s'écartent de celles rencontrées normalement, il est alors nécessaire d'analyser la structure plus précisément.

La maçonnerie est principalement sollicitée en compression. Le calcul de la structure porte donc sur la résistance à la compression de la maçonnerie. Un paramètre important qui intervient est l'élancement du mur et ses appuis latéraux. On pressent intuitivement qu'un mur haut sans mur de refend est moins stable qu'un mur bas suffisamment soutenu. Les normes de calcul comprennent des formules qui transposent cette distinction en nombres traduisant clairement ce qui peut ou non être fait.

Un résumé de ces formules est donné, ainsi que quelques exemples de calcul.



Nous sommes dans une période de transition entre la normalisation belge et la normalisation européenne. Chacune donne des règles pour déterminer la capacité portante d'un mur en maçonnerie.

A l'heure actuelle, la norme belge NBN B 24-301 'Conception et calcul des maçonneries' est d'application.

Depuis plusieurs années, on travaille sur les normes européennes de calcul pour la maçonnerie. On parle de l'Eurocode 6, désignant la norme EN 1996.

L'élaboration de la norme européenne de calcul, Eurocode 6, se déroule en différentes étapes:

La première phase a consisté en un projet de norme, la ENV 1996. Ce projet de norme peut actuellement être utilisé par les différents pays mais cela ne constitue pas une obligation. L'objectif d'un projet de norme est d'acquérir de l'expérience avec les règles de conception qui y sont présentes. La ENV 1996 est accompagnée d'un DAN (Document d'Application Nationale). Ce DAN est établi par chaque pays; il définit quelles règles de la ENV 1996 sont d'application dans le pays concerné. Des règles complémentaires peuvent éventuellement être apportées. La ENV 1996 doit être lue simultanément avec son DAN.

La seconde phase a consisté à rassembler les commentaires auxquels la ENV a donné lieu. Ces commentaires sont à considérer pour établir la EN 1996 définitive. La EN 1996 s'accompagne également d'un autre document, le AN (Annexe Nationale). Contrairement au DAN, aucune règle complémentaire à, ou s'écartant de la norme européenne ne peut apparaître dans ce AN. Cette annexe ne fait

que fournir quelques coefficients qui sont laissés libres dans la norme européenne.



La norme EN 1996 ainsi que le projet de norme ENV 1996 sont constitués de différentes parties.

La partie 1-1 est la partie principale et donne les règles générales de calcul pour les constructions en maçonnerie. La partie 1-2 donne les règles de calcul pour les constructions en maçonnerie en cas d'incendie. La partie 2 traite de l'exécution et la partie 3 donne finalement une série de règles simplifiées de calcul. La EN 1996 devrait être finalisée d'ici 2010.

Actuellement, on peut utiliser aussi bien la norme ENV 1996 et son DAN, que la norme B 24-301.

Nous vous conseillons de continuer à concevoir les maçonneries selon les règles connues de la norme belge B 24-301 car c'est cette norme qui a la plus grande portée juridique. Dans ce qui suit, nous considérerons la norme belge.

Une brique doit par ailleurs satisfaire à la norme européenne de produit EN 771-1 '*Spécifications pour éléments de maçonnerie – Partie 1: Briques de terre cuite.*' Celle-ci implique l'introduction d'une nouvelle notion: la résistance moyenne à la compression d'une brique selon la EN 771-1. On verra que la NBN B 24-301 travaille cependant avec la résistance caractéristique à la compression de la brique ...

Pour la détermination des charges sur le bâtiment, on utilise la série de normes NBN B 03 ou les normes européennes déjà disponibles EN 1990 et EN 1991.

3.1 Charges

Les actions F sur la maçonnerie sont déterminées dans les normes de la série B 03 et dans l’Eurocode 1 (norme EN 1991).

Pour le calcul aux états limites ultimes, ces charges sont multipliées par des coefficients de sécurité γ_F , donnés dans la norme NBN B 03-001, en correspondance avec les Eurocodes.

Type de charges	Charges permanentes (poids propre)	Charges d’exploitation (mobilier, personnes, vent...)
γ_F	1,35	1,5

Valeurs de référence pour les actions permanentes (NBN B 03-102):

Type de matériau	Poids
Maçonnerie de briques SB	9 - 14 kN/m ³
Maçonnerie de parement	17 - 21 kN/m ³
Béton armé	25 kN/m ³
Bois	7 kN/m ³
Isolation	0,4 kN/m ³
Toiture en tuiles de terre cuite	0,7 kN/m ²

Pour connaître les valeurs exactes, nous vous renvoyons vers les fabricants.

Valeurs pour les actions variables (NBN B 03-103):

Type de locaux	Charge par unité de surface
Chambres d’hôtel et d’hôpital, pièces de séjour (living, cuisine,...)	2 kN/m ²
Accès et escaliers, salles de cours et auditorios, restaurants, salles communes dans les immeubles de bureaux et les hôpitaux, dortoirs	3 kN/m ²
Locaux commerciaux, salles de lecture, halls de gare, salles publiques avec sièges fixes (théâtre, cinéma,...), balcons, galeries d’art, églises	4 kN/m ²
Salles de danse, salles de réunion ou d’exposition sans siège fixe, tribunes, salles d’exercice et gymnastique	5 kN/m ²

Une information sur les charges au vent est fournie dans la norme NBN B 03-002.

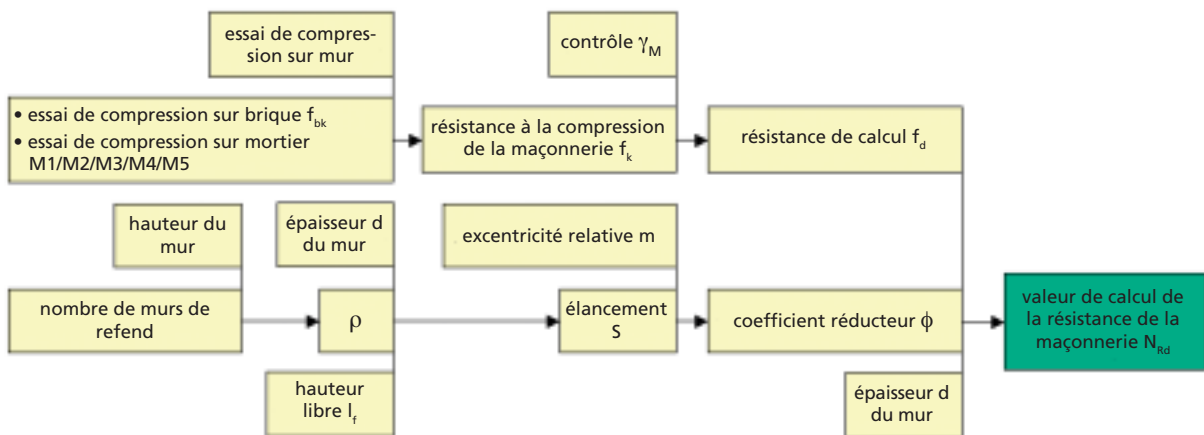
3.2 Matériaux

Une fois les charges déterminées, la résistance de la maçonnerie est calculée avec la norme de calcul NBN B 24-301.

Tout d'abord, on détermine la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie: f_k . Ceci peut s'opérer d'une part par calcul, en utilisant les résistances à la compression de la brique et du mortier, et d'autre part, par essais sur murs de briques.

On applique à ce résultat un facteur de sécurité γ_M pour tenir compte d'imperfections éventuelles du matériau ou d'exécution de la maçonnerie.

Par ailleurs, l'influence de l'élançement du mur et de l'excentricité des charges est chiffrée. Ces conditions conduisent à une réduction de la capacité portante du mur, ce qui se traduit par une multiplication par un coefficient réducteur ϕ .



3.2.1 Résistance caractéristique f_k de la maçonnerie sur base d'essais sur brique et mortier

Brique

Par résistance à la rupture ou résistance à la compression, on entend la compression qui doit être appliquée par mm^2 pour casser le matériau.

La résistance à la compression de la brique est mesurée sur la surface (brute) effective (= $L \times B$) quel que soit le pourcentage de perforations et est exprimée en Newton par mm^2 : N/mm^2 .

Résistance individuelle à la compression

Selon la EN 772-1 'Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie – Partie 1: Détermination de la résistance à la compression', la brique, après rectification de ses surfaces, est placée entre deux plaques et est soumise à une pression croissant de façon régulière, jusqu'à la rupture.

Résistance moyenne à la compression (f_{bm} selon la B 24-301)

Il s'agit de la moyenne des résistances individuelles à la compression mesurées sur un échantillon de plusieurs briques.

Résistance caractéristique à la compression (f_{bk} selon la NBN B 24-301)

Il s'agit de la résistance à la compression qui est atteinte par au moins 95% des briques. Ce calcul se fait généralement à l'aide de statistiques basées sur la distribution normale de Gauss.

Cette résistance caractéristique à la compression f_{bk} peut atteindre pour les briques SB en terre cuite $30 \text{ N}/\text{mm}^2$; ce qui est largement plus élevé que pour la plupart des autres blocs de construction.

La norme européenne de produit EN 771-1 fait appel à une autre valeur pour la résistance à la compression. Lorsque l'Eurocode 6 pour la maçonnerie sera finalisé, on utilisera cette valeur pour le calcul.

Résistance moyenne à la compression selon la EN 771-1

Il s'agit de la moyenne des résistances individuelles à la compression mesurées sur un échantillon de plusieurs briques.

Des exigences complémentaires sont cependant imposées:

- L'essai doit conclure qu'aucune brique ne peut présenter une résistance à la compression inférieure à 80% de la valeur moyenne.
- Pour les briques de la catégorie I (c'est-à-dire les briques pour lesquelles le contrôle en usine fait l'objet d'une vérification complémentaire par une tierce partie), un lot de briques doit atteindre cette résistance moyenne à la compression avec une probabilité de 95 %.

Ces deux limitations dans la norme européenne ont pour objectif de contrôler la dispersion des valeurs individuelles. Cette valeur moyenne apparaîtra d'ici peu sur la marque CE.

Correction sur les dimensions de brique f_{bk} à $(f_{bk})_{corr}$

Pour les briques SB de format haut et étroit, on mesure une résistance à la compression inférieure à celle d'une brique de format petit et large et pourtant de même dureté. Ce phénomène est dû au frottement des plaques métalliques qui exercent la pression, ce qui empêche la dilatation latérale des briques.

Afin de tenir compte de cet effet, la résistance caractéristique à la compression f_{bk} est corrigée par un facteur de forme c

Longueur x Largeur x Hauteur	c
290 x 140 x 90	1,65
290 x 190 x 90	1,73
290 x 140 x 140	1,23
290 x 190 x 140	1,27
290 x 140 x 190	1,04
290 x 190 x 190	1,08
290 x 140 x 240	0,94
290 x 190 x 240	0,97

La valeur corrigée devient: $(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c$

Mortier

La norme belge NBN B 24-301 distingue cinq catégories différentes de mortier (M1, M2, M3, M4 et M5) en fonction de leur résistance moyenne à la compression après 28 jours.

Les mortiers de maçonnerie sont également soumis à la norme européenne de produit EN 998-2 qui définit aussi des catégories. Dans cette norme, le chiffre après la lettre "M" donne la résistance moyenne à la compression du mortier. Cette norme de produit distingue les classes suivantes:

Classe de mortier selon la EN 998-2	Résistance moyenne [N/mm ²]
M1	1
M2,5	2,5
M5	5
M10	10
M15	15
M20	20
Md	d (> 25)

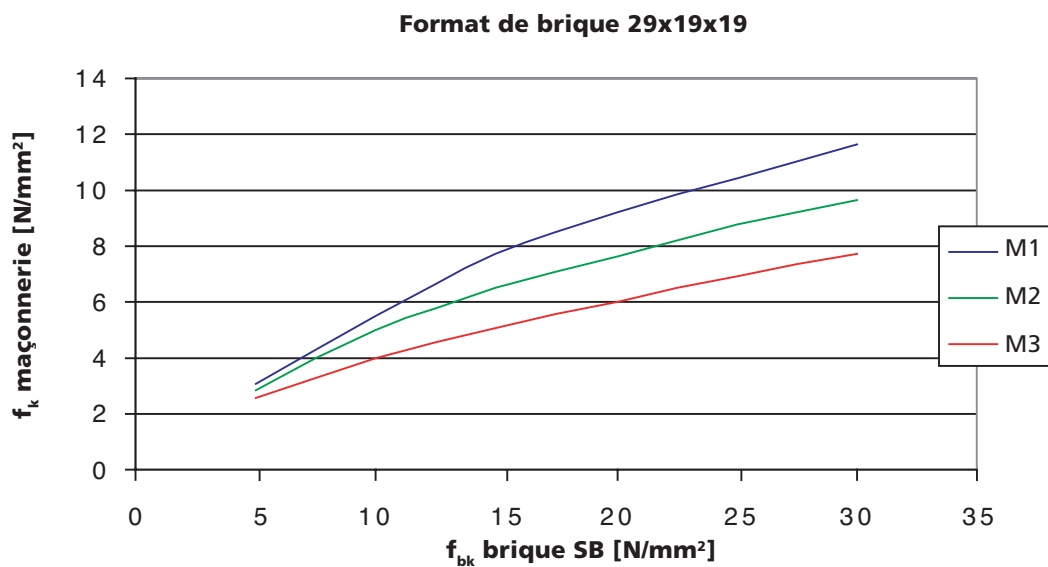
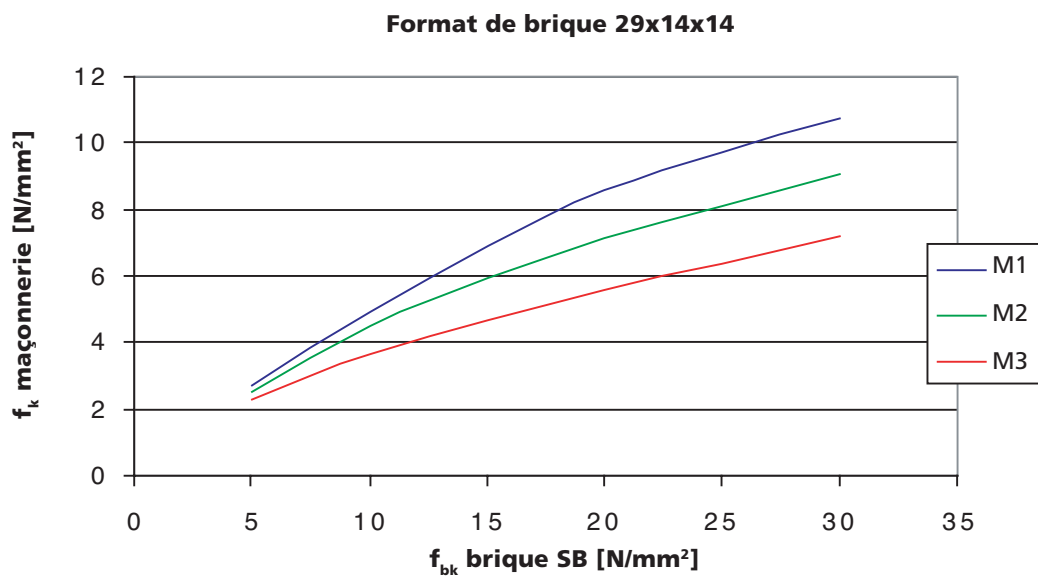
Cette distinction des classes de mortier est reprise dans la ENV 1996:

Classe de mortier selon la NBN B 24-301	Classe de mortier selon la ENV 1996	Résistance moyenne [N/mm ²]
M1	M20	20
M2	M12	12
M3	M8	8
M4	M5	5
M5	M2,5	2,5

Détermination de f_k

La résistance caractéristique à la compression f_k de la maçonnerie est donnée dans le tableau ci-dessous en fonction de la catégorie de mortier et de la résistance caractéristique corrigée des briques SB.

$(f_{bk})_{corr}$ [N/mm ²]	Catégorie de mortier [N/mm ²]				
	M1	M2	M3	M4	M5
	20	12	8	5	2,5
	Valeurs de f_k [N/mm ²]				
≥ 60	17,7	15,5	13,2	-	-
50	16,5	13,8	11,5	-	-
45	15,3	12,8	10,5	-	-
40	14,3	12	10	-	-
35	13,3	11	9	7,7	6,5
30	12,2	10	8	7	6
25	10,9	9,2	7,3	6,2	5,3
20	9,6	8	6,3	5,3	4,5
15	8,2	6,8	5,3	4,5	3,8
10	5,9	5,3	4,2	3,6	3
5	3,3	3,1	2,7	2,5	2,2
2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6



3.2.2 Résistance caractéristique f_k de la maçonnerie sur base d'essais sur murs

La norme prévoit une possibilité alternative qui consiste à réaliser des essais de compression directement sur murs ou murets. Des valeurs plus élevées peuvent en ressortir.

1. Essais de compression sur murs à échelle réelle

L'essai est mené selon la norme belge NBN B 24-212 '*Essais sur maçonnerie – Compression sur mur.*' Au vu des coûts élevés, ces essais ne sont que très rarement réalisés.

2. Essais de compression sur murets avec faible élancement

L'essai est mené selon la norme belge NBN B 24-211 '*Essais sur maçonnerie – Compression sur muret*' ou selon la norme européenne EN 1052-1 '*Essais sur maçonnerie – Partie 1: Détermination de la résistance à la compression.*'

3.2.3 Application d'un facteur de sécurité γ_M sur la maçonnerie: $f_k \rightarrow f_d$

Pour le calcul *aux états limites ultimes*, un coefficient de sécurité est appliqué tant sur les charges que sur la résistance des matériaux.

La valeur de ces facteurs γ_M (états limites ultimes) dépend du degré de contrôle par une tierce partie.

		Catégorie de contrôle		
		En usine et sur chantier	En usine ou sur chantier	Ni en usine ni sur chantier
γ_M		2,5	3,0	3,5

La valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie devient: $f_d = f_k / \gamma_M$

3.2.4 Application d'un facteur de réduction ϕ sur la maçonnerie $f_d \rightarrow N_{Rd}$

Un mur élancé flambera plus rapidement qu'un mur épais. Afin d'en tenir compte, un facteur de réduction a été introduit. La détermination de ce facteur ϕ se fait en 3 étapes.

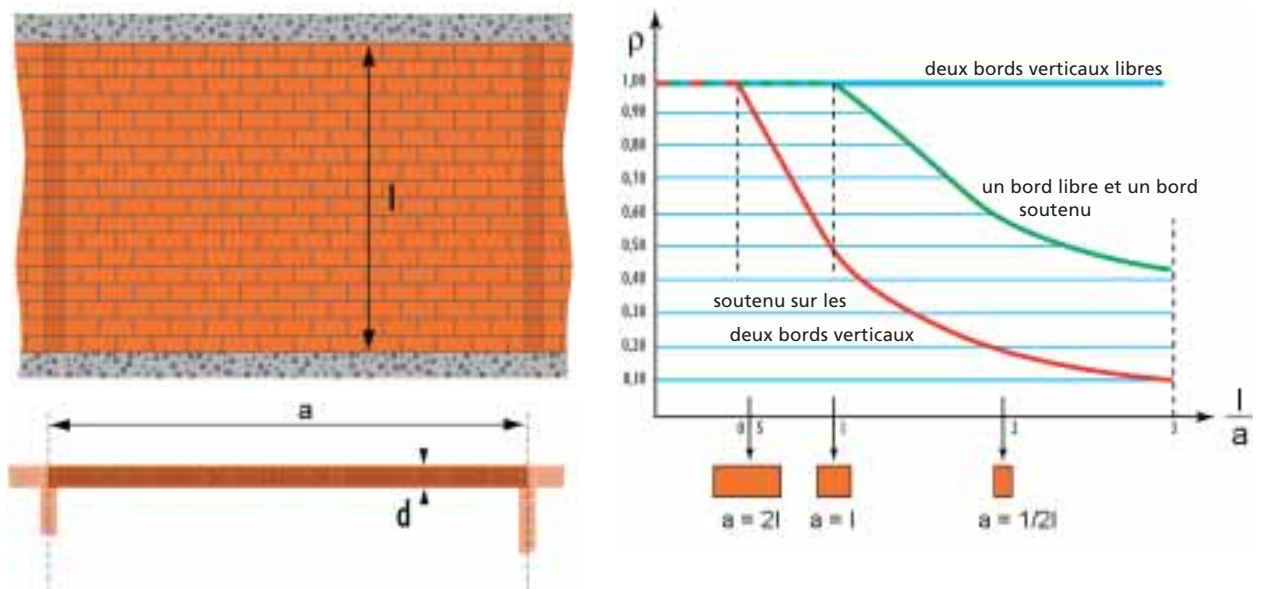
a) Détermination de l'élancement géométrique S

$$S = \rho \frac{l_f}{d}$$

l_f = la hauteur libre l entre planchers pour les appuis articulés, ou $3/4 l$ si l'encastrement est suffisant aux extrémités supérieure et inférieure du mur. Exemple: dalle continue en béton en tête et à la base du mur.

ρ = facteur dépendant des conditions aux bords verticaux (aucun, 1 ou 2 murs de refend) et du rapport hauteur l / longueur a du mur considéré.

Pour les murs porteurs, il faut $S \leq 25$.



b) Détermination de l'excentricité relative m

$$m = \frac{6e}{d}$$

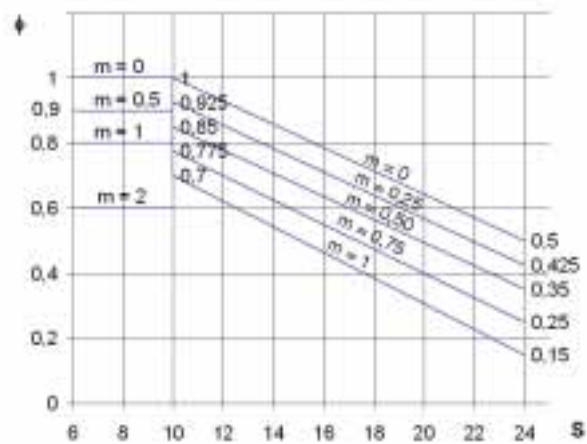
e = l'excentricité des charges à mi-hauteur du mur, selon la NBN B 24-301

d = l'épaisseur du mur

c) Facteur de réduction ϕ

Le facteur de réduction ϕ se lit dans le diagramme ci-dessous en fonction de l'élancement géométrique S et de l'excentricité relative m des charges.

La résistance de la maçonnerie par mètre courant devient: $N_{Rd} = \phi \times f_d \times \text{épaisseur du mur}$



Vous trouverez sur le site internet de la Fédération Belge la Brique un module de calcul: www.brique.be



3.3 Exemple de calcul NBN B 24-301

Calcul de différents murs:

<p>Epaisseur 19 cm Briques SB standards</p> <p>Données: L = 5,00 m, h = 2,80 m Blocs standards $f_{bk} = 15 \text{ N/mm}^2$ Epaisseur 19 cm, (longueur = 29 x hauteur = 19) Mortier M2 (12 N/mm²) Excentricité pression du vent: 5 mm surcharge (dalle): 20 mm Les quatre bords du mur sont appuyés.</p> <p>Calcul: a) Correction sur les dimensions des briques SB: $f_{bk} \rightarrow (f_{bk})_{corr}$ $c = 1,08$ $(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c = 13,9 \text{ N/mm}^2$</p> <p>b) Détermination de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie $(f_{bk})_{corr} \rightarrow f_k$ Du tableau (mortier M2): $f_k = 6,5 \text{ N/mm}^2$</p> <p>c) Application d'un coefficient de sécurité sur la maçonnerie: $f_k \rightarrow f_d$ Contrôle BENOR possible en usine. Pas de contrôle sur chantier. Ce qui conduit à un coefficient de sécurité $\rightarrow \gamma_M = 3$ $f_d = f_k / \gamma_M = 2,2 \text{ N/mm}^2$</p> <p>d) Application d'une réduction ϕ sur la maçonnerie à cause de l'élancement</p> $S = \rho \frac{l_f}{d} = 0,91 \frac{3/4 \times 2,8}{0,19} = 10,06$ <p>e_a = excentricité accidentelle $= l_f / 300 = 7 \text{ mm}$ $e = 0,6 e_{charge} + e_a + e_{vent} = 24 \text{ mm}$</p> $m = \frac{6e}{d} = \frac{6 \times 24}{190} = 0,76$ <p>Du graphique: $\phi = 0,77$</p> <p>e) Résultat $N_{Rd} = \phi \times f_d \times d = 0,77 \times 2,2 \times 0,19 = 316 \text{ kN/m}$</p>	<p>Epaisseur 19 cm Briques SB haute résistance</p> <p>Données: L = 5,00 m, h = 2,80 m Blocs haute résistance $f_{bk} = 30 \text{ N/mm}^2$ Epaisseur 19 cm, (longueur = 29 x hauteur = 19) Mortier M1 (20 N/mm²) Excentricité pression du vent: 5 mm surcharge (dalle): 20 mm Les quatre bords du mur sont appuyés.</p> <p>Calcul: a) Correction sur les dimensions des briques SB: $f_{bk} \rightarrow (f_{bk})_{corr}$ $c = 1,08$ $(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c = 27,9 \text{ N/mm}^2$</p> <p>b) Détermination de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie $(f_{bk})_{corr} \rightarrow f_k$ Du tableau (mortier M1): $f_k = 11,6 \text{ N/mm}^2$</p> <p>c) Application d'un coefficient de sécurité sur la maçonnerie: $f_k \rightarrow f_d$ Contrôle BENOR possible en usine. Pas de contrôle sur chantier. Ce qui conduit à un coefficient de sécurité $\rightarrow \gamma_M = 3$ $f_d = f_k / \gamma_M = 3,9 \text{ N/mm}^2$</p> <p>d) Application d'une réduction ϕ sur la maçonnerie à cause de l'élancement</p> $S = \rho \frac{l_f}{d} = 0,91 \frac{3/4 \times 2,8}{0,19} = 10,06$ <p>e_a = excentricité accidentelle $= l_f / 300 = 7 \text{ mm}$ $e = 0,6 e_{charge} + e_a + e_{vent} = 24 \text{ mm}$</p> $m = \frac{6e}{d} = \frac{6 \times 24}{190} = 0,76$ <p>Du graphique: $\phi = 0,77$</p> <p>e) Résultat $N_{Rd} = \phi \times f_d \times d = 0,77 \times 3,9 \times 0,19 = 568 \text{ kN/m}$</p>	<p>Epaisseur 20 cm Blocs béton cellulaire</p> <p>Données: L = 5,00 m, h = 2,80 m Blocs standards $f_{bk} = 4 \text{ N/mm}^2$ Epaisseur 20 cm, (longueur = 60 x hauteur = 25) Mortier M2 (12 N/mm²) Excentricité pression du vent: 5 mm surcharge (dalle): 20 mm Les quatre bords du mur sont appuyés.</p> <p>Calcul: a) Correction sur les dimensions des blocs: $f_{bk} \rightarrow (f_{bk})_{corr}$ $c = 1,07$ $(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c = 3,7 \text{ N/mm}^2$</p> <p>b) Détermination de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie $(f_{bk})_{corr} \rightarrow f_k$ Du tableau (mortier M2): $f_k = 2,3 \text{ N/mm}^2$</p> <p>c) Application d'un coefficient de sécurité sur la maçonnerie: $f_k \rightarrow f_d$ Contrôle BENOR possible en usine. Pas de contrôle sur chantier. Ce qui conduit à un coefficient de sécurité $\rightarrow \gamma_M = 3$ $f_d = f_k / \gamma_M = 0,8 \text{ N/mm}^2$</p> <p>d) Application d'une réduction ϕ sur la maçonnerie à cause de l'élancement</p> $S = \rho \frac{l_f}{d} = 0,91 \frac{3/4 \times 2,8}{0,20} = 9,55$ <p>e_a = excentricité accidentelle $= l_f / 300 = 7 \text{ mm}$ $e = 0,6 e_{charge} + e_a + e_{vent} = 24 \text{ mm}$</p> $m = \frac{6e}{d} = \frac{6 \times 24}{200} = 0,72$ <p>Du graphique: $\phi = 0,86$</p> <p>e) Résultat $N_{Rd} = \phi \times f_d \times d = 0,86 \times 0,8 \times 0,2 = 134 \text{ kN/m}$</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Un mur en maçonnerie de brique est un élément constructif universel qui peut reprendre des charges très importantes.

Immeuble à appartements de 8 niveaux (rez + 7)

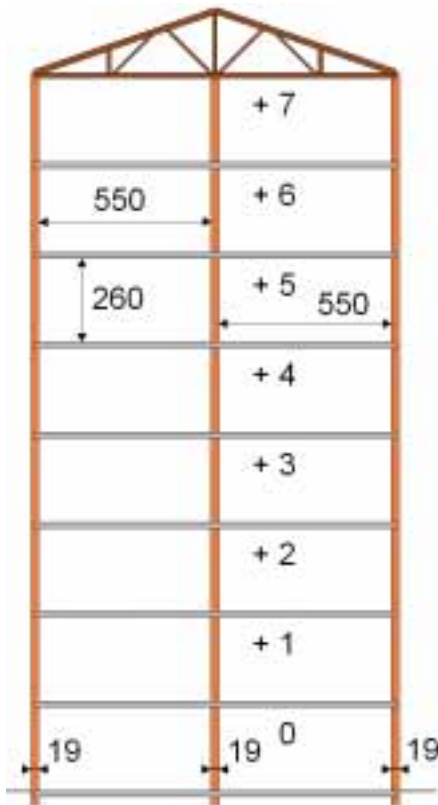
Données

Murs extérieurs en briques SB isolantes de 19 cm d'épaisseur + isolant + briques de parement

Murs intérieurs portants en briques SB de 19 cm d'épaisseur

Dalles de béton de 15 cm épaisseur + chape de 10 cm d'épaisseur

Toiture en pente (charpente en bois)



Calculs

a) Charges

Planchers

dalle + (chape + finition):

$$1,35 \times (3,5 + 2,0) = 7,4 \text{ kN/m}^2$$

Charge d'exploitation sur plancher:

$$1,5 \times 2,0 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Charge totale à considérer pour le plancher:

$$7,4 + 3,0 = 10,4 \text{ kN/m}^2$$

Toiture

$$1,35 \times 1,5 + 1,5 \times 1,0 = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

Murs pleins sans ouverture

$$\text{Mur central: } 1,35 \times 0,19 \times 12 = 3,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Parement: } 1,35 \times (0,14 \times 12 + 0,09 \times 20) = 4,7 \text{ kN/m}^2$$

b) Résistance des murs

mur 19 cm épaisseur avec briques SB standards ($f_{bk} = 15 \text{ N/mm}^2$, M1)

On obtient pour $L = 10 \text{ m}$, $h = 2,6 \text{ m}$; mur appuyé sur les quatre bords; excentricité 20 mm, $\gamma_M = 3$: $N_{Rd} = 398 \text{ kN/m}$

mur 19 cm épaisseur avec briques SB haute résistance ($f_{bk} = 25 \text{ N/mm}^2$, M1)

On obtient pour $L = 10 \text{ m}$, $h = 2,6 \text{ m}$; mur appuyé sur les quatre bords; excentricité 20 mm, $\gamma_M = 3$: $N_{Rd} = 539 \text{ kN/m}$

mur 14 cm épaisseur avec briques SB haute résistance ($f_{bk} = 25 \text{ N/mm}^2$, M1)

On obtient pour $L = 10 \text{ m}$, $h = 2,6 \text{ m}$; mur appuyé sur les quatre bords; excentricité 20 mm, $\gamma_M = 3$:

$$N_{Rd} = 278 \text{ kN/m}$$

mur 14 cm épaisseur avec briques SB standards ($f_{bk} = 15 \text{ N/mm}^2$, M1)

On obtient pour $L = 4 \text{ m}$, $h = 2,6 \text{ m}$; mur appuyé sur les quatre bords; excentricité 20 mm, $\gamma_M = 3$:

$$N_{Rd} = 231 \text{ kN/m}$$

c) Descente de charges

Valeur de calcul intervenant dans la charge au rez:

Mur central:

$$N_{Sd} = 7 \times 5,5 \times 10,4 + 5,5 \times 3,5 + 7 \times 2,85 \times 3,1 = 481,5 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 539 \text{ kN/m}$$

Murs extérieurs:

$$N_{Sd} = 7 \times 5,5/2 \times 10,4 + 5,5/2 \times 3,5 + 7 \times 2,85 \times 4,7 = 303,59 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 398 \text{ kN/m}$$

Valeur de calcul intervenant dans la charge au second étage:

Mur central:

$$N_{Sd} = 5 \times 5,5 \times 10,4 + 5,5 \times 3,5 + 5 \times 2,85 \times 3,1 = 349 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 398 \text{ kN/m}$$

Murs extérieurs:

$$N_{Sd} = 5 \times 5,5/2 \times 10,4 + 5,5/2 \times 3,5 + 5 \times 2,85 \times 4,7 = 220 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 231 \text{ kN/m} \\ < N_{Rd} = 278 \text{ kN/m}$$

d) Conclusion:

Pour les deux niveaux inférieurs du mur central, on utilise des briques SB haute résistance de 19 cm.

Pour les murs extérieurs, on utilise des briques SB isolantes de 19 cm avec une résistance à la compression $f_{bk} > 15 \text{ N/mm}^2$.

A partir du second étage, on peut utiliser pour le mur central des briques SB standards. Pour les murs extérieurs, on peut encore travailler avec des briques SB isolantes, mais on peut utiliser des briques SB de 14 cm. Selon la distance entre murs de refend, on utilise une brique SB standard ou haute résistance.

La brique constitue une solution économique de haute qualité pour la construction de cet immeuble à appartements de huit niveaux.



4.1 Généralités

La maçonnerie de brique fournit un panel de possibilités constructives, à condition toutefois de respecter quelques règles simples.

Les murs porteurs doivent au moins avoir une épaisseur de 14 cm. Cette épaisseur est nécessaire à cause des limitations de l'élançement du mur.

La maçonnerie de briques présente l'avantage que les lignes électriques peuvent facilement être glissées. Il va de soi que seules les saignées verticales sont permises pour ces lignes. En créant une saignée horizontale, on diminuera l'épaisseur du mur.

4.2 Maçonnerie armée

4.2.1 Définition

La maçonnerie armée permet d'augmenter les propriétés mécaniques (traction et cisaillement) de la maçonnerie.



4.2.2 Armatures dans les joints horizontaux

En Belgique, on utilise:

- des armatures rondes pour les joints de mortier
- des armatures plates pour la maçonnerie collée

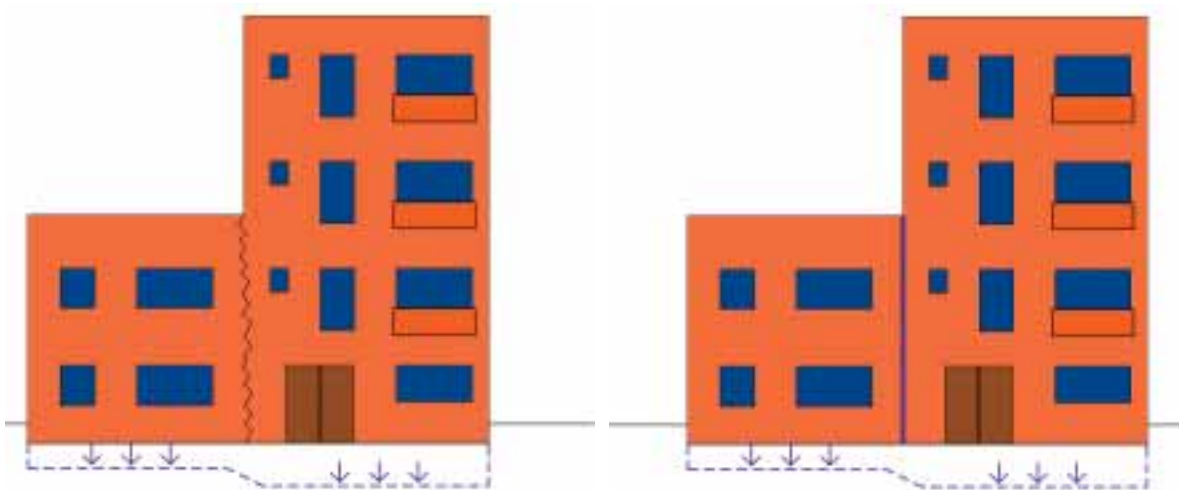
Les armatures sont toujours galvanisées mais peuvent aussi être couvertes d'une couche de protection epoxy ou être en acier inoxydable. Ceci dépend du milieu dans lequel les armatures doivent être placées. Ces armatures se composent de deux barres longitudinales et d'une barre diagonale. Les barres longitudinales sont profilées pour assurer une meilleure adhérence.

Différents essais ont démontré que la maçonnerie pourvue de telles armatures continues présentait une résistance à la compression jusqu'à 20% supérieure à celle d'une maçonnerie dépourvue d'armature. Une telle maçonnerie présente également un moment de rupture supérieur face aux sollicitations latérales.

4.3 Tassements, joints de tassement et joints de dilatation

Lorsqu'un nouveau bâtiment est construit, le sol est soumis à une charge supplémentaire. Il est donc normal que le sol soit quelque peu comprimé et que le bâtiment s'enfonce quelque peu dans le sol: il subit un "tassement". On ne peut dès lors éviter de petites fissures.

Des fissures plus importantes apparaissent inévitablement lors d'un tassement différentiel entre différentes parties d'un bâtiment. Ce tassement différentiel peut être la conséquence d'une charge irrégulière sur le sol (grand bâtiment à côté d'un petit bâtiment, combinaison de différents systèmes de fondations) ou d'une capacité portante irrégulière du sol.



Lorsqu'une telle différence de sollicitation peut se produire, il est recommandé de prévoir un joint de tassement. Ainsi, on remplace une fissuration incontrôlée par un mouvement contrôlé d'un joint prévu à cet effet. Les joints de tassement sont exécutés comme des joints élastiques grâce auxquels la maçonnerie est "divisée" en parties indépendantes.



La maçonnerie armée peut être utilisée pour limiter les conséquences de tassements différentiels.

Il ne faut pas confondre joints de tassement et joints de dilatation. Les joints de dilatation sont, tout comme les joints de tassement, destinés à éviter une fissuration indésirable. Cependant, ces joints servent à compenser dilatation et retrait du matériau. Ces variations volumétriques sont entre autres la conséquence d'une humidité changeante, de variations de température, de prise du ciment, ...

Le tableau ci-après (selon la NBN B 24-401 'Exécution de la maçonnerie') donne la distance maximale (en m) entre deux joints de dilatation successifs, en fonction de l'expansion volumique et de l'épaisseur du mur:

Élément de maçonnerie	Gonflement hygrométrique mm/m	Epaisseur de la maçonnerie	
		d ≤ 140 mm	d > 140 mm
Brique	≤ 0,1	30	30
Béton	≤ 0,4	8	12*
Silico-calcaire	≤ 0,4	8	12*
Béton cellulaire	0,4 < ε ≤ 0,6	6	8*

*Les murs n'ont pas d'ouverture et ne présentent aucune concentration de contrainte; dans le cas contraire, il faut considérer respectivement 8 et 6 m.

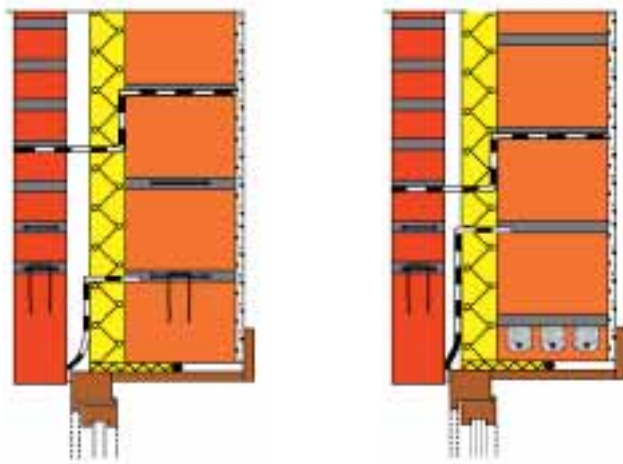
Vu que la maçonnerie de parement est exposée à des conditions climatiques plus rudes que la maçonnerie intérieure, nous conseillons une valeur plus basse pour la feuille extérieure de murs creux fortement isolés: 15 à 20 m.

La distance entre joints de dilatation peut être augmentée de 50% si les joints de la maçonnerie sont armés.

4.4 Utilisation de différents matériaux

Les variations dimensionnelles subies par le béton sont beaucoup plus considérables que pour les briques. Si les deux matériaux sont mis en œuvre, des fissures peuvent apparaître aux endroits où ils sont en contact. La reprise des efforts en ces surfaces de contact est toujours un aspect très délicat.

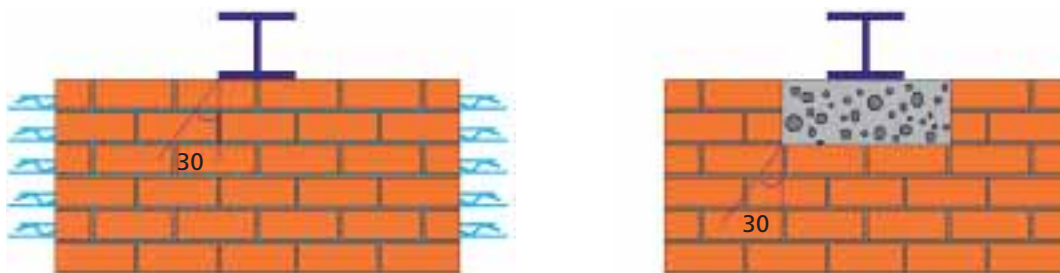
Il est dès lors recommandé, lorsque cela est possible, d'exécuter également les linteaux (et poutres) en terre cuite, avec un linteau précontraint en terre cuite ou au moyen de la maçonnerie armée.



4.5 Appuis de poutres

4.5.1 Poutres perpendiculaires au mur

Les poutres qui s'appuient perpendiculairement au mur donnent lieu à des charges concentrées que la maçonnerie n'est pas nécessairement à même de supporter. Il est posé que les efforts sont diffusés dans la maçonnerie selon un angle de 30°.



Pour des charges limitées, on arme la maçonnerie sous l'appui dans 3 à 5 joints.

Pour des charges plus importantes, on prévoit un élément en béton armé ou non.

Sans ces précautions, des fissures risquent d'apparaître selon un angle de 45°.

4.5.2 Poutres dans le plan du mur (linteaux)

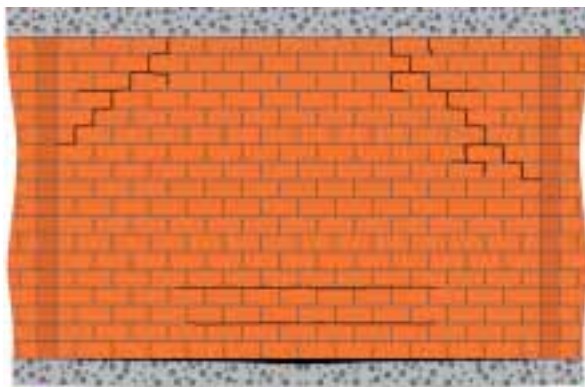


Un appui suffisant en fonction des charges est également nécessaire pour les linteaux. Un minimum de 15 cm doit être prévu. Les linteaux en terre cuite ont l'avantage qu'on utilise le même matériau que pour le mur, ce qui évite les fissures. Un linteau précontraint en terre cuite permet de continuer de maçonner sans devoir attendre.

4.6 Déformations importantes

La maçonnerie pose souvent sur des éléments subissant des déformations tels que planchers et poutres.

Lors du dimensionnement de ces éléments, la déformation doit rester inférieure à certaines limites, sans



quoi une fissuration horizontale apparaîtra dans les joints horizontaux en pied de mur.

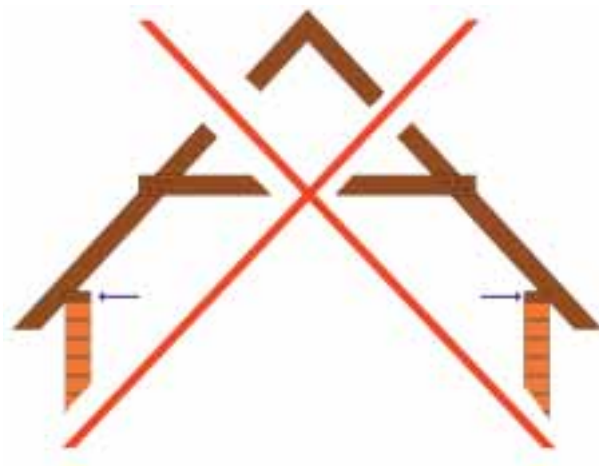
Il s'agit de prévoir une construction portante suffisamment rigide.

Les éléments portants sur lesquels pose la maçonnerie doivent aussi être étayés durant une période suffisamment longue. Un béton qui n'est pas encore suffisamment durci va en effet se déformer plus facilement.

Si la structure portante est trop faible, on prévient la formation de fissure en utilisant une maçonnerie armée.

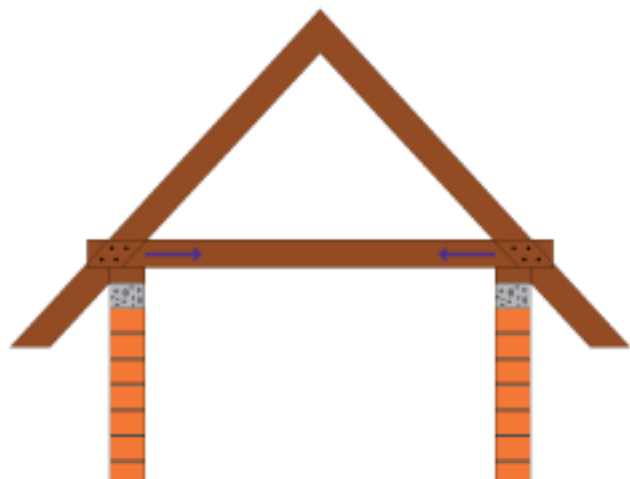
4.7 Poussée latérale de la charpente

Des charpentes, des fermes, pour lesquelles aucun tirant n'est prévu pour reprendre la poussée horizontale, exercent des efforts importants sur le mur. Un mur en maçonnerie ne peut pas, seul, résister à ces efforts.



Un tirant en bois sous les arbalétriers est une bonne solution.

Pour d'autres possibilités, nous renvoyons le lecteur vers les bureaux de stabilité.



On calcule aux états limites ultimes un mur chargé unilatéralement (pas d'ouverture dans le mur) avec une excentricité constructive maximale. On suppose que les appuis du murs ne sont pas encastrés, mais articulés. On ne tient pas compte de l'excentricité des charges de vent.

Un coefficient de sécurité moyen de 3 est pris sur les matériaux. On applique également aux charges les coefficients de sécurité.

Ces valeurs forment généralement une valeur limite inférieure. En pratique, le mur est généralement encastré par une dalle en béton au-dessus et en-dessous.

Epaisseur du mur	d	cm	14	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	10	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x14x14	
Facteur de forme	c		1,23	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	8,2	= f_{bk} / c
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	4,5	
Résistance de calcul de la maçonnerie	f_d	N/mm ²	1,5	= f_k / γ_M
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en tête	e_c	cm	2,3	= $d / 6$
Excentricité relative	m		1	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	1,20	1,20	0,98	0,76	0,59	0,51	0,51
	kN/m	168	168	137	106	82	72	72

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,46	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	1,20	0,69	0,51	0,51
	kN/m	168	97	72	72

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	0,51
	kN/m	72

Epaisseur du mur	d	cm	14	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	15	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x14x14	
Facteur de forme	c		1,23	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	12,2	= f_{bk} / c
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	6,0	
Coefficient de sécurité	f_d	N/mm ²	2,0	= f_k / γ_M
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en haut	e_c	cm	2,3	= $d / 6$
Excentricité relative	m		1	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	1,60	1,60	1,30	1,01	0,78	0,68	0,68
	kN/m	224	224	183	141	110	96	96

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,46	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	1,60	0,92	0,68	0,68
	kN/m	224	129	96	96

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	0,68
	kN/m	96

Epaisseur du mur	d	cm	14	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	25	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x14x14	
Facteur de forme	c		1,23	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	20,4	= f_{bk} / c
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	8,1	
Résistance de calcul de la maçonnerie	f_d	N/mm ²	2,7	= f_k / γ_M
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en tête	e_c	cm	2,3	= $d / 6$
Excentricité relative	m		1	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	2,17	2,17	1,77	1,37	1,06	0,93	0,93
	kN/m	304	304	248	191	149	130	130

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,46	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	2,17	1,25	0,93	0,93
	kN/m	304	175	130	130

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	0,93
	kN/m	130

Epaisseur du mur	d	cm	14	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	30	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x14x14	
Facteur de forme	c		1,23	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	24,5	= f_{bk} / c
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	9,1	
Résistance de calcul de la maçonnerie	f_d	N/mm ²	3,0	= f_k / γ_M
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en tête	e_c	cm	2,3	= $d / 6$
Excentricité relative	m		1	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	2,43	2,43	1,98	1,53	1,19	1,04	1,04
	kN/m	341	341	277	214	167	145	145

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,80	0,46	0,34	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	2,43	1,40	1,04	1,04
	kN/m	341	196	145	145

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	19,3
Facteur de réduction	ϕ	0,34
Résistance du mur	N/mm ²	1,04
	kN/m	145

Epaisseur du mur	d	cm	19	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	10	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x19x19	
Facteur de forme	c		1,08	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	9,3	= f_{bk} / c
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	5,0	
Résistance de calcul de la maçonnerie	f_d	N/mm ²	1,7	= f_k / γ_M
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en tête	e_c	cm	3,2	= d / 6
Excentricité relative	m		0,9	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	1,37	1,37	1,37	1,15	1,01	0,95	0,95
	kN/m	260	260	260	218	192	181	181

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,66	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	1,37	1,09	0,95	0,95
	kN/m	260	208	181	181

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	0,95
	kN/m	181

Epaisseur du mur	d	cm	19	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	15	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x19x19	
Facteur de forme	c		1,08	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	13,9	= f_{bk} / c
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	6,5	
Résistance de calcul de la maçonnerie	f_d	N/mm ²	2,2	= f_k / γ_M
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en tête	e_c	cm	3,2	= $d / 6$
Excentricité relative	m		0,9	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	1,78	1,78	1,78	1,49	1,32	1,24	1,24
	kN/m	338	338	338	284	250	235	235

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,66	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	1,78	1,43	1,24	1,24
	kN/m	338	271	235	235

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	1,24
	kN/m	235

Epaisseur du mur	d	cm	19	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	25	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x19x19	
Facteur de forme	c		1,08	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	23,2	= f_{bk} / c
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	8,8	
Résistance de calcul de la maçonnerie	f_d	N/mm ²	2,9	= f_k / γ_M
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en tête	e_c	cm	3,2	= $d / 6$
Excentricité relative	m		0,9	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	2,41	2,41	2,41	2,02	1,78	1,68	1,68
	kN/m	458	458	458	384	339	319	319

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,66	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	2,41	1,93	1,68	1,68
	kN/m	458	367	319	319

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	1,68
	kN/m	319

Epaisseur du mur	d	cm	19	
Résistance caractéristique de la brique	f_{bk}	N/mm ²	30	
Format de la brique	LxBxH	cm	29x19x19	
Facteur de forme	c		1,08	
Résistance corrigée	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm ²	27,9	$= f_{bk} / c$
Catégorie de mortier			M2	
Résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k	N/mm ²	9,7	
Résistance de calcul de la maçonnerie	f_d	N/mm ²	3,2	$= f_k / \gamma_M$
Hauteur du mur	l	m	2,7	
Hauteur de flambement	l_f	m	2,7	
Excentricité constructive en tête	e_c	cm	3,2	$= d / 6$
Excentricité relative	m		0,9	

2 murs de refend entredistants de	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Rapport	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Facteur de liaison	ρ	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Elancement géométrique	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	2,65	2,65	2,65	2,22	1,96	1,84	1,84
	kN/m	503	503	503	422	372	350	350

1 mur de refend	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Facteur de liaison	ρ	0,45	0,84	1,00	1,0
Elancement géométrique	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,82	0,66	0,57	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	2,65	2,12	1,84	1,84
	kN/m	503	402	350	350

Pas de mur de refend		
Facteur de liaison	ρ	1,0
Elancement géométrique	S	14,2
Facteur de réduction	ϕ	0,57
Résistance du mur	N/mm ²	1,84
	kN/m	350

