

ICS 91.010.30; 91.080.30

Version Française

**Eurocode 6: Calcul des structures en maçonnerie - Partie 3:
Méthodes de calcul simplifiées et règles de base pour les
ouvrages en maçonnerie**

Eurocode 6: Berechnung und Ausführung von Mauerwerk -
Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden und einfache
Regeln für Mauerwerk

Eurocode 6: Design of masonry structures - Part 3:
Simplified calculation methods and simple rules for
masonry structures

La présente Prénorme européenne (ENV) a été adoptée par le CEN le 27 mars 1998 comme norme expérimentale pour application provisoire.

La période de validité de cette ENV est limitée initialement à trois ans. Après deux ans, les membres du CEN seront invités à soumettre leurs commentaires, en particulier sur l'éventualité de la conversion de l'ENV en Norme européenne.

Il est demandé aux membres du CEN d'annoncer l'existence de cette ENV de la même façon que pour une EN et de rendre cette ENV rapidement disponible au niveau national sous une forme appropriée. Il est admis de maintenir (en parallèle avec l'ENV) des normes nationales en contradiction avec l'ENV en application jusqu'à la décision finale de conversion possible de l'ENV en EN.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.



COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Secrétariat Central: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

Sommaire

Avant-propos	4
1 Généralités	7
1.1 Domaine d'application	7
1.2 Distinction entre principes et règles d'application	8
1.3 Hypothèses	8
1.4 Définitions.....	8
1.4.1 Termes spéciaux employés	8
1.5 Unités du système international.....	8
1.6 Symboles.....	8
2 Bases du calcul	9
2.1 Généralités	9
2.2 Combinaison d'actions.....	9
2.3 Coefficients partiels de sécurité pour la maçonnerie.....	9
3 Matériaux	10
4 Calcul des murs en maçonnerie non armée à l'aide des méthodes de calcul simplifiées	10
4.1 Généralités	10
4.2 Méthode de calcul simplifiée pour les murs soumis à des charges verticales.....	10
4.2.1 Conditions d'application	10
4.2.1.1 Conditions générales.....	10
4.2.1.2 Conditions supplémentaires	11
4.2.2 Détermination de la résistance de calcul aux charges verticales d'un mur	12
4.2.2.1 Généralités	12
4.2.2.2 Résistance de calcul aux charges verticales	12
4.2.2.3 Facteur de réduction.....	13
4.2.2.4 Hauteur de flambement des murs	13
4.2.2.5 Rapport d'élanement des murs	15
4.3 Méthode de calcul simplifiée pour les murs soumis à des charges concentrées	15
4.4 Méthode de calcul simplifiée pour les murs de contreventement	16
4.4.1 Vérification de la résistance au cisaillement des murs.....	16
4.4.2 Résistance de calcul au cisaillement	17
4.5 Méthode de calcul simplifiée pour les murs de soubassement soumis à la poussée latérale des terres	18
4.6 Règles de base pour le calcul des murs intérieurs non porteurs.....	19
Annexe A (normative) Méthode de calcul simplifiée pour les murs en maçonnerie non armée de bâtiments comportant trois niveaux maximum	20
A.1 Conditions générales d'application	20
A.2 Résistance de calcul aux charges verticales	21
A.3 Murs de contreventement sans vérification de la résistance aux charges dues au vent	21
Annexe B (informative) Règles de base pour calculer les murs de soubassement non armés de bâtiments peu élevés	23
B.1 Généralités	23
B.2 Détermination de l'épaisseur des murs de soubassement	24

Annexe C (normative) Règles simples pour le calcul des murs intérieurs non porteurs.....	33
C.1 Conditions générales d'application	33
C.2 Détermination de la limitation de l'épaisseur et de la taille des murs intérieurs non porteurs	34
Annexe D (informative) Méthode simplifiée de détermination de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie	37
D.1 Généralités	37
D.2 Mortiers d'usage courant	37
D.3 Mortiers pour joints minces et éléments silico-calcaires du Groupe 1 et éléments en béton cellulaire autoclavé sans joint longitudinal	38
D.4 Mortiers pour joints minces et éléments autres que silico-calcaires et éléments en béton cellulaire autoclavé	38
D.5 Mortiers légers et éléments des Groupes 1, 2a, 2b sans joint de mortier longitudinal.....	39

Avant-propos

Objectifs et programme des Eurocodes

- (1) Les « Eurocodes structuraux » regroupent un ensemble de normes pour le calcul structural et géotechnique des ouvrages de bâtiment et de génie civil.
- (2) Ils ne traitent de l'exécution et de l'inspection que dans la mesure où il est nécessaire de préciser la qualité des produits de construction et le niveau de réalisation à satisfaire, sur site et hors site, pour être conforme aux hypothèses adoptées dans les règles de calcul.
- (3) Jusqu'à ce que l'ensemble nécessaire des spécifications techniques harmonisées concernant les produits ainsi que les méthodes de contrôle de leurs performances soient disponibles, un certain nombre d'Eurocodes structuraux traiteront quelques-uns de ces aspects dans des annexes informatives.

Fondements du Programme des Eurocodes

- (4) La Commission des Communautés Européennes (CCE) eut l'initiative de démarrer le travail d'établissement d'un ensemble de règles techniques harmonisées pour le calcul des ouvrages de bâtiment et de génie civil, règles destinées à être utilisées, au début, comme alternative aux différents règlements en vigueur dans les Etats Membres et à les remplacer ultérieurement. Ces règles techniques reçurent alors le nom d'Eurocodes structuraux.
- (5) En 1990, après consultation de ses Etats membres, la CCE transféra le travail de développement, de diffusion et de mise à jour des Eurocodes structuraux au CEN et le secrétariat de l'AELE accepta de s'associer au travail du CEN.
- (6) Le comité technique CEN/TC 250 est chargé de tous les Eurocodes structuraux.

Programme des Eurocodes

- (7) Le travail est en cours sur les Eurocodes structuraux, chacun étant généralement constitué de plusieurs parties :

EN 1991	Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures ;
EN 1992	Eurocode 2 : Calcul des structures en béton ;
EN 1993	Eurocode 3 : Calcul des structures en acier ;
EN 1994	Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier béton ;
EN 1995	Eurocode 5 : Calcul des structures en bois ;
EN 1996	Eurocode 6 : Calcul des structures en maçonnerie ;
EN 1997	Eurocode 7 : Calcul géotechnique ;
EN 1998	Eurocode 8 : Résistance des structures aux séismes ;
EN 1999	Eurocode 9 : Calcul des structures en alliages d'aluminium.

(8) Des sous-comités distincts ont été formés par le CEN/TC 250 pour les différents Eurocodes énoncés ci-dessus.

(9) La présente ENV 1996-3 est publiée comme Prénorme européenne (ENV) pour une durée initiale de trois ans.

(10) Cette Prénorme est destinée à une application expérimentale ainsi qu'à la présentation de commentaires.

(11) Au terme d'une durée approximative de deux ans, les membres du CEN seront invités à formuler des commentaires officiels qui seront pris en compte pour la détermination des actions futures.

(12) En attendant, les réactions et commentaires sur cette Prénorme devront être adressés au Secrétariat du sous-comité CEN/TC 250/SC 6 à l'adresse suivante :

DIN
Burggrafenstrasse 6
10772 BERLIN
Allemagne

ou à votre organisme national de normalisation.

Documents d'Application Nationale (DAN)

(13) Pour que puissent s'exercer les responsabilités des autorités des pays membres en matière de sécurité, santé et autres points couverts par les exigences essentielles de la DPC (Directive sur les produits de construction), on a attribué à certains éléments de sécurité dans cette ENV des valeurs indicatives qui sont identifiées par un encadrement . Il appartient aux autorités de chaque pays membre d'examiner ces valeurs "encadrées" et de pouvoir leur substituer d'autres valeurs définitives pour l'emploi dans des applications nationales.

(14) Certaines des normes européennes ou internationales, peuvent ne pas être disponibles au moment de la publication de cette Prénorme. Il est par conséquent prévu qu'un Document d'Application Nationale (DAN) donnant les valeurs de substitution définitives des éléments de sécurité, faisant référence aux normes de base compatibles et précisant les directives nationales d'application de cette prénorme, soit publié par chaque pays membre ou son organisme de normalisation.

(15) Il est prévu que cette Prénorme soit utilisée conjointement avec le DAN reconnu dans le pays où le bâtiment ou l'ouvrage de génie civil est situé.

Contenu spécifique de cette prénorme

(16) Le domaine d'application général de l'Eurocode 6 est défini à l'article 1.1.1 de l'ENV 1996-1-1 et le domaine d'application de cette partie de l'Eurocode 6 dans l'article 1.1. Les parties supplémentaires de l'Eurocode 6 qui sont prévues sont indiquées en 1.1.3 de l'ENV 1996-1-1.

(17) L'article 4.5 de cette partie de l'Eurocode 6, relatif aux murs de soubassement, remplace l'annexe E normative de l'ENV 1996-1-1.

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

(1)P La présente ENV 1996-3 énonce des méthodes de calcul simplifiées ou des règles de base destinées à faciliter le calcul des murs en maçonnerie non armée soumis à certaines conditions d'application.

Des méthodes de calcul simplifiées sont données pour :

- les murs soumis à des charges verticales, y compris les charges dues au vent ;
- les murs soumis à des charges concentrées ;
- les murs de contreventement ;
- les murs de soubassement soumis à une poussée latérale des terres et à des charges verticales ;
- les murs soumis à des charges verticales si la hauteur du bâtiment ne dépasse pas trois niveaux au-dessus du sol ;
- les murs de contreventement si la hauteur du bâtiment ne dépasse pas trois niveaux au-dessus du sol.

Des règles de base sont données pour :

- les murs de soubassement soumis à une poussée latérale des terres et à des charges verticales si la hauteur du bâtiment ne dépasse pas quatre niveaux au-dessus du sol ;
- les murs intérieurs non porteurs.

(2) La présente ENV 1996-3 donne des principes et des règles d'application pour le calcul de structures selon certaines exigences, conformément aux fonctions mentionnées ci-avant.

NOTE : Les règles données dans la présente ENV 1996-3 sont cohérentes avec celles données dans l'ENV 1996-1-1, mais sont plus conservatoires en ce qui concerne les conditions et les limitations de leur emploi.

(3) La présente ENV 1996-3 s'applique uniquement aux structures en maçonnerie, ou aux parties de ces structures, décrites dans l'ENV 1996-1-1 et l'ENV 1996-2.

(4) Les méthodes de calcul simplifiées données dans cette ENV 1996-3 ne s'appliquent pas aux calculs des situations accidentelles.

1.2 Distinction entre principes et règles d'application

(1)P Une distinction est faite dans la présente ENV 1996-3 entre les principes et les règles d'application, suivant les caractéristiques de chaque article.

(2)P Les principes comprennent :

- des indications générales et des définitions pour lesquelles il n'y a pas d'autres possibilités ;
- des exigences et des modèles analytiques pour lesquels, à moins d'indications spécifiques contraires, aucune autre solution n'est admise.

(3)P Les principes sont repérés par la lettre P qui suit le numéro de paragraphe, par exemple, (1)P.

(4)P Les règles d'application sont des règles généralement reconnues comme respectant les principes et satisfaisant à leurs exigences. L'utilisation d'autres règles de calcul que les règles d'application données par la présente ENV 1996-3 est admise, sous réserve de justifier que l'autre règle retenue est en accord avec les principes correspondants et qu'elle présente au moins les mêmes garanties de fiabilité.

(5)P Les règles d'application correspondent à tous les paragraphes qui ne sont pas repérés comme principes.

1.3 Hypothèses

(1)P Les hypothèses énoncées au 1.3 de l'ENV 1996-1-1 s'appliquent également à la présente ENV 1996-3.

1.4 Définitions

(1)P Sauf spécification contraire dans les articles suivants, la terminologie donnée au 1.4 de l'ENV 1996-1-1 et au 1.5 de l'ENV 1966-2 doit s'appliquer à cette partie.

1.4.1 Termes spéciaux employés

(1) Mur de soubassement – Mur construit partiellement ou totalement en dessous du niveau du sol.

1.5 Unités du système international

(1)P Les unités du système international doivent être utilisées conformément à l'ISO 1000.

1.6 Symboles

(1)P Les symboles donnés au 1.6 de l'ENV 1996-1-1 s'appliquent également à la présente ENV 1996-3.

2 Bases du calcul

2.1 Généralités

(1)P La base du calcul doit être conforme aux principes donnés dans la partie 2 de l'ENV 1996-1-1 et la présente partie 2.

2.2 Combinaison d'actions

(1)P Pour l'application des méthodes de calcul simplifiées données dans cette ENV 1996-3, il suffit de prendre en compte les combinaisons simplifiées suivantes pour l'état-limite ultime.

La valeur de calcul d'une combinaison d'actions pour des situations de calcul fondamentales doit être la plus grande des valeurs déterminées à partir des expressions suivantes :

- en prenant en compte uniquement l'action variable la plus défavorable :

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \boxed{1,5} Q_{k,1} \quad (2.1)$$

- en prenant en compte toutes les actions variables défavorables :

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \boxed{1,35} \sum Q_{k,i} \quad (2.2)$$

où :

$G_{k,j}$ est la valeur caractéristique des actions permanentes ;

$Q_{k,1}$ est la valeur caractéristique de l'action la plus défavorable ;

$Q_{k,i}$ est la valeur caractéristique des actions variables ;

$\gamma_{G,j}$ est le coefficient partiel de sécurité pour les actions permanentes pris comme étant égal à 1,0 pour les effets favorables et à 1,35 pour les effets défavorables.

2.3 Coefficients partiels de sécurité pour la maçonnerie

(1)P Les coefficients partiels de sécurité pour la maçonnerie sont donnés dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Coefficients partiels de sécurité pour la maçonnerie (γ_M)

		γ_M pour catégorie d'exécution		
		A	B	C
Catégorie de contrôle de fabrication des éléments	I	$\boxed{1,7}$	$\boxed{2,2}$	$\boxed{2,7}$
	II	$\boxed{2,0}$	$\boxed{2,5}$	$\boxed{3,0}$

NOTE : Les catégories d'éléments de maçonnerie I et II et les catégories d'exécution A, B et C sont définies dans l'ENV 1996-1-1.

3 Matériaux

(1)P Le matériau utilisé pour les murs en maçonnerie auxquels il est fait référence dans la présente ENV 1996-3 doit être conforme à la partie 3 de l'ENV 1996-1-1.

Un calcul simplifié de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie, à l'aide des valeurs encadrées de K données dans l'ENV 1996-1-1, est spécifié à l'annexe D.

4 Calcul des murs en maçonnerie non armée à l'aide des méthodes de calcul simplifiées

4.1 Généralités

(1)P Le comportement structural et la stabilité d'ensemble du bâtiment dont le mur fait partie doivent être conformes aux exigences données en 4.1 de l'ENV 1996-1-1.

4.2 Méthode de calcul simplifiée pour les murs soumis à des charges verticales

(1) La méthode de calcul simplifiée donnée dans cette ENV 1996-3 ne peut être utilisée que si les conditions mentionnées ci-après sont respectées.

(2) Une autre méthode de calcul simplifiée, applicable aux bâtiments ne comportant pas plus de trois niveaux, est donnée à l'annexe A.

4.2.1 Conditions d'application

4.2.1.1 Conditions générales

(1)P Pour utiliser la méthode simplifiée, les conditions suivantes doivent être respectées :

- la hauteur du bâtiment au-dessus du niveau du sol ne doit pas dépasser 20 m. Pour les bâtiments dont le toit est incliné, la hauteur moyenne entre l'égout et le faîtage du toit peut être prise comme la hauteur du bâtiment ;
- la portée des planchers en appui sur les murs ne doit pas dépasser $\boxed{7 \text{ m}}$ *);
- la portée du toit en appui sur les murs ne doit pas dépasser $\boxed{7 \text{ m}}$,^{*)} sauf dans le cas de fermes en bois ou en acier pour lesquels la portée ne doit pas dépasser $\boxed{14 \text{ m}}$ **);
- la hauteur libre d'un étage ne doit pas dépasser 3 m ;
- l'épaisseur des murs servant d'appui de rive de planchers ou de toitures et soumis à des charges exercées par le vent, doit être identique à tous les étages ;
- les valeurs caractéristiques des actions variables, au niveau des planchers et de la toiture, ne doivent pas dépasser 5,0 kN/m² ;

*) La méthode s'applique uniquement pour une valeur inférieure ou égale à 7 m.

***) La méthode s'applique uniquement pour une valeur inférieure ou égale à 14 m.

- les moments fléchissants des murs ne doivent pas découler d'actions autres que les charges habituelles exercées par les planchers et par le vent ;
- les murs doivent être maintenus latéralement par les planchers et la toiture dans la direction horizontale, perpendiculairement au plan du mur, soit par les planchers et la toiture eux-mêmes, soit par des méthodes appropriées telles que des chaînages horizontaux d'une rigidité suffisante ;
- le coefficient de fluage ultime de la maçonnerie Φ_{∞} ne doit pas dépasser 2,0 ;
- l'excentricité accidentelle e_a ne doit pas dépasser $h_{ef}/450$.

4.2.1.2 Conditions supplémentaires

(1)P Pour les murs servant d'appui de rives de planchers (voir figure 4.1), la méthode de calcul simplifiée donnée en 4.2.2 ne peut être appliquée que si :

$$l \leq 4,5 + 10 t \quad \text{et} \quad l \leq 7 \quad (4.1)$$

où :

l est la portée du plancher, en mètres ;

t est l'épaisseur réelle du mur, ou de la paroi porteuse d'un mur double, servant d'appui aux extrémités, en mètres.

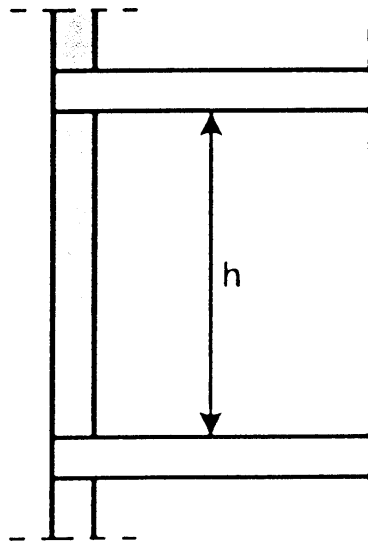


Figure 4.1 : Murs servant d'appui de rive

(2)P Les murs servant d'appui de rive de planchers ou de toitures et soumis à des charges dues au vent ne doivent être conçus conformément au 4.2.2 que si :

$$t \geq \frac{0,12 q_d \times h^2}{N_{Sd}} + 0,017 h$$

où :

- h est la hauteur libre d'un étage, en mètres ;
- q_d est la charge de calcul due au vent normal, exercée sur le mur (par unité de surface du mur), en kN/m² ;
- N_{sd} est la charge verticale minimale de calcul exercée sur le mur au dernier étage, en kN/m ;
- t est l'épaisseur réelle du mur, ou de la paroi porteuse d'un mur double, servant d'appui en rive, en mètres.

(3) Au lieu d'appliquer la formule (4.2), l'épaisseur du mur, t, peut être déterminée à partir de la méthode de calcul donnée en 4.1 de l'ENV 1996-1-3, à condition que la contrainte de calcul verticale à mi-hauteur du dernier étage soit limitée à 0,15 N/mm² et qu'aucun effondrement ou qu'aucune perte totale de la stabilité du bâtiment ne se produise en cas de défaillance de la section de mur du dernier étage considérée.

(4) Si la méthode spécifiée en (3) est adoptée pour le calcul du mur, la résistance aux charges verticales d'un mur N_{Rd} peut alors être calculée en prenant comme hypothèse une excentricité aux extrémités du mur de 0,4 t et une profondeur d'appui de 0,2 t (voir C.1 (3) et (4) de l'annexe C de l'ENV 1996-1-1).

4.2.2 Détermination de la résistance de calcul aux charges verticales d'un mur

4.2.2.1 Généralités

(1) P A l'état-limite ultime, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}$$

où :

- N_{Sd} est la charge verticale de calcul exercée sur le mur ;
- N_{Rd} est la résistance de calcul aux charges verticales du mur conformément au 4.2.2.2.

4.2.2.2 Résistance de calcul aux charges verticales

(1) La résistance de calcul aux charges verticales N_{Rd} peut être déterminée à partir de la formule suivante :

$$N_{Rd} = \frac{\Phi f_k A}{\gamma_M} \quad (4.3)$$

où :

- Φ est le facteur de réduction pour les effets d'élançement et d'excentricité des charges, obtenu à partir du 4.2.2.3 ;
- f_k est la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie ;
- γ_M est le coefficient partiel pour le matériau, obtenu à partir du 2.3 ;

A est la section nette de la maçonnerie, toutes les ouvertures prises en compte.

(2) La résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie, f_k , peut être obtenue à partir du 3.6.2 de l'ENV 1996-1-1, ou en utilisant l'approche simplifiée donnée à l'annexe D, qui s'applique uniquement aux valeurs encadrées \square de la constante K incluse en 3.6.2 de l'ENV 1996-1-1.

4.2.2.3 Facteur de réduction

(1) Le facteur de réduction Φ peut être déterminé avec la formule suivante :

$$\Phi = 0,85 - 0,0011 \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (4.4)$$

où :

h_{ef} est la hauteur de flambement du mur (voir 4.2.2.4) ;

t_{ef} est l'épaisseur utile déterminée conformément au 4.4.5 de l'ENV 1996-1-1 ;

Φ est le facteur de réduction incluant l'effet de flambement, l'excentricité accidentelle, l'excentricité due aux charges et l'effet de fluage.

4.2.2.4 Hauteur de flambement des murs

(1) La hauteur de flambement peut être déterminée comme suit :

$$h_{ef} = \rho_n \times h \quad (4.5)$$

où :

h est la hauteur libre d'un étage ;

ρ_n est un coefficient de réduction où $n = 2, 3$ ou 4 , selon que les bords sont maintenus ou raidis par le mur.

(2) Le coefficient de réduction ρ_n peut être déterminé comme suit :

(i) Pour les murs maintenus uniquement en tête et en pied par un plancher ou une toiture en béton armé ou précontraint (voir figure 4.2) et ayant un appui correspondant au moins aux $2/3$ de l'épaisseur du mur, mais d'au moins 85 mm :

$$\rho_2 = \boxed{0,75}$$

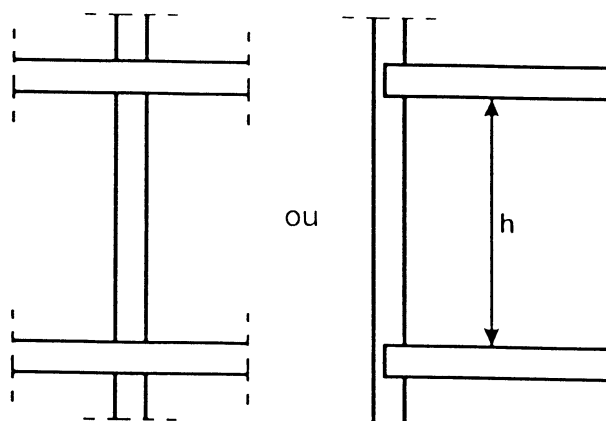


Figure 4.2 : Liaison avec encastrement assurée par les planchers ou la toiture

(ii) Pour les murs maintenus uniquement en tête et en pied (par exemple, par des chaînages horizontaux de rigidité suffisante) mais sans encastrement des planchers ou de la toiture (voir figure 4.3) :

$$\rho_2 = \boxed{1,00}$$

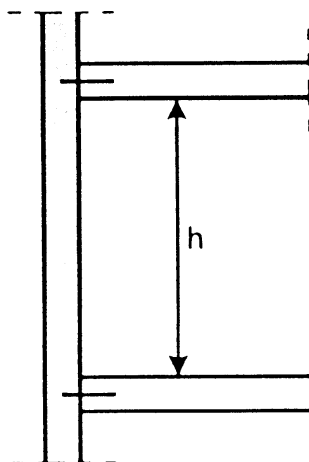


Figure 4.3 : Liaison sans encastrement assurée par les planchers ou la toiture

(iii) Pour les murs maintenus en tête et en pied et sur l'une des rives verticales comme illustré à la figure 4.4 :

$$\rho_3 = 1,5 \frac{L}{h} \leq \boxed{0,75}$$

dans le cas de liaison avec encastrement en tête et en pied comme indiqué en (i) ci-dessus ;

$$\leq \boxed{1,00}$$

dans le cas de liaison sans encastrement en tête et en pied comme indiqué en (ii) ci-dessus.

où :

h est la hauteur libre d'un étage ;

L est la distance entre la rive maintenue verticalement et la rive libre.

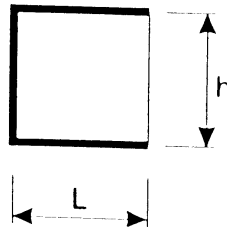


Figure 4.4 : Maintien en tête et en pied et sur une rive verticale

(iv) Pour les murs maintenus en tête et en pied sur deux rives verticales (voir figure 4.5) :

$\rho_4 = \frac{L}{2h} \leq 0,75$ dans le cas de liaison avec encastrement en tête et en pied
 comme indiqué en (i) ci-dessus ;

$\leq 1,00$ dans le cas de liaison sans encastrement en tête et en pied
 comme indiqué en (ii) ci-dessus.

où :

h est la hauteur libre d'un étage ;

L est la distance entre les supports des deux rives verticales.

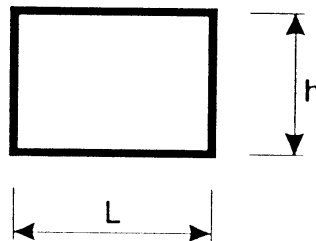


Figure 4.5 : Maintien en tête et en pied sur deux rives verticales

4.2.2.5 Rapport d'élanement des murs

(1)P Le rapport d'élanement d'un mur h_{ef}/t_{ef} ne doit pas être supérieur à $\boxed{27}$.

4.3 Méthode de calcul simplifiée pour les murs soumis à des charges concentrées

(1) Il convient que la contrainte de compression de calcul exercée localement par une charge concentrée en dessous de la surface porteuse ne dépasse pas :

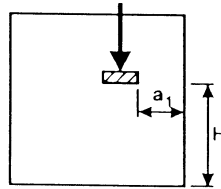
$$\frac{f_k}{\gamma_M} \times \left(1,2 + 0,4 \frac{a_1}{H}\right) \leq 1,5 \frac{f_k}{\gamma_M} \quad (4.6)$$

où :

a_1 est la distance séparant l'extrémité du mur et la rive la plus proche de la surface porteuse de la charge concentrée (voir figure 4.6) ;

H est la hauteur jusqu'au niveau d'application de la charge (voir figure 4.6).

Charge concentrée



Elévation

Figure 4.6 : Détermination des valeurs de a_1 et H

A condition que :

- la surface porteuse sous la charge concentrée ne dépasse ni $\frac{1}{4}$ de la superficie de la section transversale du mur, ni la valeur $2t^2$, où t est l'épaisseur du mur ;
- l'excentricité de la charge par rapport à la ligne médiane du mur ne soit pas supérieure à $t/4$;
- la conformité du mur à sa mi-hauteur soit vérifiée conformément au 4.2, en supposant que la charge concentrée s'exerce selon un angle de 60° ;
- la partie du mur pouvant supporter des contraintes de compression majorées soit constituée d'éléments du Groupe 1. Pour les autres groupes d'éléments, aucune augmentation des contraintes n'est autorisée.

4.4 Méthode de calcul simplifiée pour les murs de contreventement

4.4.1 Vérification de la résistance au cisaillement des murs

(1) P En condition d'état-limite ultime, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

où :

V_{Sd} est l'effort tranchant de calcul du mur ;

V_{Rd} est la résistance au cisaillement de calcul du mur.

(2) Une autre méthode de calcul simplifiée pour la conception des murs de contreventement des bâtiments ne comportant pas plus de trois étages, est donnée à l'annexe A.

4.4.2 Résistance de calcul au cisaillement

(1) La résistance de calcul au cisaillement V_{Rd} peut être déterminée comme suit :

. Si tous les joints verticaux de la maçonnerie sont remplis de mortier :

$$V_{Rd} = \frac{1}{\gamma_M} (t \times l_c \times f_{vko} + 0,4 N_{Sd}) \quad (4.7)$$

V_{Rd} devant être compris entre $\frac{1}{\gamma_M} \times t \times l_c \times f_{vko}$ et $\frac{1}{\gamma_M} \times t \times l_c \times \boxed{0,065} f_b$

. Si les joints verticaux de la maçonnerie ne sont pas remplis de mortier :

$$V_{Rd} = \frac{1}{\gamma_M} (0,5 t \times l_c \times f_{vko} + 0,4 N_{Sd}) \quad (4.8)$$

V_{Rd} devant être compris entre $\frac{1}{\gamma_M} \times t \times l_c \times f_{vko}$ et $\frac{1}{\gamma_M} \times t \times l_c \times \boxed{0,045} f_b$.

où :

l_c est la longueur de la partie comprimée du mur, en supposant une répartition linéaire de la contrainte (voir figure 4.7) ;

t est l'épaisseur de la paroi intérieure du mur ;

f_b est la résistance à la compression normalisée de l'élément de maçonnerie ;

f_{vko} est la résistance initiale au cisaillement comme indiqué dans l'ENV 1996-1-1 ;

N_{Sd} est la charge verticale de calcul.

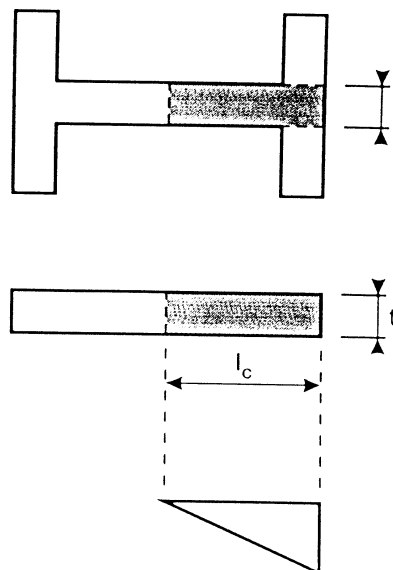


Figure 4.7 : Longueur de la partie comprimée du mur

4.5 Méthode de calcul simplifiée pour les murs de soubassement soumis à la poussée latérale des terres

(1) La méthode simplifiée suivante peut être utilisée pour concevoir des murs de soubassement soumis à la poussée latérale des terres, si les conditions énoncées ci-après sont remplies :

- la hauteur libre du mur de soubassement, $h \leq 2\ 600$ mm, et l'épaisseur de mur, $t \geq 200$ mm ;
- le plancher au-dessus du sous-sol sert de diaphragme et peut supporter les forces résultant de la poussées des terres ;
- la charge appliquée sur la surface du sol dans la zone d'influence de la poussée des terres sur le mur de soubassement P_s , ne dépasse pas 5 kN/m^2 et aucune charge concentrée appliquée à moins de 1500 mm du mur ne dépasse 15 kN (voir également figure 4.8) ;
- la surface du sol ne s'élève pas lorsque l'on s'éloigne du mur et la profondeur de remblai est inférieure ou égale à la hauteur du mur ;
- il n'y a aucune pression hydrostatique ;
- aucun plan de glissement n'est créé par une membrane de coupure de capillarité.

(2) Le calcul du mur peut être réalisé à partir des expressions suivantes, selon le cas :

(a) si $b_c \geq 2h$:

$$\frac{tf_k}{3\gamma_M} \geq N \geq \frac{\rho_e h h_e^2}{20t} \quad (4.9)$$

(b) si $b_c \leq h$:

$$\frac{tf_k}{3\gamma_M} \geq N \geq \frac{\rho_e h h_e^2}{40t} \quad (4.10)$$

(c) pour des valeurs de b_c comprises entre h et $2h$, il est autorisé de procéder à une interpolation linéaire entre les valeurs obtenues avec les équations (4.9) et (4.10).

où :

N est la charge de calcul verticale par unité de longueur du mur qui résulte de la charge permanente appliquée à mi-hauteur du remblai ;

b_c est la distance de part et d'autre des murs transversaux ou des autres éléments de butée ;

h est la hauteur libre du mur de soubassement ;

h_e est la hauteur de remblai ;

t est l'épaisseur du mur ;

ρ_e est la masse volumique apparente de la terre ;

f_k est la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie ;

γ_M est le coefficient de sécurité partiel pour le matériau obtenu à partir du 2.3.

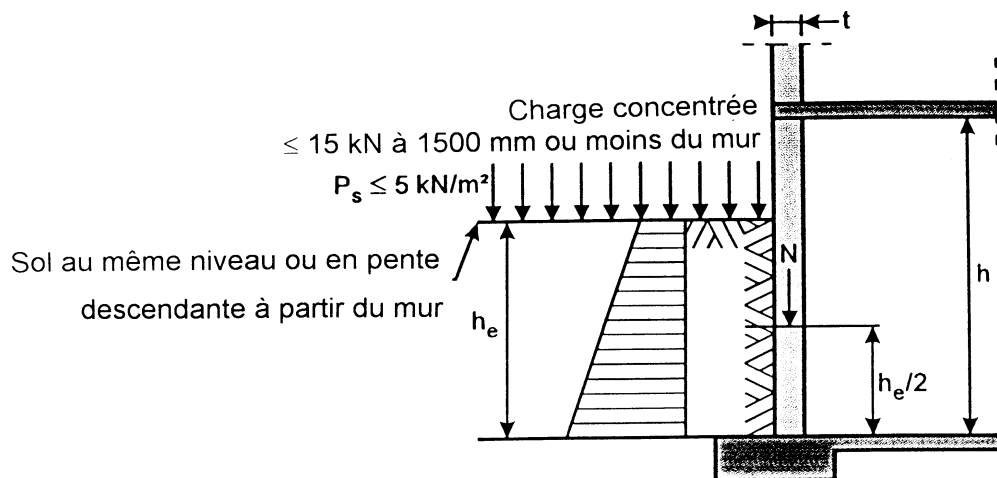


Figure 4.8 : Charges de calcul pour les murs de soubassement

NOTE : La méthode a été simplifiée dans l'annexe B afin de servir de base à la détermination de l'épaisseur des murs de soubassement de bâtiments comportant jusqu'à quatre étages en hauteur au-dessus du niveau du sol.

4.6 Règles de base pour le calcul des murs intérieurs non porteurs

(1) L'annexe C énonce des règles de base permettant de déterminer l'épaisseur minimale et les dimensions limites des murs intérieurs non porteurs soumis à des conditions variables de liaisons périphériques. L'utilisation de ces règles est soumise à certaines restrictions selon la destination du mur.

Annexe A (normative)

Méthode de calcul simplifiée pour les murs en maçonnerie non armée de bâtiments comportant trois niveaux maximum

A.1 Conditions générales d'application

(1) Pour les bâtiments ne comportant pas plus de trois niveaux, une méthode de calcul plus simplifiée donnée dans cette annexe peut être utilisée, si les conditions suivantes sont respectées :

- le bâtiment ne comporte pas plus de trois niveaux au-dessus du sol ;
- les murs sont maintenus, perpendiculairement à leur plan, soit par les planchers et la toiture eux-mêmes, soit par des méthodes appropriées telles que des chaînages horizontaux d'une rigidité suffisante ;
- les murs et la toiture ont un appui d'au moins 2/3 de l'épaisseur du mur sans être inférieur à 85 mm ;
- la hauteur libre d'un étage ne dépasse pas 3,00 m ;
- les murs transversaux ou les éléments de butée sont disposés de sorte que la longueur de tout mur extérieur mesurée entre ces maintiens verticaux ne dépasse pas trois fois sa hauteur libre pour un étage ;
- le rapport h/t des murs intérieurs et extérieurs est inférieur ou égal à $\boxed{18}$;

où :

h est la hauteur libre d'un étage du mur ;

t est l'épaisseur réelle du mur (ou la paroi porteuse d'un mur double) ;

- la hauteur du bâtiment ne dépasse pas trois fois sa largeur ;
- les valeurs caractéristiques des actions variables sur les planchers et la toiture sont inférieures ou égales à 5,0 kN/m² ;
- la portée maximale de tout plancher est de 6 m ;
- la portée maximale de la toiture est de 6 m, sauf dans le cas de fermes en bois ou en acier pour lesquelles la portée ne dépasse pas 12 m.

A.2 Résistance de calcul aux charges verticales

(1) La résistance de calcul aux charges verticales N_{Rd} est obtenue par la formule suivante :

$$N_{Rd} = \frac{0,5f_k A}{\gamma_M}$$

où :

f_k est la résistance de compression caractéristique de la maçonnerie, en N/mm^2 ;

A est la section horizontale du mur à l'exception des ouvertures.

A.3 Murs de contreventement sans vérification de la résistance aux charges dues au vent

(1) Les murs de contreventement peuvent être conçus sans vérifier la résistance au vent, si un nombre suffisant de murs raidis le bâtiment contre les forces horizontales dans les deux sens.

Les murs sont considérés comme satisfaisants si :

- la charge caractéristique due au vent ne dépasse pas 1 kN/m^2 ;
- il existe au minimum deux murs dans les deux sens perpendiculaires ;
- la résistance de calcul aux charges verticales des murs de contreventement, à l'exception des charges dues au vent, est vérifiée conformément au A.2, en se basant sur une résistance à la compression de la maçonnerie égale à $0,8 \times f_k$;
- la disposition des murs de contreventement est pratiquement symétrique dans le plan (voir figure A.1) ;
- la somme des surfaces des parois intérieures dans les deux sens perpendiculaires, en ne prenant en considération que les parois intérieures dont la longueur est supérieure à $0,2 h_{tot}$ et sans tenir compte des ailes, est calculée comme suit :

$$\sum t \times l_x \geq k L_y \times h_{tot} \text{ et } \sum t \times l_y \geq k L_x \times h_{tot}$$

où :

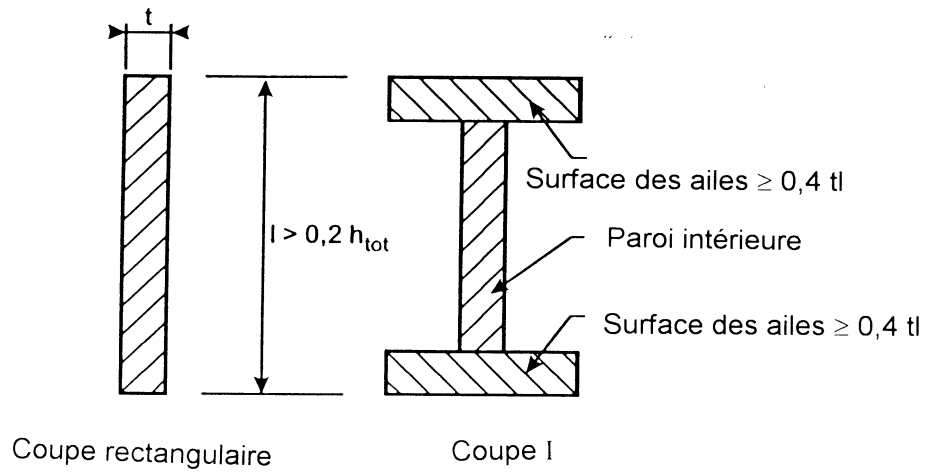
l_x, l_y sont les longueurs des murs de contreventement (voir figure A.1) ;

h_{tot} est la hauteur du bâtiment ;

k est obtenu à partir du tableau A.1.

Tableau A.1 : Valeurs de k

Section du mur de contreventement	$8,0 \text{ N/mm}^2 \geq f_b \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$	$f_b > 8,0 \text{ N/mm}^2$
Rectangulaire	$k = 0,02$	$k = 0,03$
I – Section dont les surfaces de brides dépassent $0,4 \text{ tl}$	$k = 0,01$	$k = 0,02$



Plan des murs de contreventement

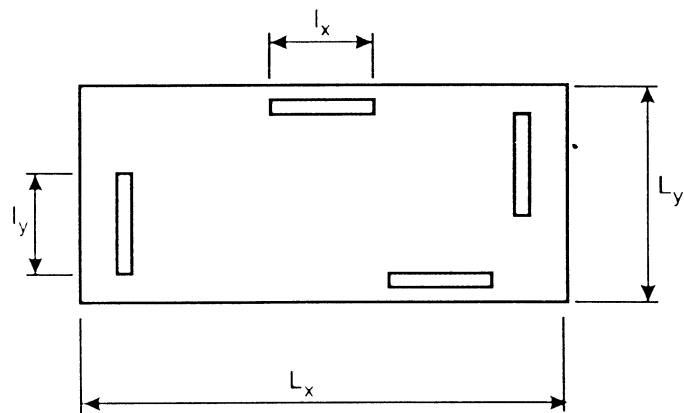


Figure A.1 : Disposition des murs de contreventement

Annexe B (informative)

Règles de base pour calculer les murs de soubassement non armés de bâtiments peu élevés

B.1 Généralités

(1) La présente annexe s'applique uniquement aux bâtiments répondant aux critères ci-après :

- le bâtiment ne comporte pas plus de quatre niveaux en hauteur au-dessus du sol (voir figure B.1) ;
- la toiture (plate ou inclinée) et les planchers intermédiaires sont en bois ou en béton ;
- le plancher au niveau du rez-de-chaussée est de type plancher en béton ;
- les murs extérieurs au-dessus du niveau du sol sont en maçonnerie ou en béton ;
- les murs de soubassement sont en maçonnerie et soutiennent les murs extérieurs du bâtiment situés au-dessus du niveau du sol (voir figure B.1).

(2) Les règles données dans cette annexe peuvent être utilisées uniquement dans les conditions suivantes :

- la hauteur de construction libre au sous-sol ne dépasse pas 2,6 m ;
- l'épaisseur des murs de soubassement extérieurs est supérieure ou égale à 200 mm ;
- les murs de soubassement ne sont soumis à aucune pression hydrostatique ;
- aucun plan de clivage horizontal n'est créé dans la construction du mur (par exemple, en raison d'une coupure de capillarité non adhérente) ;
- la masse minimale des planchers du sous-sol et du rez-de-chaussée est de 300 kg/m² et ces planchers agissent comme des diaphragmes assurant un maintien latéral approprié aux murs de soubassement ;
- la surface du sous-sol immédiatement adjacente au côté du mur de soubassement est soit au même niveau, soit en pente à partir du mur (voir figure B.2) et n'est soumise à aucune charge utile supérieure à 5 kN/m², ni à aucune charge concentrée, à moins de 1,5 m du mur, supérieure à 15 kN ;
- le mur de soubassement a une masse minimale de 600 kg/m³ ;
- si le plancher du comble est en béton, sa masse, y compris les chapes ou les finitions, n'est pas inférieure à 225 kg/m² ;
- les éléments de maçonnerie utilisés pour le mur de soubassement sont de type référencé dans l'ENV 1996-1-1 dans les Groupes 1, 2a et 2b, et leur résistance à la compression minimale normalisée est supérieure ou égale à 4,0 N/mm² ;
- le mortier utilisé pour construire le mur de soubassement est de classification M5 ou supérieure.

B.2 Détermination de l'épaisseur des murs de soubassement

(1) L'épaisseur minimale des murs de soubassement peut être déterminée grâce à la procédure suivante :

- déterminer la masse (kg/m^2) du mur de superstructure, y compris les finitions, l'isolation, le revêtement intérieur, etc., en ne tenant pas compte des ouvertures éventuelles ;
- déterminer la masse (kg/m^2) du plancher du rez-de-chaussée en béton, y compris les finitions, le revêtement intérieur, etc., qui recouvre le mur de soubassement. Ne pas tenir compte de la masse du plancher si la portée est parallèle à la longueur du mur de soubassement ;
- déterminer la masse moyenne (kg/m^2) des planchers en béton au-dessus du rez-de-chaussée, y compris les finitions, le revêtement intérieur, etc., qui recouvre le mur soutenu par le mur de soubassement. Ne pas tenir compte de la masse du plancher s'il est en bois ou si la portée est parallèle à la longueur du mur de soubassement ;
- déterminer l'importance moyenne des ouvertures dans la hauteur du mur extérieur, au-dessus du sol, soutenu par le mur de soubassement. Cette importance peut être évaluée en termes de pourcentages de surface pour chaque longueur de mur de soubassement inférieure ou égale à 5 mètres, c'est-à-dire en divisant la surface cumulée des ouvertures contenues dans chaque section de mur prise en compte par la surface totale de la section de mur et en la multipliant par 100 (voir l'exemple donné à la figure B.4) ;
- déterminer la catégorie de charge verticale à partir du tableau B.1 ;
- avec les tableaux B.2 (a à c) et B.3, déterminer la lettre correspondant à la classe de charge sur la base des paramètres précédemment cités ;
- si les murs de soubassement soutiennent un mur pignon en maçonnerie qui s'étend jusqu'aux bords d'un toit incliné (voir figure B.3), élever la classification de la charge d'une lettre, en passant par exemple de E à F ;
- déterminer la hauteur de sol retenue (h_e) (voir figure B.2) ;
- à partir de la figure B.5, déterminer l'épaisseur minimale requise pour le mur de soubassement grâce à la lettre de classification de la charge.

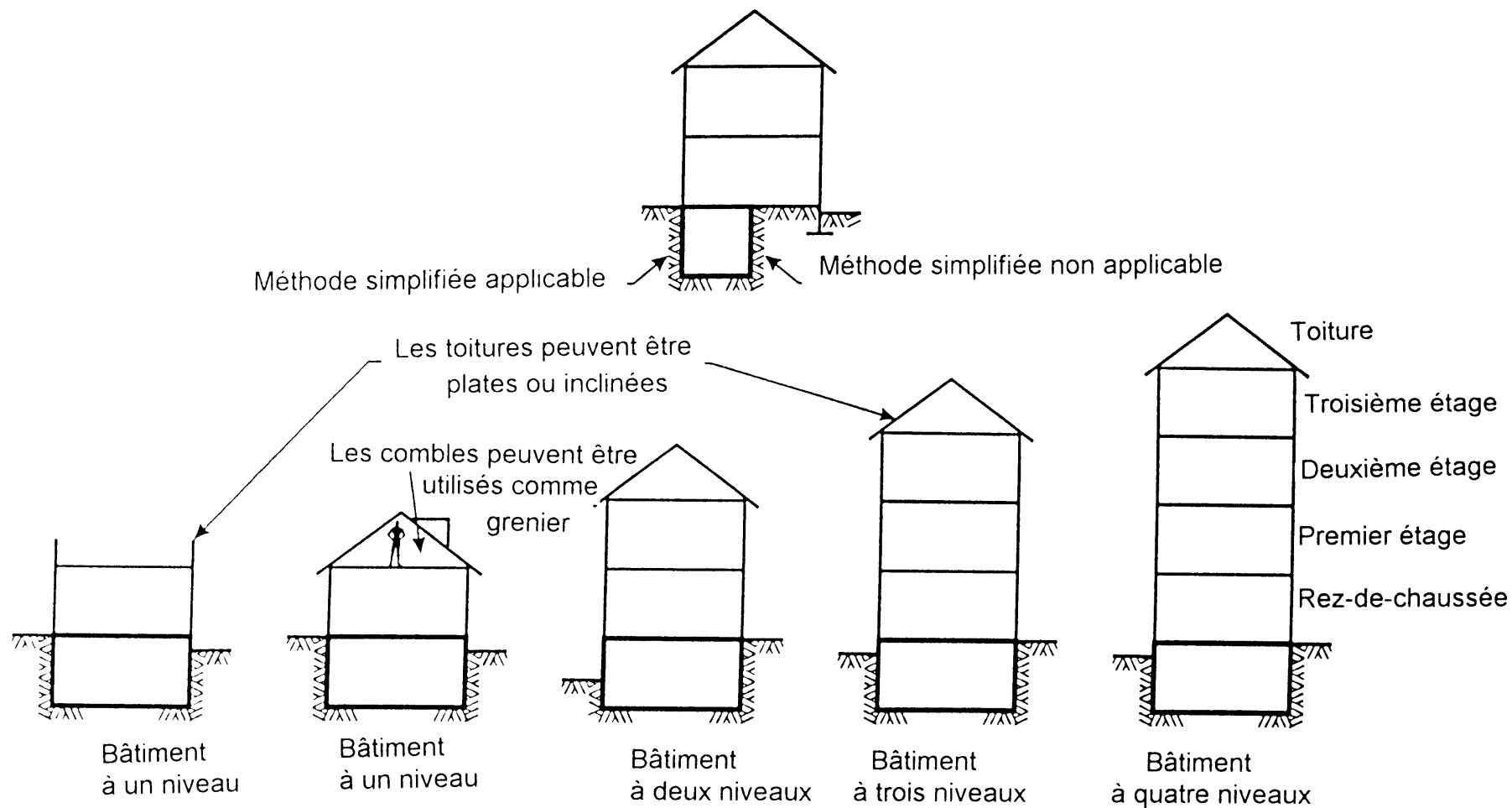


Figure B.1 : Application de la méthode simplifiée de calcul des sous-sols pour les bâtiments peu élevés

NOTE : Les planchers et les toitures peuvent être en béton ou en bois à l'exception du plancher du rez-de-chaussée qu'il convient de construire en béton.

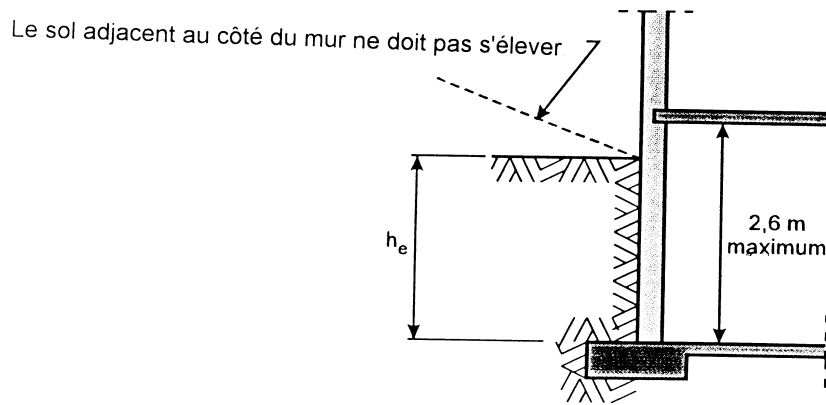


Figure B.2 : Hauteur de terre retenue

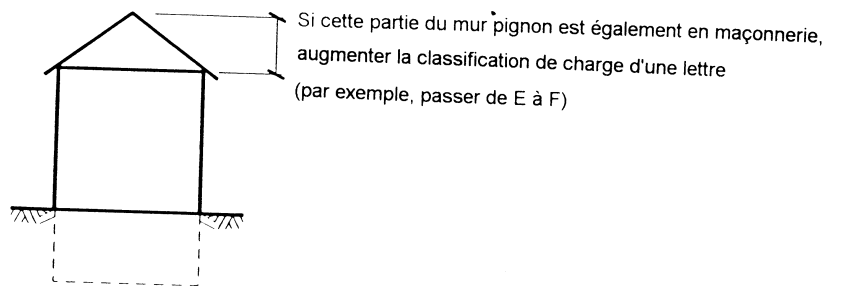
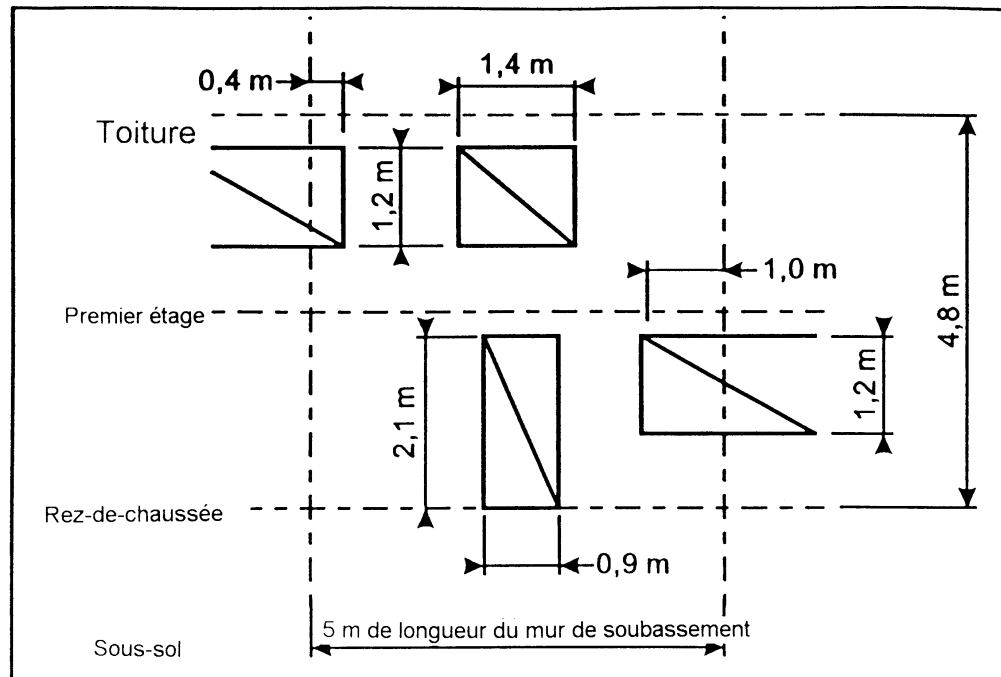


Figure B.3 : Tolérance pour les murs pignons



$$\text{Importance moyenne des ouvertures} = \left[\frac{(1,2 \times 0,4) + (1,4 \times 1,2) + (1,0 \times 1,2) + (2,1 \times 0,9)}{5 \times 4,8} \right] \times 100 = 21,87 \%$$

Figure B.4 : Exemple de la détermination de l'importance des ouvertures

Tableau B.1 : Catégories des charges verticales

Catégorie de charge verticale	Eléments du bâtiment soutenus par le mur de soubassement
1	Mur extérieur
2	Mur extérieur + toiture
3	Mur extérieur + rez-de-chaussée
4	Mur extérieur + toiture + rez-de-chaussée
5	Mur extérieur + 1 étage
6	Mur extérieur + toiture + 1 étage
7	Mur extérieur + rez-de-chaussée + 1 étage
8	Mur extérieur + toiture + rez-de-chaussée + 1 étage
9	Mur extérieur + 2 étages
10	Mur extérieur + toiture + 2 étages
11	Mur extérieur + rez-de-chaussée + 2 étages
12	Mur extérieur + toiture + rez-de-chaussée + 2 étages
13	Mur extérieur + 3 étages
14	Mur extérieur + toiture + 3 étages
15	Mur extérieur + rez-de-chaussée + 3 étages
16	Mur extérieur + toiture + rez-de-chaussée + 3 étages

Tableau B.2 (a) : Classification des chargements pour les murs de soubassement soutenant des bâtiments de deux à quatre niveaux

Classification des chargements																			
Masse du mur extérieur au-dessus du niveau du rez-de-chaussée kg/m ²	Masse des planchers en béton kg/m ²	Nombre de niveaux au-dessus du rez-de-chaussée	Importance moyenne (%) des ouvertures du mur extérieur au-dessus du sous-sol	Catégorie de chargement vertical (voir tableau B.1)															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
300	300	2	< 10	B	C	C	D	C	D	D	E								
			< 30	A	B	B	C	B	C	D	D								
		3	< 10	C	D	D	E	D	E	C	F	C	F	G	C				
			< 30	B	C	C	D	C	D	E	E	E	E	F	G				
		4	< 10	D	E	F	F	F	F	G	H	G	H	H	J	H	J	J	K
			< 30	C	D	D	E	D	E	F	F	F	F	G	H	G	H	H	J
400	300	2	< 10	C	C	D	E	D	E	E	F								
			< 30	B	C	C	D	C	D	D	E								
		3	< 10	D	E	E	F	E	F	G	G	G	G	H	H				
			< 30	C	D	D	E	D	E	F	F	F	F	G	H				
		4	< 10	F	G	G	H	G	H	H	J	H	J	K	K	K	K	L	M
			< 30	D	E	F	F	F	F	G	H	G	H	H	J	H	J	J	K
500	300	2	< 10	C	D	E	E	E	E	F	G								
			< 30	C	C	D	E	D	E	E	F								
		3	< 10	F	F	G	H	G	H	H	J	H	J	J	K				
			< 30	D	E	E	F	E	F	G	G	G	G	H	J				
		4	< 10	H	J	J	K	J	K	K	L	K	L	L	M	L	M	M	M
			< 30	F	G	G	H	G	H	H	J	H	J	J	K	J	K	L	L

Tableau B.2 (b) : Classification des chargements pour les murs de soubassement soutenant des bâtiments de deux à quatre niveaux

Classification des chargements																			
Masse du mur extérieur au-dessus du niveau du rez-de-chaussée kg/m ²	Masse des planchers en béton kg/m ²	Nombre de niveaux au-dessus du rez-de-chaussée	Importance moyenne (%) des ouvertures du mur extérieur au-dessus du sous-sol	Catégorie de chargement vertical (voir tableau B.1)															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
300	400	2	< 10	B	C	C	D	C	D	E	F								
			< 30	A	B	C	D	C	C	D	E								
		3	< 10	C	D	E	E	E	E	F	G	F	G	H	J				
			< 30	B	C	D	E	D	D	E	F	E	F	G	J				
		4	< 10	D	E	F	G	F	G	H	H	H	H	J	K	J	K	L	M
			< 30	C	D	E	F	E	F	F	G	F	G	H	J	H	J	K	K
400	400	2	< 10	C	C	D	E	D	E	F	G								
			< 30	B	C	C	D	C	D	E	F								
		3	< 10	D	E	F	G	F	G	G	H	G	H	J	K				
			< 30	C	D	E	F	E	F	F	G	F	G	H	J				
		4	< 10	F	G	H	H	H	H	J	K	J	K	L	M	L	M	M	M
			< 30	D	E	F	G	F	G	H	H	H	H	J	K	J	K	L	M
500	400	2	< 10	C	D	E	F	E	F	G	G								
			< 30	C	C	D	E	D	E	F	G								
		3	< 10	F	F	G	H	G	H	J	K	J	K	L					
			< 30	D	E	F	G	F	G	G	H	G	H	J	K				
		4	< 10	H	J	J	K	J	K	L	M	L	M	M	M	M	M	M	M
			< 30	F	G	G	H	G	H	J	K	J	K	L	L	L	L	M	M

Tableau B.2 (c) : Classification des chargements pour les murs de soubassement soutenant des bâtiments de deux à quatre niveaux

Classification des chargements																			
Masse du mur extérieur au-dessus du niveau du rez-de-chaussée kg/m ²	Masse des planchers en béton kg/m ²	Nombre de niveaux au-dessus du rez-de-chaussée	Importance moyenne (%) des ouvertures du mur extérieur au-dessus du sous-sol	Catégorie de chargement vertical (voir tableau B.1)															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
300	500	2	< 10	B	C	D	E	D	E	F	G								
			< 30	A	B	C	D	C	D	E	F								
		3	< 10	C	D	E	F	E	F	G	H	G	H	J	K				
			< 30	B	C	D	E	D	E	F	G	F	G	H	J				
		4	< 10	D	E	F	G	F	G	H	J	H	J	K	L	K	L	M	M
			< 30	C	D	E	F	E	F	G	H	G	H	J	K	J	K	L	M
400	500	2	< 10	C	C	E	E	E	E	G	G								
			< 30	B	C	D	E	D	E	F	G								
		3	< 10	D	E	F	G	F	G	H	J	H	J	K	L				
			< 30	C	D	E	F	E	F	G	H	G	H	J	K				
		4	< 10	F	G	H	J	H	J	K	L	K	L	M	M	M	M	M	M
			< 30	D	E	F	G	F	G	H	J	H	J	K	L	K	L	M	M
500	500	2	< 10	C	D	E	F	E	F	G	H								
			< 30	C	C	E	E	E	E	G	G								
		3	< 10	F	F	H	H	H	H	K	K	K	K	M	M				
			< 30	D	E	F	G	F	G	H	J	H	J	K	L				
		4	< 10	H	J	K	L	K	K	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
			< 30	F	G	H	J	H	J	K	L	K	L	M	M	M	M	M	M

Tableau B.3 : Classification des chargements pour les murs de soubassement soutenant les bâtiments à un niveau

Classification des chargements						
Masse du mur extérieur au-dessus du niveau du rez-de-chaussée kg/m ²	Masse des planchers en béton kg/m ²	Importance moyenne (%) des ouvertures du mur extérieur au-dessus du sous-sol	Catégorie de chargement vertical (voir tableau B.1)			
			1	2	3	4
300	300	< 10	A	B	B	D
		< 20	A	B	B	D
		< 30	A	B	B	C
		< 40	-	B	B	C
400	300	< 10	A	C	C	D
		< 20	A	C	C	D
		< 30	A	B	B	D
		< 40	A	B	B	D
500	300	< 10	B	C	C	E
		< 20	A	C	C	D
		< 30	A	C	C	D
		< 40	A	B	B	D
300	400	< 10	A	B	C	D
		< 20	A	B	C	D
		< 30	A	B	B	D
		< 40	-	B	B	D
400	400	< 10	A	C	C	E
		< 20	A	C	C	D
		< 30	A	B	C	D
		< 40	A	B	C	D
500	400	< 10	B	C	D	E
		< 20	A	C	C	E
		< 30	A	C	C	D
		< 40	A	B	C	D
300	500	< 10	A	B	C	E
		< 20	A	B	C	D
		< 30	A	B	C	D
		< 40	-	B	C	D
400	500	< 10	A	C	D	E
		< 20	A	C	C	E
		< 30	A	B	C	E
		< 40	A	B	C	D
500	500	< 10	B	C	D	E
		< 20	A	C	D	E
		< 30	A	C	C	E
		< 40	A	B	C	E

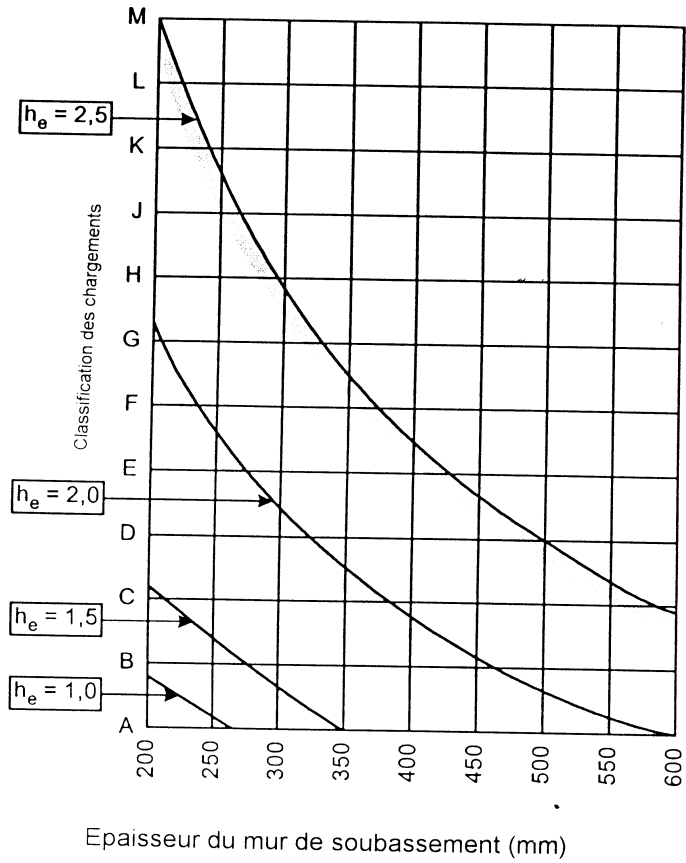


Figure B.5 : Détermination de l'épaisseur des murs de soubassement

Annexe C (normative)

Règles simples pour le calcul des murs intérieurs non porteurs

C.1 Conditions générales d'application

(1) Les règles données dans la présente annexe s'appliquent uniquement dans les cas où :

- le mur est situé à l'intérieur d'un bâtiment ;
- la façade extérieure du bâtiment n'est pas percée par une porte de grande taille ou des ouvertures similaires ;
- le mur n'est pas soumis à des actions variables permanentes ou exceptionnelles (y compris les charges dues au vent), autres que celles dues à son propre poids ;
- le mur n'est pas utilisé comme support d'objets lourds tels que meubles et équipements sanitaires ou de chauffage ;
- le mur n'est pas soumis à des charges de foule ;
- la stabilité du mur n'est pas affectée par la déformation d'autres parties du bâtiment (par exemple, par la flexion des planchers) ou par des activités effectuées à l'intérieur du bâtiment ;
- la stabilité du mur n'est pas affectée par la présence d'une porte ou d'autres ouvertures pratiquées dans le mur (voir C.2 (2) pour la méthode de calcul des murs comportant des ouvertures) ;
- la stabilité du mur n'est pas affectée par la présence d'une saignée quelconque.

(2) L'utilisation des règles données dans la présente annexe dépend également des exigences dimensionnelles et de construction suivantes :

- la hauteur (H) du mur ne dépasse pas 6 m ;
- la longueur (L) du mur ne dépasse pas 12 m entre les appuis verticaux ;
- l'épaisseur du mur brut ne doit pas être inférieure à $\boxed{50}$ mm ;
- pour les murs conçus pour être tenus en tête, la liaison est conçue et réalisée en conséquence ;
- pour les murs conçus pour être tenus en rives, la liaison est conçue et réalisée en conséquence ;
- les éléments de maçonnerie utilisés pour la construction du mur peuvent être de l'un quelconque des types auxquels il est fait référence dans l'ENV 1996-1-1, aux Groupes 1, 2a, 2b et 3 ;

- le mortier utilisé pour la construction du mur peut être de l'un quelconque des types auxquels il est fait référence dans l'ENV 1996-1-1, mais il convient que :

- le mortier d'usage courant ne soit pas inférieur à la classe M2 ;
- le mortier pour joints minces et le mortier léger ne soient pas inférieurs à la classe M5 ;
- le mortier utilisé pour les éléments de maçonnerie du groupe 3 ne soit pas inférieur à la classe M10.

C.2 Détermination de la limitation de l'épaisseur et de la taille des murs intérieurs non porteurs

(1) L'épaisseur minimale et les dimensions limites du mur peuvent être déterminées à partir de la figure C.1 qui prévoit les conditions suivantes de maintien périphérique du mur :

- type a : les murs sont tenus le long de quatre rives ;
- type b : les murs sont tenus le long de toutes les rives, à l'exception d'une rive verticale ;
- type c : les murs sont tenus le long de tous les bords, à l'exception de la rive supérieure ;
- type d : les murs sont tenus le long des rives supérieures et inférieures seulement.

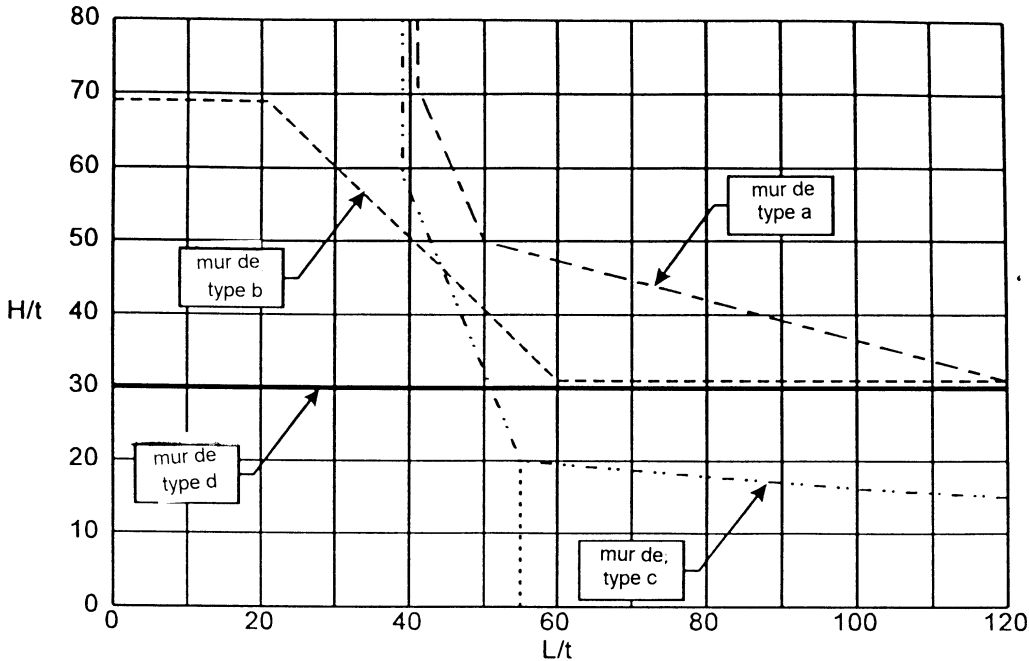
(2) Pour les murs avec ouvertures, l'épaisseur minimale et les dimensions limites peuvent également être déterminées à partir de la figure C.1, à condition que le "type" de mur soit déterminé à partir des règles de base illustrées à la figure C.2.

(3) L'effet des ouvertures sur la stabilité du mur peut être ignoré dans les cas suivants :

- lorsque la surface globale des ouvertures n'est pas supérieure à 2,5 % de la surface du mur ;

et

- lorsque la surface maximale de l'une quelconque des ouvertures individuelles n'est pas supérieure à 0,1 m².



NOTE : t est l'épaisseur du mur (en mm) qui peut comprendre une épaisseur maximale de plâtre de 13 mm de chaque côté du mur, H est la hauteur du mur (en mm), et L est la longueur du mur (en mm). Il convient de ne pas tenir compte de l'épaisseur des matériaux de revêtement secs.

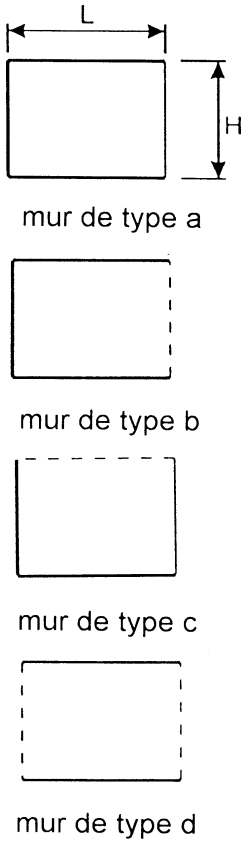
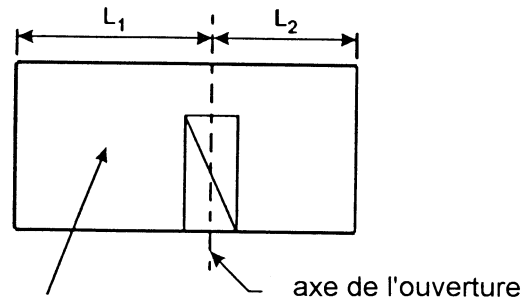
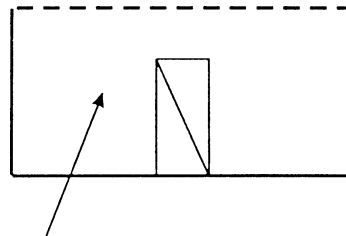


Figure C.1 : Limitation de l'épaisseur et de la taille des murs intérieurs non porteurs



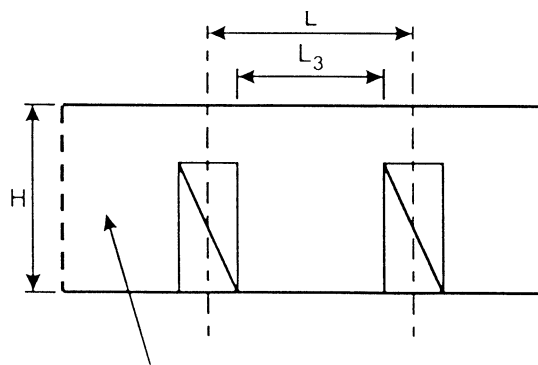
déterminer l'épaisseur du mur en supposant que le mur est de type b et que L est supérieur à L_1 et L_2

Mur de type a avec ouverture



les règles de base ne s'appliquent pas

Mur de type c avec ouverture



les règles de base peuvent s'appliquer à condition que :

L_3 ne soit pas inférieur à $2/3$ de la distance (L) mesurée entre les centres des ouvertures, et que L_3 soit supérieur à $2/3$ de H .

Mur de type d avec ouvertures

Figure C.2 : Application des règles de base pour les murs non porteurs avec ouvertures

Annexe D (informative)

Méthode simplifiée de détermination de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie

D.1 Généralités

(1) La détermination de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie f_k , peut être obtenue par les méthodes simplifiées suivantes qui s'appliquent aux divers types de constructions de maçonnerie. Ces méthodes simplifiées ne sont valables que pour les valeurs de K données dans les encadrés dans l'ENV 1996-1-1.

D.2 Mortiers d'usage courant

(1) La résistance caractéristique à la compression peut être déterminée à partir de l'équation suivante :

$$f_k = f_{k0} \times C_1 \quad (D.2)$$

où les valeurs de f_{k0} et de C_1 sont obtenues à partir des tableaux D.2.1 et D.2.2 respectivement.

Tableau D.2.1 : Valeurs de f_{k0} de la maçonnerie non armée, en N/mm²

f_b en N/mm ²	f_{k0} de la maçonnerie non armée, en N/mm ²			
	M2,5	M5	M10	M20
2	1,0	1,1	1,1	1,1
4	1,5	1,8	2,1	2,1
6	2,0	2,4	2,8	3,0
8	2,4	2,9	3,4	3,9
10	2,8	3,3	4,0	4,7
12	3,2	3,8	4,5	5,3
16	3,8	4,5	5,4	6,4
20	4,4	5,2	6,2	7,4
25	5,1	6,1	7,2	8,6
30	5,7	6,8	8,1	9,6

Tableau D.2.2 : Valeurs de C_1

	C_1 par groupe			
	1	2a	2b	3
Maçonnerie sans joints longitudinaux	1,2	1,1	1,0	0,8
Maçonnerie avec joints longitudinaux	1	0,9	0,8	0,8

D.3 Mortiers pour joints minces et éléments silico-calcaires du Groupe 1 et éléments en béton cellulaire autoclavé sans joint longitudinal

(1) La résistance caractéristique à la compression peut être déterminée à partir de l'équation suivante :

$$f_k = f_{k0} \quad (D.3)$$

où les valeurs de f_{k0} sont obtenues à partir du tableau D.3.1.

Tableau D.3.1 : Valeurs de f_{k0} de la maçonnerie non armée en N/mm²

f_b en N/mm ²	f_{k0} en N/mm ²
2	1,4
4	2,6
6	3,7
8	4,7
10	5,7
12	6,6
16	8,4
20	10,2
25	12,3
30	14,4

D.4 Mortiers pour joints minces et éléments autres que silico-calcaires et éléments en béton cellulaire autoclavé

(1) La résistance caractéristique à la compression peut être déterminée à partir de l'équation suivante :

$$f_k = f_{k0} \times C_3 \quad (D.4)$$

où les valeurs de f_{k0} et de C_3 sont obtenues à partir des tableaux D.4.1 et D.4.2 respectivement.

Tableau D.4.1 : Valeurs de f_{k0} de la maçonnerie non armée en N/mm²

f_b en N/mm ²	f_{k0} du mortier en N/mm ²		
	M5	M10	M20
2	1,1	1,1	1,1
4	1,8	2,1	2,1
6	2,4	2,8	3,0
8	2,9	3,4	3,9
10	3,3	4,0	4,7
12	3,8	4,5	5,3
16	4,5	5,4	6,4
20	5,2	6,2	7,4
25	6,1	7,2	8,6
30	6,8	8,1	9,6

Tableau D.4.2 : Valeurs de C_3

Groupe d'élément	1	2a	2b	3
C_3 (sans joints longitudinaux)	1,4	1,2	1,0	-

D.5 Mortiers légers et éléments des Groupes 1, 2a, 2b sans joint de mortier longitudinal

(1) La résistance caractéristique à la compression peut être déterminée à partir de l'équation suivante :

$$f_k = f_{k0} \times C_2 \quad (D.5)$$

où les valeurs de f_{k0} et de C_2 sont obtenues à partir des tableaux D.5.1 et D.5.2 respectivement.

Tableau D.5.1 : Valeurs de f_{k0}

f_b en N/mm ²	f_{k0} en N/mm ²
2	0,9
4	1,4
6	1,8
8	2,1
10	2,5
12	2,8

Tableau D.5.2 : Valeurs de C_2

Elements et masse volumique sèche du mortier		C_2
Béton léger et béton cellulaire autoclavé avec du mortier de 600 à 1500 kg/m ³		1,45
Autres éléments avec mortier de	700 à 1000 kg/m ³	1,27
	600 à 700 kg/m ³	1,00