

STS 22

MACONNERIE pour CONSTRUCTION BASSE

Partie 2

STS 22-2: Maçonnerie pour construction basse-Stabilité

**Version août 2019**

La mission du SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie consiste à créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. Dans ce cadre, la Direction générale de la Qualité et de la Sécurité a édité cette publication ayant pour but de mettre à la disposition des pouvoirs publics et des acteurs de la construction un instrument visant à optimiser et/ou à normaliser la qualité des constructions.

SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE, P.M.E., CLASSES MOYENNES ET ENERGIE

Direction générale de la Qualité et de la Sécurité

Division Qualité et Innovation

Service Spécifications dans la Construction

North Gate

Boulevard Albert II 16

1000 Bruxelles

Tél. : 02 277 81 76

Fax : 02 277 54 44

Numéro d'entreprise : 0314.595.348

<https://economie.fgov.be>

2

Editeur responsable :

Chris Van der Cruyssen

Directeur général a.i.

Direction générale de la Qualité et de la Sécurité

North Gate

Boulevard du Roi Albert II 16

1000 Bruxelles

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

## Avant-propos

Ces STS ont été établies conformément à la procédure BURTCB/CTC-2013-002 par le groupe de travail mis en place à cet effet par l'organisme mandaté, le Bureau de Contrôle technique pour la Construction (SECO).

Elles ont été approuvées le 10.06.2019 par le groupe de travail. Le projet des STS a été évalué par le Service Spécifications dans la Construction, Division Qualité et Innovation de la Direction générale de la Qualité et de la Sécurité du Service public fédéral Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie. Cette évaluation a été soumise à la Commission Technique de la Construction qui, à la date indiquée ci-dessous, a validé le projet, conformément à l'article 9 l'arrêté royal du 1<sup>er</sup> février 2018 relatif aux statuts et à la procédure pour l'établissement de Spécifications techniques. L'organisme qui a obtenu le mandat pour la rédaction des STS est responsable de son contenu technique.

Cinq ans après leur date de publication, la nécessité de réviser ces STS doit être évaluée. Le cas échéant, le texte de ces STS sera adapté, conformément à l'arrêté royal précité. Les prescriptions types ne dispensent pas les concepteurs, acheteurs et vendeurs de leur responsabilité. Elles ne comprennent aucune garantie des autorités ou des rédacteurs des STS et elles ne donnent aucun droit exclusif sur la fabrication ou la vente.

Les STS validées sont publiées sur le site internet du SPF Economie (<https://economie.fgov.be/fr/>).

Ces STS remplacent la partie relative à la stabilité des « STS 22 – Maçonnerie pour constructions basses : tome 3 : mise en œuvre - édition 1989 ».

3

Bruxelles,  
14 août 2019

Chris Van der Cruyssen  
Directeur général a. i.

## Table des matières

Avant-propos .....	3
Table des matières.....	4
Liste des tableaux .....	5
Liste des graphiques.....	6
1 Introduction .....	7
1.1 Généralités.....	7
1.2 Dispositions générales concernant les STS.....	7
1.2.1 Signification, rôle et statut des STS .....	7
1.2.2 Processus d'établissement.....	8
1.2.3 Composition du groupe de travail.....	8
1.2.4 Validité et actualisation .....	8
1.2.5 Références aux autres spécifications .....	8
2 Stabilité.....	9
2.1 Généralités.....	9
2.1.1 Définitions .....	9
2.1.2 Normes .....	10
2.1.3 Domaine d'application.....	10
2.1.4 Limites du domaine d'application.....	11
2.1.5 Conditions supplémentaires .....	12
2.2 Calcul de la maçonnerie portante soumise à des charges verticales.....	16
2.2.1 Généralités.....	16
2.2.2 Détermination des valeurs de calcul de la charge verticale .....	16
2.2.3 Résistance à la compression des éléments de maçonnerie portante .....	16
2.2.4 Résistance à la compression de la maçonnerie.....	17
2.2.5 Détermination du facteur de réduction dû à l'élancement et à l'excentricité.....	20
2.2.6 Exemple de calcul .....	22
2.2.7 Appuis des planchers sur les murs porteurs .....	24
2.2.8 Charges concentrées .....	27
2.2.9 Influence des éléments isolants dans la couche d'assise .....	30
2.2.10 Exemple de calcul .....	33
2.3 Calcul de la maçonnerie soumise à des charges horizontales.....	34
2.3.1 Détermination de la résistance à la flexion sous charge perpendiculaire au plan..	34
2.3.2 Détermination des moments de flexion appliqués $M_{Ed1}$ et $M_{Ed2}$ .....	35
2.3.3 Exemple de calcul .....	38
2.3.4 Murs armés.....	38
2.3.5 Exemple de calcul .....	39
2.3.6 Calcul des murs raidisseurs (charge horizontale) .....	40
2.4 Vérification des structures en maçonnerie par rapport au risque sismique .....	48

2.4.1	Généralités .....	48
2.4.2	Aléa sismique .....	48
2.4.3	Vérification explicite de la stabilité sismique .....	51
2.4.4	Vérification sismique – méthode simplifiée.....	52
	Annexe 1. Portée maximale pour des murs servant d'appui de rives de planchers sous charges verticales.....	60
	Annexe 2. Résistance caractéristique de la maçonnerie .....	65
	Annexe 3. Coefficients de moment fléchissant de panneaux de murs à une seule paroi soumis à une charge latérale, dont l'épaisseur $\leq 250$ mm .....	70
	Annexe 4. Action du vent.....	76
	Annexe 5. Le pourcentage minimal de murs de contreventement dans les zones à sismicité	79
	Annexe 6. Zonation des communes belges .....	82

## Liste des tableaux

Tableau 2.1.1.	Classification en groupes selon NBN EN 1996-1-1 .....	15
Tableau 2.2.1.	Facteurs de pondération.....	16
Tableau 2.2.2.	Facteur de forme $\delta$ .....	17
Tableau 2.2.3.	Résistance à la compression de la maçonnerie constituée de mortier d'usage courant.....	18
Tableau 2.2.4.	Résistance à la compression de la maçonnerie à joints minces .....	19
Tableau 2.2.5.	Coefficients de sécurité .....	19
Tableau 2.2.6.	Valeur minimale de $a_1$ (mm) .....	26
Tableau 2.2.7.	Valeur de $a_2$ (mm) .....	26
Tableau 2.2.8.	Valeur de $\Delta a_2$ (mm) .....	26
Tableau 2.2.9.	Valeur de $a_3$ (mm) .....	26
Tableau 2.2.10.	Valeur minimale de $a_1$ (mm) .....	29
Tableau 2.2.11.	Valeur de $a_2$ (mm) .....	29
Tableau 2.2.12.	Valeur de $\Delta a_2$ (mm) .....	29
Tableau 2.2.13.	Valeur minimale de $a_3$ (mm) .....	30
Tableau 2.3.1.	Tableau 3.10 ANB – Résistance caractéristique <b><math>f_{xk1}</math></b> et <b><math>f_{xk2}</math></b> .....	35
Tableau 2.3.2.	Valeurs de $\alpha$ en fonction du degré de liaison aux bords.....	37
Tableau 2.3.3.	Classes de vent.....	41
Tableau 2.3.4.	Résistance caractéristique initiale au cisaillement $f_{vk0}$ .....	44
Tableau 2.3.5.	Valeurs de $c_t$ [ $m^2/kN$ ] .....	47
Tableau 2.4.1.	Catégories d'importance des bâtiments .....	49
Tableau 2.4.2.	Catégories de sol .....	50
Tableau 2.4.3.	Coefficient $S$ en fonction du type de sol.....	50
Tableau 2.4.4.	Conditions des murs.....	51
Tableau 2.4.5.	Coefficient $\beta$ en fonction du nombre d'étages.....	52

Tableau 2.4.6. Dispositions constructives en fonction du niveau d'aléa sismique.....	54
Tableau 2.4.7. Capacité minimale des efforts à transmettre dans le cas de planchers en béton .....	54
Tableau 2.4.8. Capacité minimale des efforts à transmettre par les planchers en bois ...	55
Tableau 2.4.9. Résistance au frottement en fonction de l'effort de compression et de la longueur d'appui (en kN/m).....	55
Tableau 2.4.10. Armatures supplémentaires en fonction des efforts à transmettre .....	56

### Liste des graphiques

6

Figure 2.1.1. Détermination de la hauteur moyenne.....	11
Figure 2.1.2. Mur servant d'appui de rive .....	13
Figure 2.2.1. Facteur $\rho_2$ .....	20
Figure 2.2.2. Facteur $\rho_3$ .....	20
Figure 2.2.3. Facteur $\rho_4$ .....	21
Figure 2.2.4. Facteur de réduction pour l'élanement.....	21
Figure 2.2.5. Facteur de réduction $\Phi_s$ .....	22
Figure 2.2.6. Exemple 1 .....	22
Figure 2.2.7. Exemple 2 .....	23
Figure 2.2.8. Appui nominal.....	25
Figure 2.2.9. Charge verticale concentrée .....	27
Figure 2.2.10. Conditions supplémentaires en cas de charges concentrées .....	28
Figure 2.2.11. Profondeur d'appui nominale dans le cas d'appareil d'appui.....	28
Figure 2.2.12. Croquis de principe au pied de mur (situation simplifiée) .....	30
Figure 2.2.13. Exemple d'essai de la résistance à la compression de la combinaison : élément isolant/élément de la deuxième couche. ....	32
Figure 2.3.1. Maçonnerie en flexion .....	34
Figure 2.3.2. Calcul des moments fléchissants $M_{Ed1}$ et $M_{Ed2}$ .....	36
Figure 2.3.3. Zones de vitesse du vent et zones à sismicité.....	42
Figure 2.3.4. schéma de situation de la résistance aux cisaillements .....	43
Figure 2.3.5. Croquis de situation de l'exemple de calcul .....	45
Figure 2.3.6. Disposition des murs de contreventement .....	46
Figure 2.3.7. Murs de contreventement ou murs raidisseurs et exigences relatives aux profilés en I.....	47
Figure 2.4.1. Les zones à sismicité.....	49
Figure 2.4.2. Exemple vue en plan.....	58
Carte avec vitesses de vent .....	76

# 1 Introduction

## 1.1 Généralités

Les STS 22 comprennent 4 tomes :

Partie 1 : STS 22-1: Maçonnerie pour construction basse-Matériaux

- Partie 2 : STS 22-2: Maçonnerie pour construction basse-Stabilité
- Partie 3 : STS 22-3: Maçonnerie pour construction basse-Thermique, acoustique, feu et étanchéité à l'air
- Partie 4 : STS 22-4: Maçonnerie pour construction basse-Exécution générale de la maçonnerie

Ces STS se rapportent aux prescriptions pour la maçonnerie réalisée avec :

- des éléments de maçonnerie faisant partie des normes de produit harmonisées NBN EN 771-partie 1 à 6 ;
- des mortiers qui font partie de la norme de produit harmonisée NBN EN 998-2 et des mortiers fabriqués sur place ;
- des composants accessoires comme décrits dans les normes de produit harmonisées NBN EN 845-partie 1 à 3 ;

et suivant les prescriptions de l'Eurocode 6, de l'Eurocode 8, des arrêtés royaux, des arrêtés ministériels et des normes belges pertinents.

Ces prescriptions décrivent les exigences pouvant être imposées aux produits, ainsi qu'aux exécutants et aux méthodes de mise en œuvre. Elles sont complétées par des précisions, des règles et usages locaux, et les règles de l'art, au profit de la résistance mécanique et de la stabilité, de la sécurité incendie et des exigences relatives à la performance énergétique et acoustique des bâtiments.

Les prescriptions au sujet des calculs de stabilité, comme décrites dans le chapitre 3 : Stabilité, se rapportent à une maçonnerie avec une hauteur maximale de 20m (cf. NBN EN 1996-3).

En cas de hauteurs plus élevées, il faut suivre les prescriptions plus détaillées de la NBN EN 1996-1-1 (Eurocode 6) et de la NBN EN 1998-1 (Eurocode 8), chacune avec son annexe nationale.

## 1.2 Dispositions générales concernant les STS

### 1.2.1 Signification, rôle et statut des STS

Les STS sont des prescriptions-types relatives aux caractéristiques des produits de construction, des systèmes de construction, des éléments de construction ou aux performances de constructions ou bâtiments intégraux, mises à la disposition des autorités et des acteurs du secteur de la construction, pour l'élaboration de prescriptions ciblées et concrètes dans le cadre du processus de construction.

Les STS peuvent être utilisées comme document de référence, de guide ou de modèle pour l'élaboration de prescriptions concrètes. Les STS ne sont pas juridiquement contraignantes

en soi mais peuvent le devenir lorsqu'elles sont utilisées comme document de référence dans des contrats, des cahiers des charges et des réglementations.

Dans ce sens, les STS peuvent être considérées comme une forme de normalisation des prescriptions de construction. Elles sont basées sur des connaissances issues de l'expérience et d'études.

Les prescriptions de construction visées peuvent se rapporter aux propriétés des produits, des systèmes de construction et des procédés, à la conception, à la mise en œuvre ou à l'exécution.

### **1.2.2 Processus d'établissement**

Ces STS sont établies conformément à l'arrêté ministériel du 6 septembre 1991 relatif à l'établissement de spécifications-types dans la construction, modifié par l'arrêté ministériel du 28 septembre 2009.

### **1.2.3 Composition du groupe de travail**

Pour les présentes STS, le groupe de travail est composé comme suit :

- Belgian Construction Certification Association (BCCA) ;
- Fédération Belge de la Brique (FBB) ;
- Centre belge de Recherches scientifiques et techniques pour l'Industrie Cimentière (CRIC-OCCN) ;
- BE-CERT ;
- Bureau de Contrôle Technique pour la Construction en Belgique (SECO) ;
- Fédération de l'Industrie Belge du Béton (FEBE) ;
- Fédération Belge de béton cellulaire (FEBECEL) ;
- Fédération des producteurs belges de Mortiers de Ciment industriels (FEMO) ;
- Service public fédéral Economie ;
- Probeton – Organisme de gestion pour le contrôle des produits en béton ;
- Université de Liège (Département d'Architecture, Géologie, Environnement et Constructions) ;
- Université de Mons (Département d'Architecture) ;
- Commission miroir NBN E 25006 ;
- Vlaamse Architectenorganisatie (NAV) ;
- Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC).

En complément à la constitution de ce groupe de travail et pour pallier l'absence des associations représentatives de certaines catégories de parties intéressées, des entreprises représentatives individuelles ont également apporté leur collaboration.

### **1.2.4 Validité et actualisation**

Le contenu de ces STS sera régulièrement actualisé en fonction de la réglementation et de l'évolution des normes et des règles de l'art.

### **1.2.5 Références aux autres spécifications**

Lorsque c'est pertinent, les STS renvoient aux spécifications normatives officielles, telles qu'elles sont en vigueur à la date de la publication de ces STS. Si après la publication de ces STS de nouvelles éditions paraissent, celles-ci seront d'application et, si nécessaire et dans le cas où il y a contradiction, les paragraphes concernés remplaceront ceux de ces STS.



## 2 Stabilité

### 2.1 Généralités

Ce chapitre est entièrement compatible avec les dispositions de l'Eurocode 6 et l'Eurocode 8 et traite les méthodes de calcul simplifiées pour la conception des ouvrages en maçonnerie sous certaines conditions d'application (voir domaine d'application). Il suit les règles de l'Eurocode 6-3. Le §2.4 décrit les vérifications à faire pour des structures en maçonnerie, soumises à des charges sismiques. La stabilité, comme décrit ci-dessous, ne se rapporte qu'à la maçonnerie, exécutée avec des éléments de maçonnerie qui appartiennent à l'une des normes NBN EN 771-1 à 6 et des mortiers qui appartiennent à la norme NBN EN 998-2 ou des mortiers préparés sur chantier.

#### 2.1.1 Définitions

Les définitions, données dans la partie 1(STS 22-1:Maçonnerie pour construction basse-Matériaux) sont d'application.

**Appareillage** : disposition des éléments de maçonnerie selon un aspect régulier pour obtenir un fonctionnement monolithique.

**Maçonnerie armée** : maçonnerie dans laquelle des barres ou treillis sont enrobés dans un mortier ou du béton de sorte que tous les matériaux travaillent ensemble pour résister aux forces appliquées.

**Maçonnerie non armée** : maçonnerie ne présentant pas une armature suffisante pour être considérée comme un ouvrage en maçonnerie armée.

**Module d'élasticité de la maçonnerie E** : module d'élasticité de la maçonnerie à court terme. En Belgique, il est normativement déterminé à  $1000 \cdot f_k$  (avec  $f_k$  = la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie).

**Mur porteur** : un mur, principalement calculé pour supporter une charge en plus de son poids propre.

**Mur non porteur** : un mur qui n'est pas supposé résister à des efforts, de sorte qu'il pourrait être supprimé sans porter préjudice à l'intégrité du reste de la structure.

**Mur simple** : un mur sans vide ou joint longitudinal continu dans son plan.

**Mur à double paroi** : un mur constitué de deux parois parallèles dont le joint longitudinal intermédiaire est rempli complètement de mortier et efficacement liées entre elles par des attaches de façon qu'elles fonctionnent ensemble sous l'effet des charges.

**Mur creux** : un mur comprenant deux parois simples parallèles, efficacement reliées par des attaches ou des armatures pour joints d'assise. L'espace entre les deux parois est laissé vide ou est rempli complètement ou partiellement par un isolant thermique non porteur.

*Remarque :*

*Un mur comprenant deux parois séparées par un vide, dont l'une des parois ne contribue pas à la résistance ou à la raideur de l'autre paroi, est considéré comme un mur d'habillage*

**Mur raidisseur** : un mur établi perpendiculairement à un autre mur pour lui fournir un appui contre les forces latérales ou pour résister au flambement et aussi contribuer à la stabilité de la construction.

**Résistance à la compression de la maçonnerie** : résistance de la maçonnerie en compression sans prise en compte des effets de freinage des plateaux de presse ni de l'élançement ou de l'excentricité des charges.

**Résistance au cisaillement de la maçonnerie** : résistance de la maçonnerie soumise à des efforts de cisaillement.

**Résistance à la flexion de la maçonnerie** : résistance de la maçonnerie à la flexion.

### 2.1.2 Normes

Les normes sur lesquelles se fonde cette partie des STS 22 sont :

- NBN EN 1990 + ANB (2013) : Eurocode 0 : Base de calcul des structures
- NBN EN 1996-1-1 + ANB (2010) : Eurocode 6-1-1 : Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 1-1 : Règles communes pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée.
- NBN EN 1996-2 + ANB (2011) : Eurocode 6-2 : Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 2 : Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries.
- NBN EN 1996-3 + ANB (2012) : Eurocode 6-3 : Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 3 : Méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages en maçonnerie non armée.
- NBN EN 1998-1 + ANB (2011) : Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.

Dans le texte ci-dessous, on fait référence à ces normes sous une forme abrégée, comme indiqué en italique. Si une nouvelle édition de l'une des normes mentionnées ci-dessus est en vigueur, celle-ci est d'application et en cas d'incohérences, celle-ci est prioritaire.

### 2.1.3 Domaine d'application

L'Eurocode 6 s'applique au calcul des bâtiments et des ouvrages de génie civil, ou de parties d'ouvrage, en maçonnerie non armée, armée, précontrainte ou confinée.

L'Eurocode 6 ne traite que des prescriptions de résistance, de l'aptitude à l'emploi et de durabilité des ouvrages. Les autres prescriptions, par exemple celles relatives aux isolations thermiques ou acoustiques, ne sont pas abordées.

L'Eurocode 6 ne traite pas des prescriptions particulières du calcul de la résistance au séisme. Les dispositions à prendre vis à vis de telles prescriptions sont données par §2.4 Vérification des structures en maçonnerie par rapport au risque sismique (Eurocode 8) qui est cohérent avec l'Eurocode 6 et le complète.

Les valeurs numériques des actions devant être prises en compte dans le calcul des bâtiments et des ouvrages de génie civil ne sont pas données par l'Eurocode 6. Ces valeurs figurent dans l'Eurocode 1.

Les STS 22-2 énoncent des méthodes simplifiées destinées au calcul des ouvrages en maçonnerie suivants, soumis à certaines conditions d'application :

- murs soumis aux charges verticales, et aux charges dues au vent ;

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

- murs soumis aux charges concentrées ;
- murs soumis aux charges latérales ;
- murs de contreventement.

Pour les types de structures non couverts par ce qui est mentionné ci-dessus, le calcul doit être effectué sur la base de l'Eurocode 6-1-1.

Les règles sont cohérentes avec celles données dans l'Eurocode 6-1-1, mais sont plus conservatives (sécuritaire) en ce qui concerne les limitations de leurs conditions d'emploi.

Ces méthodes de calcul simplifiées s'appliquent uniquement aux structures en maçonnerie, décrites dans la partie 4 (STS 22-4: Maçonnerie pour construction basse-Exécution générale de la maçonnerie).

La présente partie ne s'applique pas aux ouvrages en maçonnerie de section en plan inférieure à 0,04 m<sup>2</sup>.

La présente partie ne traite pas la résistance au feu. Ce sujet est traité dans la partie 3 (STS 22-3: Maçonnerie pour construction basse-Thermique, acoustique, feu et étanchéité à l'air).

Les STS 22-2 ne traitent pas non plus :

- des aspects particuliers de types de bâtiments spéciaux (tels que les effets dynamiques exercés sur les bâtiments élevés) ;
- des aspects particuliers des natures de constructions (tels que ponts, barrages, cheminées, ou réservoirs en maçonnerie) ;
- des aspects particuliers de types de structure (tels que les voûtes et les coupoles) ;
- de la maçonnerie qui utilise des mortiers de plâtre avec ou sans ciment ;
- de la maçonnerie pour laquelle les éléments ne sont pas posés selon un aspect régulier (maçonnerie de moellons bruts) ;
- de la maçonnerie armée au moyen d'autres matériaux que l'acier ;
- de la maçonnerie précontrainte.

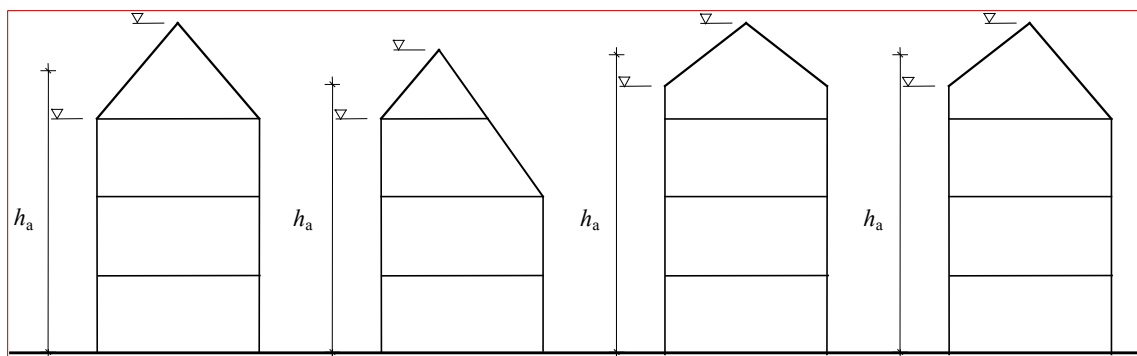
Les méthodes de calcul simplifiées données dans les STS 22-2 ne s'appliquent pas au calcul des situations accidentelles.

#### 2.1.4 Limites du domaine d'application

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 doit être déterminée comme la hauteur moyenne  $h_a$  indiquée à la figure 2.1.1. ;

Figure 2.1.1. Détermination de la hauteur moyenne



- la portée des planchers en appui sur les murs ne doit pas dépasser 7 m (dans le cas de l'utilisation de la méthode de calcul simplifiée pour la résistance aux séismes (voir §2.4), la portée est limitée à 6 m) ;
- la portée du toit en appui sur les murs ne doit pas dépasser 7,0 m, sauf dans le cas de fermes légères pour lesquelles la portée ne doit pas dépasser 14,0 m (dans le cas de l'utilisation de la méthode de calcul simplifiée pour la résistance aux séismes (voir §2.4), la portée est limitée à respectivement 6 m et 12 m) ;
- la hauteur libre d'un étage ne doit pas excéder 3,2 m. Si la hauteur totale du bâtiment n'est pas supérieure à 7,0 m, la hauteur libre du rez-de-chaussée du bâtiment peut être égale à 4,0 m (dans le cas de l'utilisation de la méthode de calcul simplifiée pour la résistance aux séismes - voir §2.4 - la hauteur libre est limitée à 3 m) ;
- les valeurs caractéristiques des actions variables, au niveau des planchers et la toiture, ne doivent pas dépasser 5,0 kN/m<sup>2</sup> ;
- les murs sont 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 conformément au § 8.5.1.1 de l'Eurocode 6-1-1 ;
- les murs sont alignés verticalement en hauteur ;
- les planchers et la toiture ont un appui sur le mur d'au moins 0,4t (avec t : l'épaisseur du mur), sans qu'il soit inférieur à 75 mm (dans le cas de l'utilisation de la méthode de calcul simplifiée pour la résistance aux séismes - voir §3.4 - l'appui sur le mur sera au moins 2/3 de l'épaisseur du mur, sans qu'il soit inférieur à 85 mm) ;
- le coefficient de fluage ultime de l'ouvrage en maçonnerie  $\phi_{\infty}$  n'excède pas 2,0 ;
- l'épaisseur des murs et la résistance en compression de la maçonnerie doivent être vérifiées à chaque étage, à moins que ces variables soient identiques à tous les étages.

### 2.1.5 Conditions supplémentaires

Pour des murs servant d'appui de rives de planchers (voir Figure 2.1-2), la méthode de calcul simplifiée ne peut être appliquée que si la portée du plancher  $l$  n'est pas supérieure à

- 7,00 m lorsque  $N_{Ed} \leq k_G t b f_d$
- 7,00 m et  $l_f \leq 4,50 + 10 t$  (t in m) lorsque  $f_d > 2,5 \text{ N/mm}^2$
- 6,00 m et  $l_f \leq 4,50 + 10 t$  (t in m) lorsque  $f_d \leq 2,5 \text{ N/mm}^2$

où

$N_{Ed}$  est la charge verticale de calcul selon le niveau considéré ;

$t$  est l'épaisseur réelle du mur, ou de la paroi porteuse d'un mur creux, en mètres ;

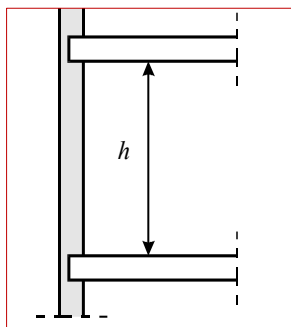
$b$  est la largeur d'appui effectif de la charge verticale ;

$f_d$  est la résistance de calcul à la compression de la maçonnerie ;

$k_G$  = 0,2 pour les éléments de maçonnerie du groupe 1 ;

= 0,1 pour les éléments de maçonnerie du groupe 2, groupe 3 et groupe 4 ;

Figure 2.1.2. Mur servant d'appui de rive



L'annexe 1 donne les portées maximales des planchers qui reposent sur des murs, servant d'appui de rive, sous forme de tableau pour les épaisseurs les plus courantes et pour des éléments de maçonnerie du groupe 1 et groupe 2 & 3.

Les murs servant d'appui de rive de planchers ou de toitures et soumis à des charges dues au vent doivent être conçus conformément au §2.3, ci-dessous, à condition que l'épaisseur nominale de la paroi porteuse soit :

- $\geq 140$ mm lorsque la hauteur de l'étage  $\leq 3000$  mm ;
- $\geq 140$ mm lorsque la hauteur de l'étage  $> 3000$  mm et  $\leq 3500$  mm et une charge due au vent  $< 1800$  N/m ;
- $\geq 175$ mm lorsque la hauteur de l'étage  $> 3000$  mm et  $\leq 4000$ mm.

Dans le cas de calcul conformément à l'Eurocode 8 (voir §2.4), des exigences supplémentaires peuvent nécessiter des épaisseurs supérieures.

Pour rappel, nous répétons ci-dessous les termes suivants (voir également Partie 1 : STS 22-1: Maçonnerie pour construction basse-Matériaux ) :

- Les éléments de maçonnerie portante de Catégorie I et catégorie II.

La valeur de la résistance à la compression à déclarer est soit la résistance moyenne, soit la résistance caractéristique de l'élément de maçonnerie et la résistance à la compression moyenne normalisée.

**Les éléments de maçonnerie de Catégorie I** sont des éléments pour lesquels le fabricant déclare la résistance à la compression avec une fiabilité de 95 %. Le fabricant doit effectuer un contrôle de la production en usine, conformément aux exigences de la norme de produit approuvé par un organisme notifié de certification du contrôle de la production. Si le fabricant répond aux exigences, cet organisme notifié de certification du contrôle de la production délivre un certificat de conformité du contrôle de la production en usine. Ces fabricants répondent au niveau AVCP 2+ pour l'évaluation et la vérification de la constance des performances du produit.

**Les éléments de maçonnerie de Catégorie II** sont des éléments qui ne répondent pas à l'exigence de la déclaration de la résistance à la compression avec une fiabilité de 95 %. Pour ceci, aucun niveau de fiabilité pour la déclaration de la résistance à la compression n'est déterminé dans les normes. Ces fabricants répondent au niveau AVCP 4 pour l'évaluation et la vérification de la constance des performances du produit (uniquement une déclaration des performances par le fabricant).

Ceci a un impact sur les coefficients de sécurité qui doivent être utilisés dans la détermination de la résistance de calcul de la maçonnerie (voir tableau 2.2.5). Dans le cas de **la maçonnerie**

**portante calculée**, il est conseillé de vérifier la conformité de la résistance à la compression des éléments de maçonnerie livrés par des tests sur des éléments de maçonnerie, échantillonnés selon l'annexe A de la norme européenne, avant de maçonner ces éléments. En plus, il faut être attentif à ce que chaque résultat individuel soit plus élevé que 80 % de la valeur moyenne déclarée et à ce que le coefficient de variation soit  $\leq 25$  %.

Les éléments de maçonnerie de catégorie I, pour lesquels le fabricant peut présenter un certificat de contrôle de produit d'un organisme indépendant et reconnu sont généralement dispensés de ces essais.

- Classification en groupes

En fonction de leur configuration, les éléments de maçonnerie sont classés en groupes.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

**Tableau 2.1.1. Classification en groupes selon NBN EN 1996-1-1**

	Matériaux et limites applicables aux éléments de maçonnerie								
	Groupe 1S (tous les matériaux) <sup>c</sup>	Groupe 1 (tous les matériaux) <sup>c</sup>	Eléments	Groupe 2		Groupe 3		Groupe 4	
				Alvéoles verticales		Alvéoles horizontales			
Volume de toutes les alvéoles (% du volume brut)	≤ 5	≤ 25	terre cuite	> 25 ; ≤ 55		> 25 ; ≤ 70		>25 ; ≤ 70	
			silico-calcaire	> 25 ; ≤ 55		non utilisé		non utilisé	
			Béton <sup>b</sup>	> 25 ; ≤ 60		> 25 ; ≤ 70		> 25 ; ≤ 60	
Volume de n'importe quelle alvéole (% du volume brut)	Pas de prescription	≤ 12,5	terre cuite	Chacune des alvéoles multiples ≤ 2 Trous de préhension jusqu'à un total de 30		Chacune des alvéoles multiples ≤ 2 Trous de préhension jusqu'à un total de 12,5		Chacune des alvéoles ≤ 30	
			silico-calcaire	Chacune des alvéoles multiples ≤ 15 Trous de préhension jusqu'à un total de 30		non utilisé		non utilisé	
			Béton <sup>b</sup>	Chacune des alvéoles multiples ≤ 30 Trous de préhension jusqu'à un total de 30		Chacune des alvéoles multiples ≤ 30 Trous de préhension jusqu'à un total de 30		Chacune des alvéoles multiples ≤ 25	
Valeurs déclarées des épaisseurs des parois internes (ou cloisons) et externes [mm]	Pas de prescription	Pas de prescription		Paroi interne	Paroi externe	Paroi interne	Paroi externe	Paroi interne	Paroi externe
			terre cuite	5	8	3	6	6	6
			silico-calcaire	5	10	non utilisé		non utilisé	
Valeur déclarée de l'épaisseur cumulée <sup>a</sup> des parois internes et externes (% de la largeur totale)	Pas de prescription	Pas de prescription	terre cuite	≥ 16		≥ 12		≥ 16	
			silico-calcaire	≥ 20		non utilisé		non utilisé	
			Béton <sup>b</sup>	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

a : l'épaisseur cumulée est l'épaisseur des parois internes et externes, mesurée horizontalement à travers l'élément perpendiculairement à la face de parement du mur. La vérification doit être considérée comme un essai de qualification et doit uniquement être répétée dans le cas de modifications principales des dimensions de calcul des éléments.

b : dans le cas d'alvéoles coniques ou d'alvéoles circulaires, utiliser la valeur moyenne de l'épaisseur des parois internes et externes.

c : Les éléments de maçonnerie des groupes 1 et 1s peuvent avoir des évidements, comme p.ex. poches à mortier, rainures, trous de préhension, sur les faces de pose à condition que ces évidements sont considérés comme remplis avec du mortier dans le mur fini.

*Note : Le fabricant déclare généralement à quel groupe appartiennent ses éléments de maçonnerie, sinon il est tenu de déclarer la configuration complète de façon à permettre au concepteur lui-même de déduire le groupe.*

## 2.2 Calcul de la maçonnerie portante soumise à des charges verticales

### 2.2.1 Généralités

Le calcul de vérification de la résistance à la compression d'un mur porteur se fait en 4 étapes :

- détermination des valeurs de calcul des charges verticales  $N_{Ed}$ ;
- détermination de la résistance à la compression normalisée des éléments de maçonnerie  $f_b$ ;
- détermination de la résistance de calcul à la compression de la maçonnerie  $f_d$ ;
- détermination du facteur de réduction suite à l'élançement et l'excentricité  $\Phi_s$ .

La valeur de calcul de la résistance aux charges verticales  $N_{Rd}$  d'un mur d'une épaisseur  $t$  doit être supérieure ou égale à  $N_{Ed}$

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot t \cdot f_d \geq N_{Ed}$$

### 2.2.2 Détermination des valeurs de calcul de la charge verticale

Les valeurs de calcul de la charge verticale sont déterminées en état-limite ultime.

Ceci implique que les charges sont multipliées par un facteur (coefficient de pondération). Ce facteur est de 1,35 pour les charges permanentes et de 1,50 pour les charges variables (voir également Eurocode 0).

Si une partie de la charge a un effet favorable sur l'action considérée, il faut utiliser le facteur 0,9 pour les charges permanentes et 0 pour les charges variables.

**Tableau 2.2.1. Facteurs de pondération**

$\gamma_F$	défavorable	favorable
charges permanentes	1,35	0,90
charges variables	1,50	0

Voir exemple en § 2.2.6

### 2.2.3 Résistance à la compression des éléments de maçonnerie portante

La résistance à la compression normalisée de l'élément de maçonnerie doit être déclarée par le fabricant.

Si ces caractéristiques ne sont pas connues, la résistance à la compression normalisée est déterminée comme suit :



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

$$f_b = \delta \cdot \delta_c \cdot f_{\text{mean}}$$

avec

- $f_{\text{mean}}$  : la résistance à la compression moyenne, déclarée par le fabricant ;
- $\delta_c$  = facteur de conditionnement :
  - $\delta_c = 1$  pour les éléments de maçonnerie en terre cuite, en béton et en béton cellulaire autoclavé ;
  - $\delta_c = 0,8$  pour les éléments de maçonnerie en silico-calcaire (déterminée en état sec à l'étuve) ;
- $\delta$  = facteur de forme (en fonction des dimensions des éléments) conformément à la NBN EN 772-1. Le tableau 2.2.2 **donne** les combinaisons les plus courantes.

**Tableau 2.2.2. Facteur de forme  $\delta$**

Hauteur r in (mm)	Largeur en mm										
	50	90	100	115	140	150	175	190	200	240	≥250
40	0,80	0,72	0,70								
45	0,83	0,75	0,73								
50	0,85	0,77	0,75	0,74	0,71	0,70					
65	0,95	0,87	0,85	0,82	0,77	0,75	0,73	0,71	0,70	0,66	0,65
70	0,98	0,89	0,87	0,84	0,79	0,77	0,74	0,73	0,71	0,67	0,66
80	1,04	0,94	0,91	0,88	0,83	0,81	0,78	0,76	0,74	0,70	0,69
90	1,09	0,99	0,96	0,93	0,88	0,86	0,81	0,79	0,77	0,73	0,72
100	1,15	1,03	1,00	0,97	0,92	0,90	0,85	0,82	0,80	0,76	0,75
115	1,20	1,09	1,06	1,03	0,98	0,96	0,91	0,88	0,86	0,82	0,81
140	1,27	1,18	1,16	1,13	1,08	1,06	1,01	0,98	0,96	0,92	0,91
150	1,30	1,22	1,20	1,17	1,12	1,10	1,05	1,02	1,00	0,96	0,95
175	1,38	1,30	1,28	1,25	1,20	1,18	1,13	1,10	1,08	1,04	1,03
190	1,42	1,34	1,32	1,29	1,24	1,22	1,17	1,14	1,12	1,08	1,07
200	1,45	1,37	1,35	1,32	1,27	1,25	1,20	1,17	1,15	1,11	1,10
240	1,53	1,45	1,43	1,40	1,35	1,33	1,28	1,25	1,23	1,16	1,14
≥250	1,55	1,47	1,45	1,42	1,37	1,35	1,30	1,27	1,25	1,17	1,15

*Les valeurs intermédiaires peuvent être obtenues par l'interpolation linéaire.*

Étant donné que le facteur de forme, en fin de compte, n'est pas pris en compte pour le calcul de  $f_k$  pour les éléments de maçonnerie en terre cuite des groupes 2 & 3 et étant donné que le facteur de conditionnement  $\delta_c = 1$ , on considère :

- $f_b = f_{\text{mean}}$  pour les éléments de maçonnerie en terre cuite du groupe 2 et du groupe 3, à condition qu'on utilise la valeur de K comme définie dans le tableau 2.2.3 et le tableau 2.2.4 ;
- $f_b = \delta \cdot f_{\text{mean}}$  pour les éléments de maçonnerie en terre cuite du groupe 1.

## 2.2.4 Résistance à la compression de la maçonnerie

### 2.2.4.1 Généralités

La résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie peut être obtenue à partir :

- soit des résultats d'essais sur murets conformément à la NBN EN 1052-1 ;
- soit de l'application de l'équation en §2.2.4.2 et §2.2.4.3.

Remarque :

- pour pouvoir utiliser les formules, il faut que :
  - les éléments de maçonnerie appartiennent à l'un des groupes définis ci-dessus ;
  - les joints d'assise soient remplis de mortier.
- Dans le cas où l'élément de maçonnerie n'appartient pas à l'un des groupes définis ci-dessus ou dans le cas d'application de maçonnerie à joints interrompus, la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie doit être déterminée par des essais sur murets conformément à la NBN EN 1052-1.

### 2.2.4.2 Résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie constituée de mortier d'usage courant

La résistance à la compression de la maçonnerie dépend de la résistance à la compression de l'élément de maçonnerie,  $f_b$  ou  $f_{mean}$  (dans le cas d'éléments de maçonnerie en terre cuite appartenant au groupe 2 ou 3) et de la résistance à la compression du mortier  $f_m$ . La résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie peut être déterminée par l'application des équations du tableau 2.2-3.

**Tableau 2.2.3. Résistance à la compression de la maçonnerie constituée de mortier d'usage courant**

18

Maçonnerie à base d'éléments de maçonnerie en	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
- terre cuite	$0,50 \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$	$0,50 \cdot f_{mean}^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$	$0,40 \cdot f_{mean}^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$
- béton	$0,60 \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$	$0,50 \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$	$0,45 \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$
- silico-calcaire	$0,60 \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$	$0,50 \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$	
- béton cellulaire	$0,60 \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$		

Où :

- $f_b$  ne peut être supérieure à 75 N/mm<sup>2</sup> ;
- $f_m$  ne peut être supérieure à 20 N/mm<sup>2</sup> ni supérieure à  $2f_b$  ;
- le coefficient de variation de la résistance à la compression des éléments de maçonnerie n'est pas supérieur à 25 %.

Pour les combinaisons d'éléments de maçonnerie et de mortier les plus courantes, les valeurs de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie sont données dans les tableaux de l'annexe 2.

### 2.2.4.3 Résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie constituée de mortier de joints minces

La résistance à la compression de la maçonnerie est fonction de la résistance à la compression de l'élément de maçonnerie,  $f_b$  ou  $f_{mean}$  (dans le cas d'éléments de maçonnerie en terre cuite appartenant au groupe 2 ou 3).

Les joints d'assise de la maçonnerie à joint mince ont une épaisseur de 0,5 mm à 3 mm.

La résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie peut être déterminée par l'application des équations du tableau 2.2.4.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

**Tableau 2.2.4. Résistance à la compression de la maçonnerie à joints minces**

Maçonnerie à base d'éléments de maçonnerie en	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
- terre cuite		$0,50 \cdot f_{\text{mean}}^{0,80}$	$0,40 \cdot f_{\text{mean}}^{0,80}$
- béton	$0,80 \cdot f_b^{0,85}$	$0,65 \cdot f_b^{0,85}$	$0,50 \cdot f_b^{0,85}$
- silico-calcaire	$0,80 \cdot f_b^{0,85}$	$0,55 \cdot f_b^{0,85}$	
- béton cellulaire	$0,80 \cdot f_b^{0,85}$		

où

- $f_b$  ne peut être supérieure à 50 N/mm<sup>2</sup> ;
- le coefficient de variation de la résistance à la compression des éléments de maçonnerie n'est pas supérieur à 25 %.

*Note : Les joints dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 6 mm peuvent être réalisés si les mortiers ont été spécialement élaborés pour l'usage particulier, et le calcul peut être basé sur l'utilisation du mortier d'usage courant.*

Pour les éléments de maçonnerie les plus courants, les valeurs de la résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie sont données dans les tableaux de l'annexe 2.

#### 2.2.4.4 Résistance à la compression de la maçonnerie – valeur de calcul

19

La valeur de calcul  $f_d$  est obtenue en divisant  $f_k$  par le coefficient de sécurité de la maçonnerie.

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Les facteurs de sécurité sont déterminés comme suit :

**Tableau 2.2.5. Coefficients de sécurité**

Matériau		$\gamma_M$	
		CLASSE	
Code	Maçonnerie constituée de	S	N
A	Éléments de catégorie I avec certification produit ; mortier performanciel avec certification produit	2,0	2,5
B	Éléments de catégorie I ; tout mortier	2,3	2,8
C	Éléments de catégorie II ; tout mortier	3,0	3,5

Les exigences des mortiers performancielles sont données dans la NBN EN 998-2 et dans l'Eurocode 6-2. Classe d'exécution N (normale) : l'exécution se déroule sous la surveillance continue du personnel qualifié et expérimenté de l'entreprise exécutant les travaux et est l'objet d'une surveillance normale par l'auteur de projet.

Classe d'exécution S (spéciale) : l'exécution se déroule sous la surveillance continue du personnel qualifié et expérimenté de l'entreprise exécutant les travaux. La surveillance normale est étendue à un contrôle régulier et fréquent par du personnel qualifié indépendant de l'entreprise qui exécute les travaux.

## 2.2.5 Détermination du facteur de réduction dû à l'élançement et à l'excentricité

### 2.2.5.1 Élançement

L'élançement est le rapport entre la hauteur effective  $h_{ef}$  et l'épaisseur effective  $t_{ef}$ . L'épaisseur effective  $t_{ef}$  d'un mur simple est égale à l'épaisseur réelle. Dans le cas de murs creux dans lesquels les parois ont une épaisseur réelle de  $t_1$  et  $t_2$ , l'épaisseur effective est déterminée comme suit :

$$t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} \cdot t_1^3 + t_2^3}$$

où :

- $t_1$  et  $t_2$  sont les épaisseurs réelles des parois ou leurs épaisseurs effectives, le cas échéant, et  $t_1$  se rapporte à la paroi extérieure ou non porteuse et  $t_2$  à la paroi intérieure ou porteuse ;
- $k_{tef}$  est le facteur prenant en compte les valeurs E relatives des parois  $t_1$  et  $t_2$ .

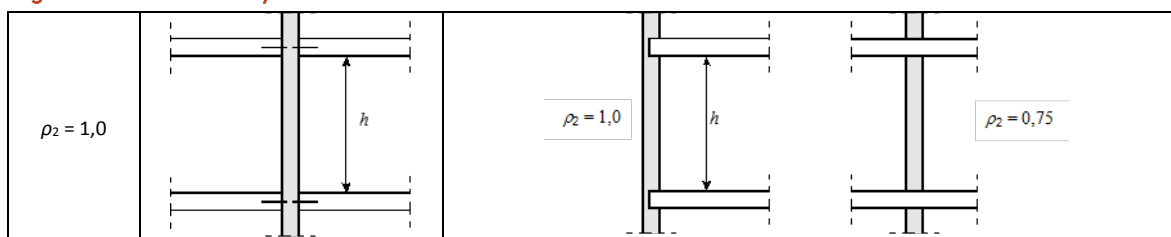
$$k_{tef} = E_1/E_2$$

et  $k_{tef} \leq 2$

La hauteur effective d'un mur est  $h_{ef}$  et elle est la hauteur réelle du mur multipliée par un facteur de réduction  $\rho_n$  ( $=\rho_2$  ou  $\rho_3$  ou  $\rho_4$ ).

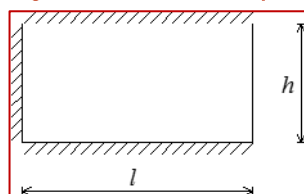
- $\rho_2$  = facteur de réduction en fonction du degré d'encastrement en tête et en pied de mur
  - = 0,75 pour les murs suffisamment encastrés (p.ex. par des planchers en béton) ;
  - = 1,00 pour murs considérés comme articulés en tête ou en pied (p.ex. plancher en bois, ou plancher en béton lié au pied de mur avec un matériau compressible).

Figure 2.2.1. Facteur  $\rho_2$



- $\rho_3$  = facteur de réduction pour des murs soutenus sur un bord vertical et sur les deux bords horizontaux ;

Figure 2.2.2. Facteur  $\rho_3$



- $\rho_4$  = facteur de réduction pour murs soutenus sur deux bords verticaux et aux deux bords horizontaux.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Figure 2.2.3. Facteur  $\rho_4$

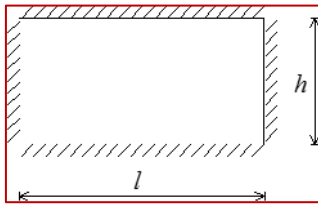
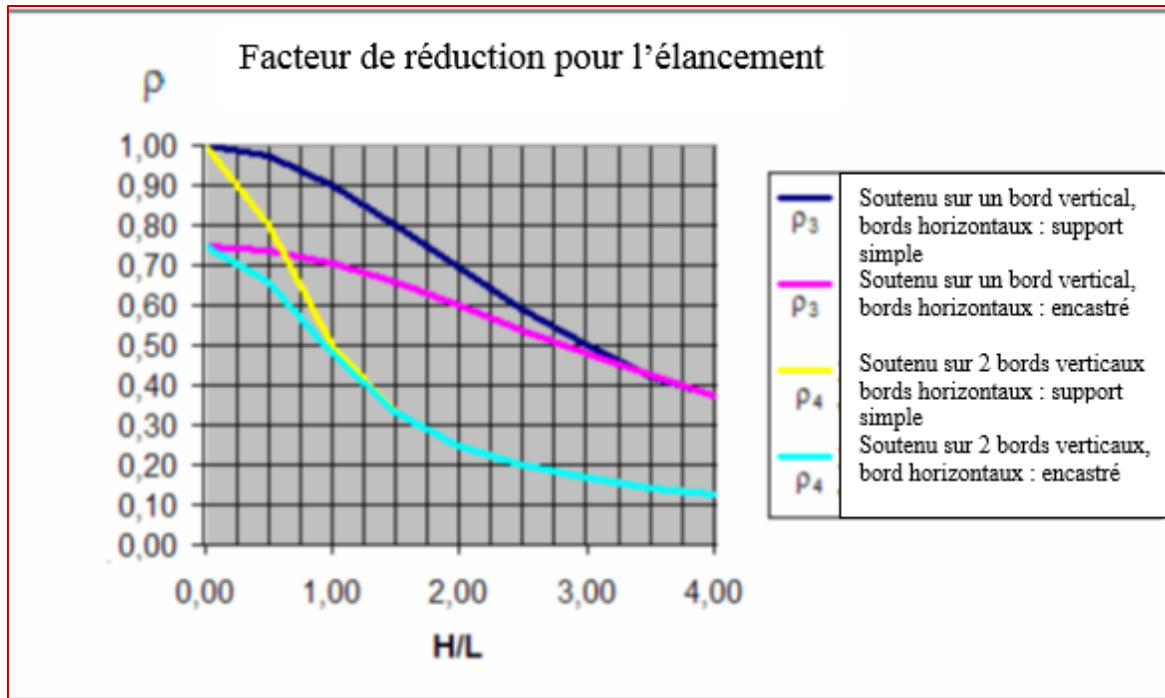


Figure 2.2.4. Facteur de réduction pour l'élançement



Le graphique représenté à la figure 2.2.4. donne la valeur de

- $\rho_3$  pour les murs, soutenus sur un bord vertical par un mur raidisseur
- $\rho_4$  pour les murs qui sont soutenus sur les deux bords verticaux par des murs raidisseurs.

$H/L$  est le rapport entre la hauteur du mur et la distance entre les soutiens verticaux.

### 2.2.5.2 Facteur de réduction de la résistance aux charges verticales en fonction de l'élançement et l'excentricité : $\phi_s$

A condition qu'on détermine avec précision les excentricités, on peut déduire le facteur de réduction  $\Phi$  conformément à l'Eurocode 6-1-1 pour calculer la résistance du mur.

Une méthode simplifiée consiste en la détermination du facteur de réduction  $\Phi_s$  en fonction de  $h_{ef}/t_{ef}$  et  $l_{i,ef}$ .

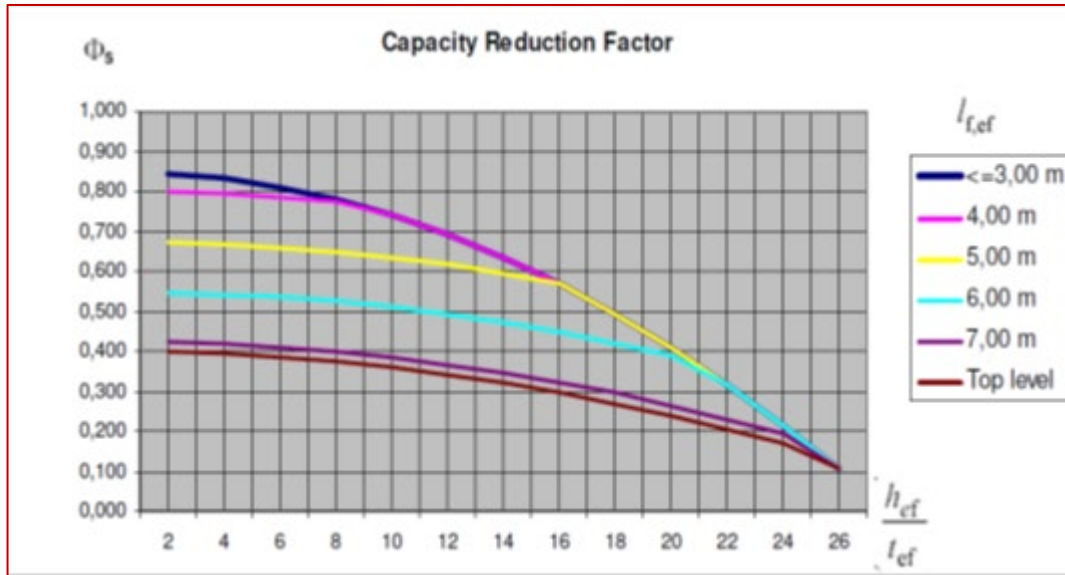
Pour les murs, servant d'appuis en rive aux planchers d'une portée  $L$  (p.ex. paroi intérieure d'un mur creux), il convient que :

- $l_{i,ef} = L$  ;
- $l_{i,ef} = 0,70 L$  pour des planchers continus ou pour des planchers en béton armé à simple appui à portée bidirectionnelle ;
- $l_{i,ef} = 0,50 L$  pour des planchers en béton armé continus et à portée bidirectionnelle.

Dans le cas de murs intermédiaires, chargés de deux côtés par des planchers de portées  $L_1$  et  $L_2$  de part et d'autre, on applique la formule  $L_{f,ef} = l_{f,ef1} + l_{f,ef2}$  où  $l_{f,ef1}$  et  $l_{f,ef2}$  sont les portées obtenues de la même manière que mentionnée ci-dessus.

Ces formules sont représentées dans le graphique de la figure 2.2.5.

Figure 2.2.5. Facteur de réduction  $\Phi_s$

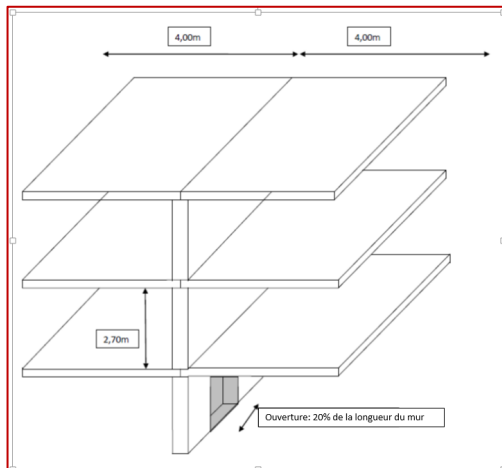


22

## 2.2.6 Exemple de calcul

### Exemple 1

Figure 2.2.6. Exemple 1



Mur d'un bâtiment de 3 étages ; la portée moyenne des planchers est de 4,00m

Pourcentage d'ouvertures dans le mur :  $\alpha = 20 \%$

- Plancher en béton 16cm :  $0,16 \text{ m} \times 2500 \text{ kg/m}^3 = 400 \text{ kg/m}^2$  (4,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Chape et finition :  $200 \text{ kg/m}^2$  (2 kN/m<sup>2</sup>)
  - => Par niveau :  $1,35 \times (4,0 + 2,0) \times 4,00 = 32,4 \text{ kN/m}$
- Charge mobile  $3,00 \text{ kN/m}^2$ 
  - => Par niveau :  $1,50 \times 3,0 \times 4,00 = 18,0 \text{ kN/m}$

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

- Hauteur du mur : 2,70 m – épaisseur du mur : 0,14 m – masse volumique : 1400 kg/m<sup>3</sup> (14,0 kN/m<sup>3</sup>)
  - => Par niveau : 1,35 x 0,14 x 2,70 x 14,0 = 7,14 kN/m
  - => L'action de la charge verticale au pied de mur du rez-de-chaussée est  $N_{Ed} = 3 \times (32,4 + 18,0 + 7,14) = 172,6 \text{ kN/m}$

Maçonnerie : blocs treillis-résistance moyenne à la compression  $f_{mean} = 20 \text{ N/mm}^2$

Mortier : mortier d'usage courant – résistance à la compression  $f_m = 15 \text{ N/mm}^2$

Briques 290 x 140 x 190 mm (groupe 2), catégorie I avec certification produit

- $f_k = 0.50 \times 20^{0.65} \times 15^{0.25} = 6,90 \text{ N/mm}^2$

Mortier performanciel avec certificat produit

Classe d'exécution N  $\rightarrow \mu_M = 2,50$

- $f_d = 6,9 / 2,5 = 2,76 \text{ N/mm}^2$

Mur encasturé en tête et en pied de mur mais sans appui vertical:  $\rho_2 = 0,75$

- $h_{ef} = 0,75 \times 2,70 = 2,02 \text{ m}$
- $t_{ef} = 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m}$
- $h_{ef} / t_{ef} = 14,5$  et  $l_{i,ef} = 4,00 \text{ m}$  (portée du plancher)  
 $\rightarrow \Phi_s = 0,62$

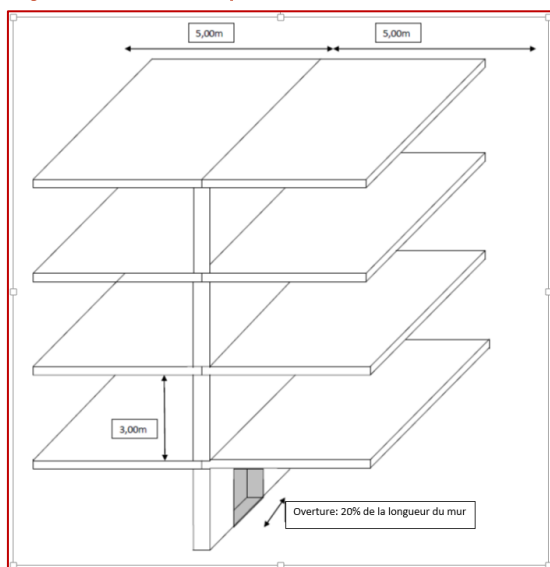
A cause du pourcentage d'ouvertures ( $\xi = 20\%$ ) la résistance à la charge linéaire doit être multipliée par un facteur (1-0,20)

- $N_{Rd} = (1-\xi) \Phi_s t f_d = 0,80 \times 0,62 \times 140 \times 2,76 = 191,6 \text{ kN/m} > 172,6 \text{ kN/m}$

- $N_{Rd} > N_{Ed}$ : le mur est conforme

## Exemple 2

Figure 2.2.7. Exemple 2



Mur d'un bâtiment de 4 étages ; la portée moyenne des planchers est de 5,0 m

Pourcentage d'ouvertures dans le mur :  $\xi = 20 \%$

- Plancher en béton 18 cm :  $0,18 \text{ m} \times 2500 \text{ kg/m}^3 = 450 \text{ kg/m}^2$  (4,5 kN/m<sup>2</sup>)
- Chape et finition : 200 kg/m<sup>2</sup> (2 kN/m<sup>2</sup>)
  - => Par niveau :  $1,35 \times (4,5 + 2,0) \times 5,00 = 43,9 \text{ kN/m}$
- Charge mobile 3,00 kN/m<sup>2</sup>
  - => Par niveau :  $1,50 \times 3,0 \times 5,00 = 22,50 \text{ kN/m}$
- Hauteur du mur : 3,00 m – épaisseur du mur : 0,15 m – masse volumique : 1800 kg/m<sup>3</sup> (18,0 kN/m<sup>3</sup>)
  - => Par niveau :  $1,35 \times 0,15 \times 3,00 \times 18,0 = 10,94 \text{ kN/m}$
- => L'action de la charge verticale au pied de mur du rez-de-chaussée est  $N_{Ed} = 4 \times (43,9 + 22,50 + 10,94) = 309,4 \text{ kN/m}^2$

Maçonnerie en éléments pleins en silico-calcaire pour une maçonnerie à joints minces – résistance moyenne à la compression normalisée  $f_b$ : 25 N/mm<sup>2</sup>

Éléments 298x150x198 mm (groupe 1), catégorie I, avec certificat produit

- $f_k = 12,3 \text{ N/mm}^2$  (voir tableau annexe 2)

Mortier performanciel avec certificat produit

Classe d'exécution N  $\rightarrow \gamma_M = 2,50$

- $f_d = 12,3 / 2,5 = 4,92 \text{ N/mm}^2$

Mur encadré en tête et en pied de mur mais sans appui vertical :  $\rho_2 = 0,75$

24

- $h_{ef} = 0,75 \times 3,00 = 2,25 \text{ m}$
- $t_{ef} = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$
- $h_{ef} / t_{ef} = 15$  en  $l_{ef} = 5,00 \text{ m}$  (portée du plancher)  
 $\rightarrow \Phi_s = 0,60$

A cause du pourcentage d'ouvertures ( $\gamma_3 = 20 \%$ ) la résistance à la charge linéaire doit être multipliée par un facteur (1-0,20)

- $N_{Rd} = (1-\gamma_3) \Phi_s t f_d = 0,80 \times 0,60 \times 150 \times 4,92 = 354,2 \text{ kN/m} > 309,4 \text{ kN/m}$
- $N_{Rd} > N_{Ed}$ : le mur est conforme.

### 2.2.7 Appuis des planchers sur les murs porteurs

L'appui des planchers sur des murs porteurs doit être tel que les réactions d'appui soient uniformément réparties sur le bord de la dalle posée. Dans le cas de maçonneries, il est fortement conseillé d'appuyer les planchers sur une bande d'appui ou dans une couche de mortier.

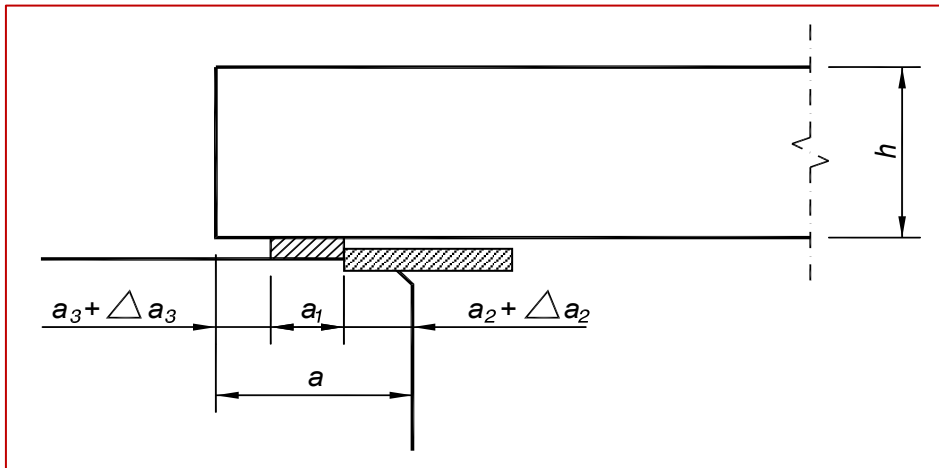
En ce qui concerne la stabilité des planchers, la longueur d'appui est obtenue au moyen d'un calcul conformément à la NBN EN 1992-1-1, §10.9.5.

*Note : ce qui suit n'est pas d'application en utilisant comme appui des matériaux non conventionnels (p.ex. des bandes acoustiques en caoutchouc). L'utilisation de ceux-ci doit être guidée par un agrément technique pour cette application.*

La profondeur d'appui nominale  $a$  dans le cas d'un appui simple (voir figure ci-dessous) peut être calculée par :  $a = a_1 + a_2 + a_3 + \sqrt{(\Delta a_2^2 + \Delta a_3^2)}$



Figure 2.2.8. Appui nominal



Légende :  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $\Delta a_2$  et  $\Delta a_3$  : voir NBN EN 1992-1-1, § 10.9.5.2

avec  $a_1$  est la profondeur d'appui nette calculée par la formule

$$a_1 = F_{Ed} / (b_1 \cdot f_{Rd})$$

où

- $F_{Ed}$  est la valeur de calcul de la réaction d'appui
- $b_1$  est la largeur d'appui nette
- $f_{Rd}$  est la valeur de calcul de la résistance de l'appui et limitée
  - à  $0,4 \cdot f_{cd}$  dans le cas de joints « secs »
  - à  $0,85 \cdot f_{cd}$  dans tous les autres cas

25

Note :

*Un appui à sec est uniquement permis là où il ne faut pas de mesures spécifiques (voir §2.4.4.2). Il convient de réserver l'usage des joints secs (sans matériau de liaison) aux cas pour lesquels une qualité d'exécution adéquate peut être obtenue. Il convient alors de limiter à  $0,3 f_{cd}$  la contrainte moyenne dans l'appareil d'appui entre surfaces planes. Il convient de dimensionner les joints secs comportant des surfaces courbes (convexes) en tenant compte de la géométrie.*

*$f_{cd}$  = la résistance de calcul de l'élément supporté ou la résistance de calcul de l'élément porteur si celle-ci est inférieure*

- $a_2$  est la distance qui doit être respectée pour éviter l'effritement et pour limiter les charges excentriques ;
- $\Delta a_2$  est une tolérance sur la distance entre éléments porteurs ;
- $a_3$  est la distance considérée comme inefficace pour l'élément supporté ;
- $\Delta a_3$  est une tolérance sur la longueur de l'élément supporté,  $\Delta a_3 = l_n / 2500$ ,  $l_n$  étant la longueur du plancher.

La valeur minimale de  $a_1$  (en mm) est donnée au tableau 2.2.6.

**Tableau 2.2.6. Valeur minimale de  $a_1$  (mm)**

Contrainte relative dans l'appui $\sigma_{Ed}/f_{cd}$	$\leq 0,15$	0,15 – 0,4	$> 0,4$
Planchers (appuis linéaires)	25	30	40
Plancher à poutrelles et entrevous	55	70	80

La valeur de  $a_2$  à prendre en compte pour maçonnerie (en mm) est donnée au tableau 2.2.7.

**Tableau 2.2.7. Valeur de  $a_2$  (mm)**

Contrainte relative dans l'appui en maçonnerie $\sigma_{Ed}/f_{cd}$	$\leq 0,15$	0,15 – 0,4	$> 0,4$
Planchers (appuis linéaires)	10	15	prévoir une poutre de chaînage
Plancher à poutrelles et entrevous	20	25	prévoir une poutre de chaînage

La valeur de  $\Delta a_2$  sur la distance libre entre nus d'appui ( $l$  = la portée) est donnée au tableau 2.2.8.

**Tableau 2.2.8. Valeur de  $\Delta a_2$  (mm)**

Matériau d'appui	$\Delta a_2$
Maçonnerie	$15 \text{ mm} \leq l/1200 + 5 \leq 40 \text{ mm}$

26

La valeur de  $a_3$  (mm) à prendre en compte pour maçonnerie est donnée au tableau 2.2.9.

**Tableau 2.2.9. Valeur de  $a_3$  (mm)**

Dispositions constructives du ferrailage	Appui	
	Linéaire (planchers, dalles)	Concentré (planchers nervurés; poutrelles et entrevous)
Barres continues sur l'appui	0	0
Barres droites, boucles horizontales ou verticales de $\varnothing \leq 12$ mm proche de l'about de l'élément	5	15, et supérieur ou égal à l'enrobage d'extrémité
Armatures de précontrainte et barres droites en attente	5	15
Boucle verticale de $\varnothing \leq 12$ mm	15	Enrobage d'extrémité + rayon de courbure intérieur

La valeur de  $\Delta a_3$  :

$$\Delta a_3 = l_n/2500 \quad (l_n = \text{la longueur du plancher})$$

En ce qui concerne l'exécution d'appui sur maçonnerie et les hypothèses simplifiées généralement reconnues concernant

- les dalles alvéolées ;
- les prédalles ;

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

- les poutrelles et entrevous ;

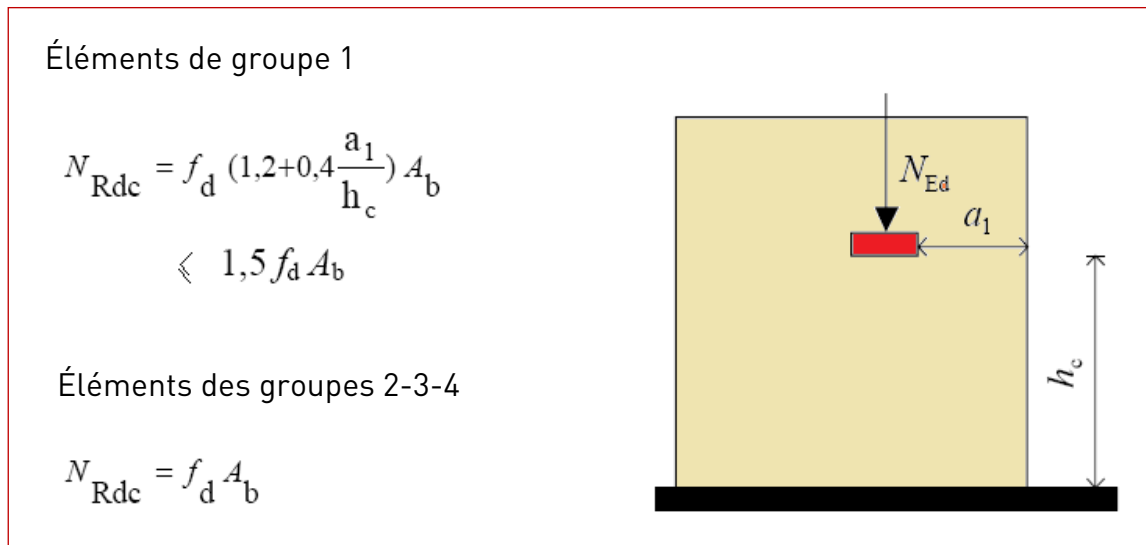
on fait référence à la partie 4 : STS 22-4: Maçonnerie pour construction basse-Exécution générale de la maçonnerie.

### 2.2.8 Charges concentrées

La valeur de calcul d'une charge concentrée  $N_{Edc}$  doit être limitée à la valeur de calcul de la résistance à la charge verticale concentrée du mur  $N_{Rdc}$

On distingue les éléments de maçonnerie du groupe 1 et les éléments de maçonnerie des groupes 2,3 et 4 d'autre part.

Figure 2.2.9. Charge verticale concentrée



où :

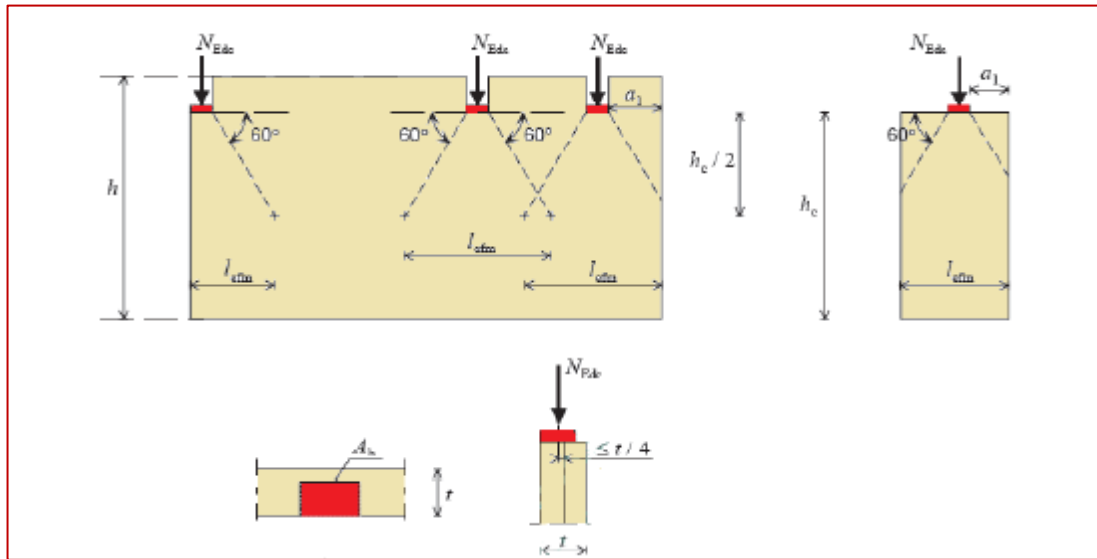
$A_b$  = surface de contact, soumise à une charge, qui ne doit pas être supérieure à  $\frac{1}{4}$  de la section horizontale de mur ou à  $2t^2$  ( $t$  = épaisseur du mur) ;

$a_1$  = la distance entre l'extrémité du mur et la charge concentrée ;

$h_c$  = hauteur du mur par rapport au niveau de la charge.

La charge répartie à mi-hauteur du mur doit être vérifiée conformément au §2.2.4 et §2.2.5, tenant compte d'un épanouissement (une diffusion) à  $60^\circ$  de la charge.

Figure 2.2.10. Conditions supplémentaires en cas de charges concentrées



L'excentricité de la charge concentrée ne doit pas être supérieure à  $t/4$ .

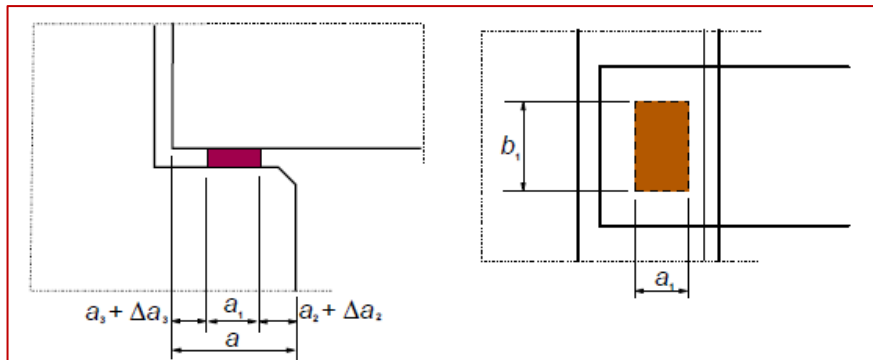
En ce qui concerne l'appui des poutres en béton ou en acier sur la maçonnerie, les prescriptions de la NBN EN 1992-1-1, §10.9.5.2 et §10.9.5.3 s'appliquent.

28

La détermination de la profondeur d'appui  $a$  (voir figure ci-dessous) est effectuée par calcul conformément à la NBN EN 1992-1-1, §10.9.5.

La profondeur d'appui nominale  $a$  dans le cas d'un appui simple (voir figure ci-dessous) peut être calculée par :  $a = a_1 + a_2 + a_3 + \sqrt{(\Delta a_2^2 + \Delta a_3^2)}$ .

Figure 2.2.11. Profondeur d'appui nominale dans le cas d'appareil d'appui



Légende :  $a_1, a_2, a_3, \Delta a_2$  en  $\Delta a_3$  : voir NBN EN 1992-1-1, § 10.9.5.2

### Avec

$a_1$  est la profondeur d'appui nette calculée par la formule

$$a_1 = F_{Ed} / (b_1 \cdot f_{Rd})$$

où

- $F_{Ed}$  est la valeur de calcul de la réaction d'appui ;
- $b_1$  est la largeur d'appui nette = la largeur réelle de la poutre si on utilise un mortier, uniformément répartie ;
- $f_{Rd}$  est la valeur de calcul de la résistance de l'appui et limitée

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

- à  $0,4 \cdot f_{cd}$  dans le cas de joints secs ;
- à  $0,85 \cdot f_{cd}$  dans tous les autres cas.

Note :

1. Un appui à sec est uniquement permis là où il ne faut pas de mesures spécifiques (voir §2.4.4.2). Il convient de réserver l'usage des joints secs (sans matériau de liaison) aux cas pour lesquels une qualité d'exécution adéquate peut être obtenue. Il convient alors de limiter à  $0,3 f_{cd}$  la contrainte moyenne dans l'appareil d'appui entre surfaces planes. Il convient de dimensionner les joints secs comportant des surfaces courbes (convexes) en tenant compte de la géométrie.
2.  $f_{cd}$  = la résistance de calcul de l'élément supporté ou la résistance de calcul de l'élément porteur si celle-ci est inférieure

$a_2$  est la distance qui doit être respectée pour éviter l'effritement et pour limiter les charges excentriques ;

- $\Delta a_2$  est une tolérance sur la distance entre éléments porteurs ;
- $a_3$  est la distance considérée comme inefficace pour l'élément supporté ;
- $\Delta a_3$  est une tolérance sur la longueur de la poutre,  $\Delta a_3 = l_n/2500$ ,  $l_n$  étant la longueur de la poutre.

La valeur minimale de  $a_1$  (en mm) est donnée au tableau 2.2.10.

**Tableau 2.2.10. Valeur minimale de  $a_1$  (mm)**

Contrainte relative dans l'appareil d'appui $\sigma_{Ed}/f_{cd}$	$\leq 0,15$	0,15 – 0,4	$> 0,4$
Charges concentrées (poutres)	90	110	140

La valeur de  $a_2$  à prendre en compte pour maçonnerie (en mm) est donnée au tableau 2.2.11.

**Tableau 2.2.11. Valeur de  $a_2$  (mm)**

Contrainte relative dans l'appareil d'appui $\sigma_{Ed}/f_{cd}$	$\leq 0,15$	0,15 – 0,4	$> 0,4$
Charges concentrées (poutres)	20	25	Prévoir une poutre de chaînage

La valeur de  $\Delta a_2$  sur la distance libre entre nus d'appui ( $l$  = la portée) donnée au tableau 2.2.12.

**Tableau 2.2.12. Valeur de  $\Delta a_2$  (mm)**

Matériau d'appui	$\Delta a_2$
Maçonnerie	$15 \text{ mm} \leq l/1200 + 5 \leq 40 \text{ mm}$

La valeur de  $a_3$  (en mm) à prendre en compte pour maçonnerie est donnée au tableau 2.2.13.

Tableau 2.2.13. Valeur minimale de  $a_3$  (mm)

Dispositions constructives du ferrailage	TYPE D'APPUI
	Charges concentrées (poutres)
Barres continues sur l'appui	0
Barres droites, boucles horizontales ou verticales de $\varnothing \leq 12$ mm proches de l'about de l'élément	15, et supérieure ou égale à l'enrobage d'extrémité
Armatures de précontrainte et barres droites en attente	15
Boucle verticale de $\varnothing \leq 12$ mm	enrobage d'extrémité + rayon de courbure intérieur

La valeur de  $\Delta a_3$  :

$$\Delta a_3 = l_n / 2500 \text{ ( } l_n = \text{ la longueur de la poutre)}$$

### 2.2.9 Influence des éléments isolants dans la couche d'assise

Ce qui suit s'applique uniquement aux éléments de maçonnerie de l'une des normes NBN EN 771-1 à 6.

30

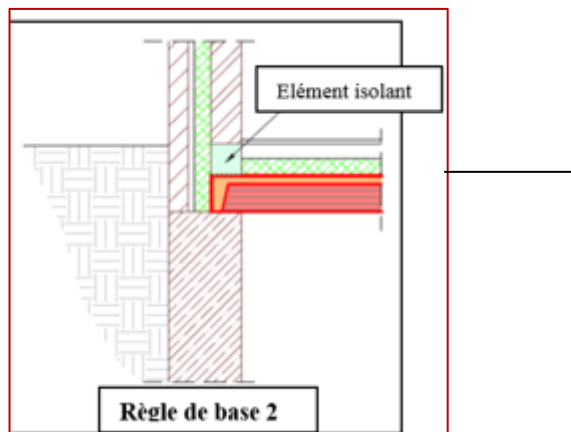
Afin de se conformer aux exigences de la réglementation PEB, il faut isoler le volume protégé d'une manière adéquate.

Pour cela, les nœuds constructifs doivent se conformer aux règles de la réglementation PEB (voir Partie 3 : STS 22-3: Maçonnerie pour construction basse-Thermique, acoustique, feu et étanchéité à l'air)

Une solution courante est celle qui répond à la règle de base 2 :

**Règle de base 2** : Les couches isolantes ne se joignent pas directement. Dans ce cas, la continuité des couches isolantes doit être garantie grâce à l'interposition d'éléments isolants de sorte que la coupure thermique est conservée.

Figure 2.2.12. Croquis de principe au pied de mur (situation simplifiée)



Pour le calcul de la stabilité de murs porteurs, constitués de telle façon, il n'existe actuellement (2019) pas de méthode de calcul généralement reconnue.

Lors du calcul de la stabilité des murs constitués à base d'éléments de maçonnerie isolants dans la première couche d'assise, les concepteurs doivent tenir compte du fait que la résistance à la compression de tels éléments est généralement nettement inférieure à celle des autres éléments de maçonnerie qui composent le mur.

En attente d'une méthode de calcul reconnue dans NBN EN 1996-1-1 + ANB, on montre deux méthodes indicatives qui peuvent aider le concepteur :

1. on considère la première couche comme une maçonnerie ;
2. on considère la première couche comme un simple lit mais pas comme une maçonnerie.

### **Méthode 1 : La première couche est considérée comme une maçonnerie**

- La résistance aux charges verticales d'un mur d'épaisseur  $t$  doit répondre aux 2 formules suivantes :

- $N_{Rd} = \Phi_1 \cdot t \cdot (\mu f_{d1}) \geq N_{Ed}$
- $N_{Rd} = \Phi_2 \cdot t \cdot f_{d2} \geq N_{Ed}$

où

- $f_{d1} = f_{k,1} / \gamma_M$  la valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie en éléments isolants de la première couche d'assise ;
  - $f_{d2}$  = la valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie supérieure ;
  - $\Phi_{1,2} \leq 0,9$  : facteur de réduction en fonction de l'élançement et l'excentricité ;
  - $\mu$  : un facteur de forme qui tient compte de la configuration des éléments de maçonnerie de la maçonnerie supérieure (voir note plus loin).
- Si le module d'élasticité de la maçonnerie isolante est significativement inférieur à celui de la maçonnerie supérieure ( $< 0,1 \times E$ -mod de la maçonnerie supérieure), on peut considérer la base de la maçonnerie comme articulé ( $\rho_2=1.00$  et donc sans réduction en ce qui concerne la détermination de la hauteur effective  $h_{ef}$  – voir § 2.2.5).
  - Si le module d'élasticité de la couche isolante  $\approx$  le module d'élasticité de la maçonnerie supérieure, on peut considérer la base de la maçonnerie comme encasté et on peut prendre la hauteur effective du mur =  $0,75 \times$  (la hauteur de la maçonnerie ( $\rho_2=0,75$ ))
  - Des valeurs intermédiaires peuvent être obtenues par l'interpolation linéaire.

### **Méthode 2 : La première couche est considérée comme un simple lit**

- La résistance aux charges verticales d'un mur d'épaisseur  $t$  doit répondre aux 2 formules suivantes :

- $N_{Rd} = \Phi_1 \cdot t \cdot (\mu f_{d1}) \geq N_{Ed}$
- $N_{Rd} = \Phi_2 \cdot t \cdot f_{d2} \geq N_{Ed}$

où

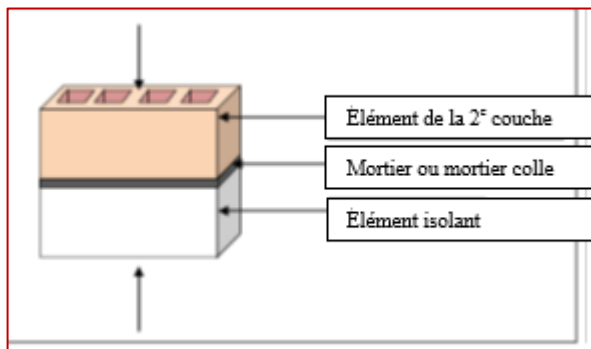
- $f_{d1} = f_{k,1} / \gamma_M$  est la valeur de calcul de la résistance à la compression des éléments isolants, obtenu par
  - soit la résistance à la compression caractéristique des éléments isolants avec un niveau de confiance de 95 %, divisé par le coefficient de sécurité ;

- soit la résistance à la compression moyenne des éléments isolants avec un niveau de confiance de 95 %, multiplié avec un facteur = 0.8 et divisé par le coefficient de sécurité ;
  - Remarque : ceci concerne la résistance à la compression de l'élément isolant entier. Si la résistance à la compression est déterminée sur cubes 100 x 100 x 100, il faut diviser cette résistance à la compression par le facteur de forme, comme donné dans la partie 1 : Matériaux (voir également NBN EN 1996-1-1 + ANB)
- $f_{R2}$  = la valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie supérieure ;
  - $\Phi_{1,2} \leq 0,9$  : facteur de réduction en fonction de l'élancement et l'excentricité (voir §2.2.5);
  - $\mu$  : un facteur de forme qui tient compte de la configuration des éléments de maçonnerie de la maçonnerie supérieure (voir note ci-après) ;

*Note : La valeur déclarée de la résistance à la compression de l'élément isolant est la résistance à la compression dans le cas d'une charge uniformément répartie. Dans le cas d'éléments de maçonnerie creux ou perforés dans la deuxième couche d'assise, la résistance à la compression de l'élément isolant doit être réduite d'un facteur qui dépend de la configuration de l'élément de la première couche d'assise et celle de l'élément de la deuxième couche d'assise. On peut déterminer ce facteur sur la base de résultats d'essai sur un élément constitué par ces deux types d'éléments et un mortier correspondant au mur à réaliser sur chantier (mortier d'usage courant ou mortier de joints minces), comme indiqué à la figure 2.2.13.*

32

**Figure 2.2.13. Exemple d'essai de la résistance à la compression de la combinaison : élément isolant/élément de la deuxième couche.**



- Si le module d'élasticité de la maçonnerie isolante est  $< 0,1 \times E$ -mod de la maçonnerie supérieure, on peut considérer la base de la maçonnerie comme articulé ( $\rho_2=1$  et donc sans réduction en ce qui concerne la détermination de la hauteur effective  $h_{ef}$  – voir § 3.2.5).
- Si le module d'élasticité de la couche isolante  $\approx$  le module d'élasticité de la maçonnerie supérieure et si le pied et la tête du mur peut être considéré comme encastré, on peut prendre  $\rho_2=0,75$ .
- Des valeurs intermédiaires peuvent être obtenues par l'interpolation linéaire.

#### Remarques

- Il faut également avoir une bonne connaissance de la résistance au cisaillement et du fluage de ces matériaux.



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

- En ce qui concerne les éléments qui n'appartiennent pas à l'une des normes NBN EN 771-1 à 6, il faut se baser sur un **agrément technique pour cette application**.

### 2.2.10 Exemple de calcul

Exemple : l'élément isolant est considérée comme une maçonnerie

Mur d'un bâtiment de 2 étages, la portée moyenne des planchers est de 5 m

- Charges : voir exemple § 2.2.6 – exemple 2
- $N_{Ed} = 2 \times (43,9 + 22,5 + 10,94) = 154,7 \text{ kN/m}$  (2 étages au lieu de 4)

1 : couche d'assise : béton cellulaire catégorie I avec certificat produit-résistance à la compression  $f_b > 5 \text{ N/mm}^2$ - mortier  $f_m = 15 \text{ N/mm}^2$

- $f_m$  doit être limité à  $2 f_b$  donc  $f_m = 10 \text{ N/mm}^2$
- $f_{k1} = 0,60 \times 5^{0,65} \times 10^{0,25} = 3,03 \text{ N/mm}^2$  (voir tableau annexe 2)
- $f_{d1} = 3,03 / 2,5 = 1,21 \text{ N/mm}^2$
- $N_{Rd1} = \Phi_1 \cdot t \cdot f_{d1} = 0,9 \times 150 \times 1,10 = 164,0 \text{ kN/m} > 154,7 \text{ kN/m}$
- $N_{Rd1} > N_{Ed}$ : conforme

2 : Maçonnerie supérieure : éléments en silico-calcaire, plein, catégorie I avec certificat produit - résistance à la compression  $f_b = 25 \text{ N/mm}^2$ , mortier de joints minces

- $f_{k2} = 12,3 \text{ N/mm}^2$  (voir tableau annexe 2)
- $f_{d2} = 12,3 / 2,5 = 4,92 \text{ N/mm}^2$
- $E1 = 1000 \cdot f_{k1} = 1000 \cdot 3,03 = 3030 \text{ N/mm}^2$
- $E2 = 1000 \cdot f_{k2} = 1000 \cdot 12,3 = 12300 \text{ N/mm}^2$
- $0,1 < E1/E2 (=0,25) < 1$
- ➔ Interpolation entre  $p_2 = 1,00$  (articulée) et  $p_2 = 0,75$  (encastrée) :  $p_2 = 0,96$
- $h_{ef} = 0,96 \cdot 3,00 = 2,88 \text{ m}$
- $t_{ef} = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$
- $h_{ef} / t_{ef} = 19,2$  en  $t_{i,ef} = 5,00 \text{ m}$  (la portée du plancher)  
➔  $\Phi_2 = 0,44$
- $N_{Rd2} = \Phi_2 \cdot t \cdot f_{d2} = 0,44 \times 150 \times 4,92 = 324,72 \text{ kN/m} > 154,7 \text{ kN/m}$
- $N_{Rd2} > N_{Ed}$ : le mur est conforme

Parois intérieures d'un mur creux avec un pourcentage d'ouvertures de  $\xi = 40\%$  (p.ex. fenêtres coulissantes au rez-de chaussée).

- Charges : voir exemple de calcul au §2.2.6
- $N_{Ed} = 2 \times (0,50 \cdot (43,9 + 22,5) + 10,94) = 77,3 \text{ kN/m}$  (2 étages)
- Couche d'assise :  $N_{Rd1} = (1 - \xi) \cdot t \cdot f_{d1} = 0,60 \times 150 \times 1,21 = 108,9 \text{ kN/m} > N_{Ed}$  : OK
- Maçonnerie supérieure :  $N_{Rd2} = (1 - \xi) \cdot \Phi_{s2} \cdot t \cdot f_{d2} = 0,60 \times 0,44 \times 150 \times 4,92 = 194,8 \text{ kN/m} > N_{Ed}$  : OK

## 2.3 Calcul de la maçonnerie soumise à des charges horizontales

La vérification de la résistance d'un mur (porteur) soumis à un chargement horizontal s'effectue en 3 étapes :

- la détermination de la résistance à la flexion,  $f_{xk1}$  et  $f_{xk2}$  ;
- la détermination de la valeur de calcul des moments appliqués  $M_{Ed1}$  en  $M_{Ed2}$  ;
- la détermination de la valeur de calcul des moments résistants  $M_{Rd1}$  en  $M_{Rd2}$ .

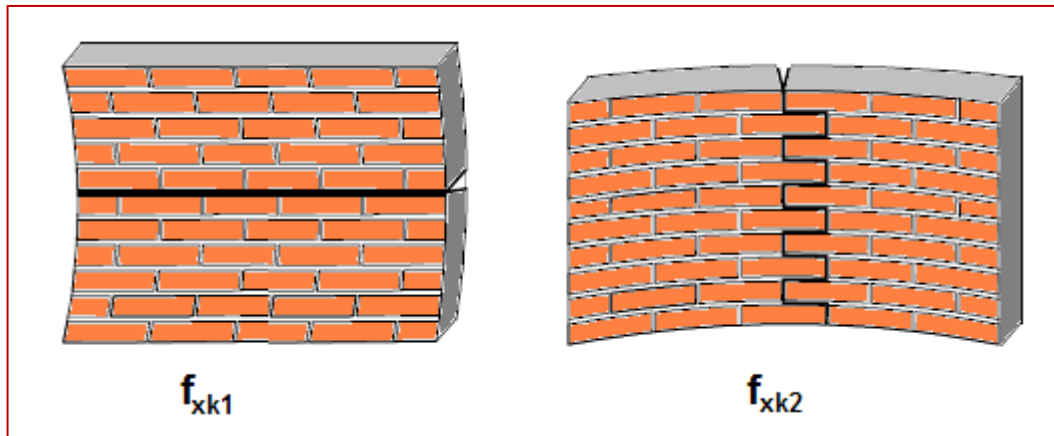
### 2.3.1 Détermination de la résistance à la flexion sous charge perpendiculaire au plan

La résistance caractéristique à la flexion perpendiculaire aux lits de pose (plan de rupture horizontal)  $f_{xk1}$  et la résistance caractéristique à la flexion parallèle aux lits de pose (plan de rupture vertical)  $f_{xk2}$  sont déterminées selon le tableau 2.3.1. ci-dessous, où

- $f_{xk1}$  = à la résistance caractéristique à la flexion dont le plan de rupture est parallèle aux lits de pose ;
- $f_{xk2}$  = à la résistance caractéristique à la flexion dont le plan de rupture est perpendiculaire aux lits de pose.

Figure 2.3.1. Maçonnerie en flexion

34



La valeur de calcul de la résistance à la flexion est la valeur caractéristique divisée par le coefficient de sécurité, comme déterminé en §2.2.4.4.

En ce qui concerne les murs soumis aux charges verticales, on peut se baser sur la valeur de calcul de la résistance à la flexion équivalente  $f_{xd1,eq}$  qui est égale à la valeur de calcul de la résistance à la flexion  $f_{xd1}$ , augmentée de la contrainte de calcul de compression  $\sigma_d$  :

$$f_{xd1,eq} = f_{xd1} + \sigma_d \text{ (}\sigma_d \text{ est limitée à } 0,15 N_{Rd}/t \text{ à mi-hauteur du mur)}$$

Les valeurs données au tableau 2.3.1. sont déterminées dans l'ANB (Annexe Nationale) de l'Eurocode 6-1-1.

**Tableau 2.3.1. Tableau 3.10 ANB – Résistance caractéristique  $f_{xk1}$  et  $f_{xk2}$**

Éléments de maçonnerie		$f_{xk1}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$f_{xk2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
		Mortier d'usage courant $f_m \geq 10$ N/mm <sup>2</sup>	Mortier-colle	Mortier d'usage courant $f_m \geq 10$ /mm <sup>2</sup>	Mortier-colle
Terre cuite	Groupe 1	0,20	0,50	0,40	0,90 (0,80)
	Groupe 2	0,20	0,20	0,50 (0,30)	0,50 (0,30)
Silico-calcaire	Groupe 1	0,10	0,50	0,40	0,50 (0,35)
	Groupe 2	0,10	0,20	0,40	0,50 (0,35)
Béton de granulats	Groupe 2 granulats courants	0,20	0,20	0,50	0,50 (0,30)
	Pour le reste	0,10	0,20	0,40	0,30
Béton cellulaire autoclave	Groupe 1	Pas utilisé	0,15	pas utilisé	0,30 (0,15)

( ) : valeur lorsque le joint n'est pas considéré comme rempli

Les valeurs ci-dessus sont des valeurs par défaut. Par des essais, le fabricant peut déclarer des valeurs plus élevées, pour la combinaison testée de mortier /éléments

Les valeurs  $f_{xk1}$  et  $f_{xk2}$  pour les mortiers légers ne pas inclus dans l'ANB de la norme EN 1996-1-1. A titre indicatif, on peut se baser sur les valeurs de la NBN EN 1996-1-1 §3.6.3. lorsque la résistance à la compression du mortier considéré est au moins M. Dans ce cas,

- $f_{xk1} = 0.035 f_b$  pour de la maçonnerie à joints verticaux remplis ou non
- $f_{xk2} = 0.035 f_b$  pour de la maçonnerie à joints verticaux remplis
- $f_{xk2} = 0.025 f_b$  pour de la maçonnerie à joints verticaux non remplis

ou bien,

- $f_{xk1} = 0.10$  N/mm<sup>2</sup> pour la maçonnerie en terre cuite ou en béton cellulaire
- $f_{xk2} = 0.10$  N/mm<sup>2</sup> pour la maçonnerie en terre cuite
- $f_{xk2} = 0.15$  N/mm<sup>2</sup> pour la maçonnerie en béton cellulaire

### 2.3.2 Détermination des moments de flexion appliqués $M_{Ed1}$ et $M_{Ed2}$

En raison de la nature anisotrope du mur, les charges ne seront pas réparties de manière égale dans les deux directions.

La norme introduit un coefficient de rapport qui donne le rapport entre la résistance à la flexion perpendiculaire aux lits de pose,  $f_{xk1}$ , et la résistance parallèle aux lits de pose,  $f_{xk2}$

$$\mu = \frac{f_{xk1}}{f_{xk2}}$$

Les valeurs de calcul des moments en direction horizontale et verticale d'un mur sous charge latérale uniformément répartie  $p_d$  (valeur de calcul) peuvent être déterminées de la manière suivante :

Murs qui sont portants uniquement dans la direction verticale

- $M_{Ed1} = 0,125 p_d \cdot h^2$  où  $h$  = hauteur du mur (entre les supports horizontaux)
- $M_{Ed2} = 0$

Murs qui sont portants uniquement dans la direction horizontale ( $h > 2l$ )

- $M_{Ed1} = 0$
- $M_{Ed2} = 0,125 p_d \cdot l^2$  où  $l$  = la longueur du mur entre deux appuis verticaux

Murs qui sont portants dans les deux directions

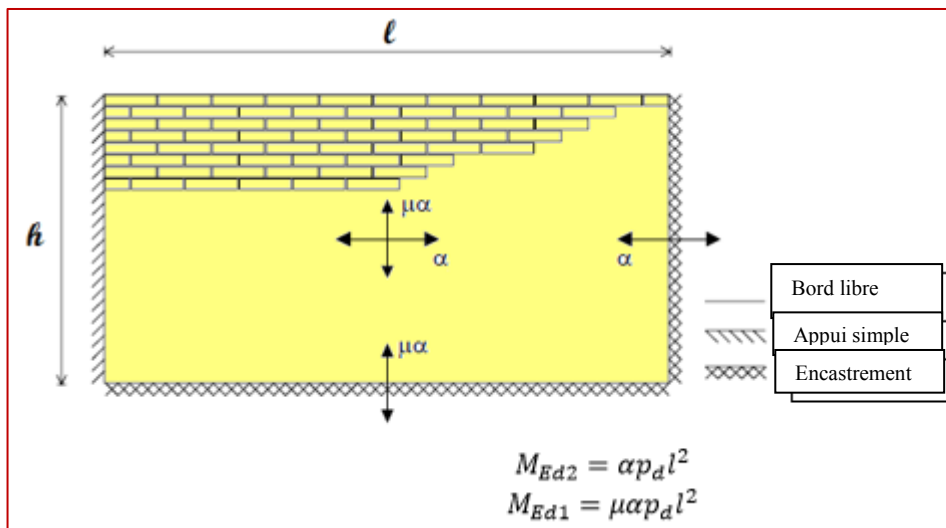
- $M_{Ed1} = \mu \cdot a p_d l^2$
- $M_{Ed2} = a p_d l^2$

où  $a$  = coefficient qui tient compte du degré de liaison des bords (voir tableaux ci-dessous).

On peut déterminer les moments fléchissants sur la base des tableaux.

Le multiplicateur  $a$  tient compte du degré de liaison des bords du mur et du rapport hauteur sur longueur du mur.

Figure 2.3.2. Calcul des moments fléchissants  $M_{Ed1}$  et  $M_{Ed2}$



36

Dans le tableau 2.3.2., on trouve les valeurs de  $a$  en fonction du degré de liaison des bords,  $\mu$  et  $h/l$  pour les cas les plus courants. Une liste exhaustive figure à l'annexe 3.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Tableau 2.3.2. Valeurs de  $\alpha$  en fonction du degré de liaison aux bords

Conditions d'appui	$\mu$	$h/l$							
		0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
	1,00	0,031	0,045	0,059	0,071	0,079	0,085	0,090	0,094
	0,90	0,032	0,047	0,061	0,073	0,081	0,087	0,092	0,095
	0,80	0,034	0,049	0,064	0,075	0,083	0,089	0,093	0,097
	0,70	0,035	0,051	0,066	0,077	0,085	0,091	0,095	0,098
	0,60	0,038	0,053	0,069	0,080	0,088	0,093	0,097	0,100
	0,50	0,040	0,056	0,073	0,083	0,090	0,095	0,099	0,102
	0,40	0,043	0,061	0,077	0,087	0,093	0,098	0,101	0,104
	0,35	0,045	0,064	0,080	0,089	0,095	0,100	0,103	0,105
	0,30	0,048	0,067	0,082	0,091	0,097	0,101	0,104	0,107
	0,25	0,050	0,071	0,085	0,094	0,099	0,103	0,106	0,109
	0,20	0,054	0,075	0,089	0,097	0,102	0,105	0,108	0,111
	0,15	0,060	0,080	0,093	0,100	0,104	0,108	0,110	0,113
	0,10	0,069	0,087	0,098	0,104	0,108	0,111	0,113	0,115
	0,05	0,082	0,097	0,105	0,110	0,113	0,115	0,116	0,117

Conditions d'appui	$\mu$	$h/l$							
		0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
	1,00	0,008	0,018	0,030	0,042	0,051	0,059	0,066	0,071
	0,90	0,009	0,019	0,032	0,044	0,054	0,062	0,068	0,074
	0,80	0,010	0,021	0,035	0,046	0,056	0,064	0,071	0,076
	0,70	0,011	0,023	0,037	0,049	0,059	0,067	0,073	0,078
	0,60	0,012	0,025	0,040	0,053	0,062	0,070	0,076	0,081
	0,50	0,014	0,028	0,044	0,057	0,066	0,074	0,080	0,085
	0,40	0,017	0,032	0,049	0,062	0,071	0,078	0,084	0,088
	0,35	0,018	0,035	0,052	0,064	0,074	0,081	0,086	0,090
	0,30	0,020	0,038	0,055	0,068	0,077	0,083	0,089	0,093
	0,25	0,023	0,042	0,059	0,071	0,080	0,087	0,091	0,096
	0,20	0,026	0,046	0,064	0,076	0,084	0,090	0,095	0,099
	0,15	0,032	0,053	0,070	0,081	0,089	0,094	0,098	0,103
	0,10	0,039	0,062	0,078	0,088	0,095	0,100	0,103	0,106
	0,05	0,054	0,076	0,090	0,098	0,103	0,107	0,109	0,110

37

Si le rapport  $h/l$  est inférieur à 0,3, on considère que le mur transfère les charges complètement horizontalement.

Si le rapport  $h/l$  est supérieur à 2,0, on considère que le mur transfère les charges complètement vers le sol et le plafond.

Si le mur est en plus chargé verticalement, ceci à un effet favorable sur la contrainte de flexion en traction, perpendiculaire aux lits de pose horizontaux.

Afin de tenir compte de ce phénomène, on introduit la résistance caractéristique à la flexion apparente  $f_{xk1,app}$ .

Elle est calculée comme suit :

$$f_{xk1,app} = f_{xk1} + \gamma_M \sigma_{dp}$$

où

- $f_{xk1}$  est la résistance caractéristique à la flexion perpendiculaire aux lits de pose suivant le tableau 3.3.1 ;
- $\gamma_M$  est le coefficient de sécurité des matériaux suivant le tableau 3.2.5 ;
- $\sigma_{dp}$  est la contrainte calculée de compression exercée sur le mur, (favorable, donc seules les charges fixes à multiplier par le facteur de pondération  $\gamma_F = 0,9$ ),

- $f_{xk1,app}$  est la résistance caractéristique à la flexion apparente, perpendiculaire aux lits de pose

### 2.3.3 Exemple de calcul

On considère un mur appuyé sur 3 bords,

- de longueur  $l = 3,75$  m
- de hauteur  $h = 2,80$  m.

Le mur est constitué d'éléments de maçonnerie en béton de granulats, groupe 2, catégorie I avec certificat produit.

La masse volumique est de  $16 \text{ kN/mm}^3$ .

Le coefficient de sécurité :  $\gamma_M = 2,50$

Charge du vent :  $(0,8 + 0,3) \times 0,633 = 0,7 \text{ kN/m}^2$

$$f_{xk1} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{xk2} = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{Ed} = 0,9 \times 2,80 \times 0,19 \times 16 / 2 = 3,83 \text{ kN à mi-hauteur}$$

$$\sigma_{dp} = 3,83 / 190 = 0,020 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{xk1,app} = 0,2 + 2,5 \times 0,02 = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

38

$$\mu = 0,25 / 0,50 = 0,50$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{(tableau)} \\ \mu = 0,50 \\ h/l = 0,75 \end{array} \right\} \alpha = 0,073$$

$$M_{Ed,x} = 0,073 \times 1,50 \times 0,70 \times 3,75^2 = 1,08 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y} = 0,50 \times 1,08 = 0,54 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,x} = W_x \times f_{kd2} = 0,19^2 \times 1000 \times 0,5 / (2,5 \times 6) = 1,20 \text{ kNm} > M_{Ed,x} : \text{OK}$$

$$M_{Rd,y} = W_y \times f_{kd1,app} = 0,19^2 \times 1000 \times 0,25 / (2,5 \times 6) = 0,60 \text{ kNm} > M_{Ed,y} : \text{OK}$$

### 2.3.4 Murs armés

Si les murs sont pourvus d'une armature dans les lits de pose, la résistance à la flexion augmente.

On tient compte de cet effet par l'introduction de la résistance caractéristique apparente à la flexion parallèle aux lits de pose :

$$f_{xk2,app} = \gamma_M \frac{6A_s f_{yd} z}{bt^2}$$

Où :

$f_{xk2}$  est la résistance caractéristique parallèle aux lits de pose (plan de rupture vertical) ;

$f_{yd}$  est la valeur de calcul de la résistance à la traction de l'acier d'armature ;

$A_s$  est la section de l'armature par unité de longueur dans la zone de traction ;

$\gamma_M$  est le coefficient de sécurité de la maçonnerie ;

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

$t$  est l'épaisseur du mur ;

$b$  est l'unité de longueur du mur ;

$z$  le bras de levier de la section armée soumise à la flexion:

$$z = \left(1 - \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{hd}}\right) d \leq 0.95d$$

$f_{hd}$  est la valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie dans la direction horizontale.

Sur la base de  $f_{xk1,app}$  et  $f_{xk2,app}$ , on détermine

$$\mu = \frac{f_{xk1,app}}{f_{xk2,app}}$$

Ensuite, on peut déterminer  $M_{Ed,x}$  en  $M_{Ed,y}$  d'une manière similaire à celle pour la maçonnerie non armée en utilisant les tableaux de l'annexe 3.

Ces valeurs doivent être évaluées par rapport aux valeurs de calcul des moments suivants :

$M_{Rd,y}$  dépend évidemment de la résistance à la flexion perpendiculaire aux lits de pose :

$$M_{Rd,y} = \frac{b t^2 f_{xk1}}{6 \gamma_M}$$

En ce qui concerne  $M_{Rd,x}$ , il faut vérifier à la fois la résistance à la flexion en compression parallèle aux lits de pose et la résistance à la flexion en traction repris par l'armature.

39

$$M_{Rd,x} < c b d^2 \frac{f_{kh}}{\gamma_M} \quad \text{avec } c = 2 \frac{z}{d} \left(1 - \frac{z}{d}\right)$$

$$M_{Rd,x} < z A_s f_{yd} \quad \text{avec } z = \left(1 - \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{hd}}\right) d \leq 0.95d$$

Il est important de noter que dans ces équations, la section d'acier  $A_s$  est celle qui se trouve dans la zone en traction. Dans le cas d'une armature constituée par deux barres parallèles reliées entre elles par un fil en zig-zag, la section  $A_s$  est donc la moitié de la section totale de l'armature.

### 2.3.5 Exemple de calcul

On considère un mur, appuyé sur 3 bords, de longueur  $l = 4,80$  m et de hauteur  $h = 4$  m.

Le mur est constitué d'éléments de maçonnerie en béton, catégorie I avec certificat produit et est armé tous les 40 cm par des barres  $\emptyset 4$  mm dans la zone de traction (armature  $A_s = 31,5 \text{ mm}^2/\text{m}$ ).

La masse volumique est de  $16 \text{ kN/m}^3$ .

Coefficient de sécurité de la maçonnerie :  $\gamma_M = 2,50$

$f_{k1} = 5,0 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_d = 2,0 \text{ N/mm}^2$  et  $f_{hd} = 0,6 \text{ N/mm}^2$

Charge du vent :  $(0,8 + 0,3) \times 0,633 = 0,7 \text{ kN/m}^2$

$f_{xk1} = 0,2 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk2} = 0,5 \text{ N/mm}^2$

$$M_{Ed} = 0,9 \times 4,00 \times 0,19 \times 16 / 2 = 5,47 \text{ kN à mi-hauteur}$$

$$\sigma_{dp} = 5,47 / 190 = 0,029 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{xk1,app} = 0,2 + 2,5 \times 0,029 = 0,27 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 170 \text{ mm} \quad z = 159 \text{ mm} \quad c = 0,12$$

$$f_{xk2,app} = 2,5 \times 6 \times 31,4 \times (500/1,15) \times 158 / (1000 \times 190^2) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu = 0,27/0,90 = 0,30$$

$$H/L = 0,83$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{(tableau)} \\ \end{array} \right\} \alpha = 0,085$$

$$M_{Ed,x} = 0,085 \times 1,50 \times 0,70 \times 4,80^2 = 2,06 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y} = 0,3 \times 2,06 = 0,62 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,x} \leq c \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{dh} = 2,17 \text{ kNm} > M_{Ed,x} : \text{OK}$$

$$M_{Rd,x} \leq z \cdot A_s \cdot f_{yd} = 2,16 \text{ kNm} > M_{Ed,x} : \text{OK}$$

$$M_{Rd,y} = W_y \times f_{xk1,app} = 0,19^2 \times 1000 \times 0,27 / (2,5 \times 6) = 0,65 \text{ kNm} > M_{Ed,y} : \text{OK}$$

### 2.3.6 Calcul des murs raidisseurs (charge horizontale)

40

#### 2.3.6.1 Généralités

Les forces horizontales globales (charge du vent, séisme...) qui agissent sur un bâtiment, doivent être transférées vers la fondation par les murs raidisseurs.

A cette fin, un certain nombre de calculs de contrôle doivent être effectués :

- le calcul de la force horizontale totale  $F_{Hd}$  et le moment de basculement  $M_{Hd}$ , ainsi généré ;
- la répartition des forces, mentionnées ci-dessus, vers les murs raidisseurs en fonction de la raideur et l'inertie ;
- le calcul des actions verticales sur le mur raidisseur ;
- la vérification de la résistance au cisaillement des murs raidisseurs ;
- la vérification de l'équilibre de basculement.

#### 2.3.6.2 Actions horizontales

La résultante totale de l'action du vent à une façade d'un bâtiment, situé sur un terrain plat, peut être définie comme suit :

$$F_{Hd} = \gamma_F B H (0,8 + 0,5) q_w$$

où :

- $B \times H$  est la surface de la façade, perpendiculaire à la direction du vent ;
- $\gamma_F = 1,50$  (charge variable) ;
- $q_w$  est la pression du vent, en N/mm<sup>2</sup>

En ce qui concerne les façades de forme spéciale ou des terrains en pente, on fait référence à la NBN EN 1991-1-4.



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

La pression du vent est fonction des zones de vent, de la classe du vent et de la hauteur du bâtiment.

La Belgique est divisée en 4 zones ayant des vitesses de référence du vent de 23 m/s au sud jusqu'à 26 m/s à la côte (voir Figure 2.3.3.).

Les classes du vent sont fonction des conditions environnementales locales (tableau 2.3.3.).

**Tableau 2.3.3. Classes de vent**

Classe 0	Mer, exposition directe aux vents de mer
Classe I	Zones plates horizontales sans obstacles
Classe II	Zones rurales avec obstacles isolés
Classe III	Villages, faubourgs, industries, forêts
Classe IV	Villes

Les tableaux de l'annexe 4 donnent les pressions du vent pour les différentes zones et classes du vent

*Note :*

*Pour des actions locales, on fait référence à la NBN EN1991-1-4 +ANB : coefficients locaux*

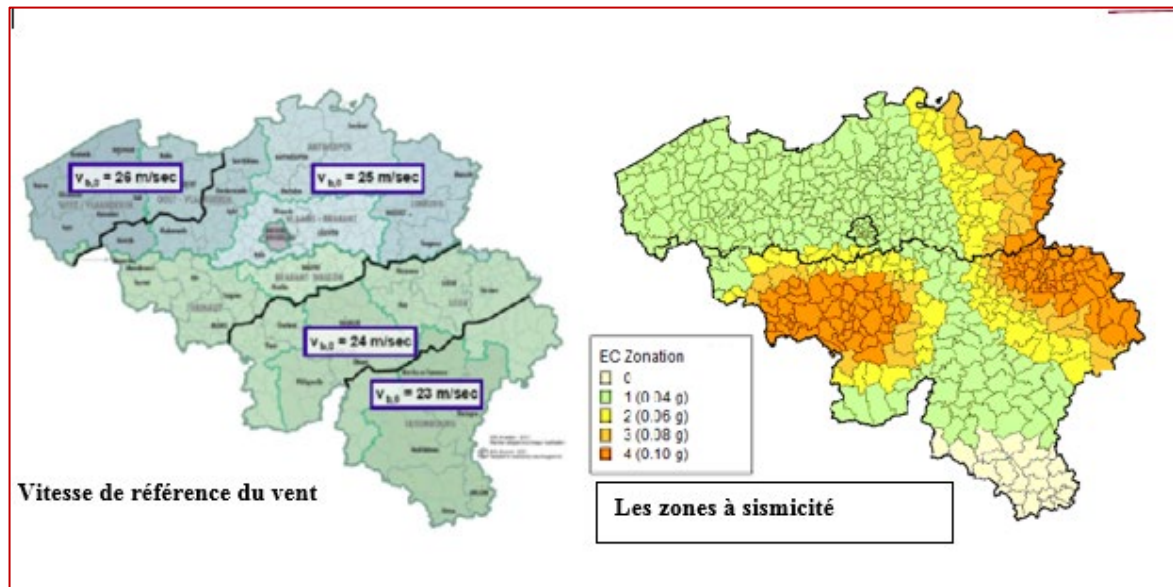
Le moment de basculement d'un bâtiment résultant du vent peut être défini comme suit :

$$-M_{Hd} = \frac{H}{2} F_{Hd}$$

En plus de l'action du vent, des forces horizontales dues aux séismes peuvent également se produire.

La théorie au sujet des séismes est expliquée au §2.4.

Figure 2.3.3. Zones de vitesse du vent et zones à sismicité



### 2.3.6.3 Répartition des forces

La répartition des forces vers les murs raidisseurs se passe proportionnellement aux raideurs des murs.

42

La raideur est déterminée comme suit :

$$K = \frac{1}{\frac{h^3}{\alpha EI_w} + \frac{h}{k'GA_w}}$$

où

- $h$  = la hauteur du mur ;
- $E$  est le module d'élasticité du mur, généralement = 1000.fk (voir l'Eurocode6-1-1 ANB § 3.7.2) ;
- $G$  est le module de cisaillement de la maçonnerie, =  $0.4 E$  ;
- $I_w$  = le moment d'inertie flexionnelle du mur raidisseur (éventuellement tenant compte des ailes des murs de contreventement aux extrémités) ;
- $\alpha$  est un coefficient dépendant des conditions d'appuis du mur (= 12 si bi-encasté, = 6 si encasté-appuyé ou = 3 si encasté-libre) ;
- $A_w$  est la section horizontale du mur (sans tenir compte des ailes aux extrémités) ;
- $k'$  est un coefficient dépendant de la forme de la section transversale (= 5/6 si section rectangulaire).

### 2.3.6.4 Vérification de la résistance au cisaillement et basculement des murs raidisseurs.

#### 2.3.6.4.1 L'équilibre de basculement

L'équilibre de basculement doit être vérifié sur la base de l'excentricité se produisant.

$$e_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed,tot}} < L/2$$

où  $e_{Ed}$  représente une excentricité.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

L'équilibre de basculement du mur est déterminé comme suit :

- si  $e_{Ed} \geq L/2$ , le mur se renverse (basculement) ;
- si  $e_{Ed} \leq L/6$ , le mur ne se soulève pas (excentricité petite) ;
- si  $L/6 < e_{Ed} < L/2$ , le mur est partiellement soulevé.

Si le mur ne se renverse pas ( $e_{Ed} < L/2$ ), il faut également vérifier que la partie soumise à la compression (partie non soulevée) peut résister aux efforts verticaux :

$$N_{Ed} = N_{Ed,tot} \frac{L}{L_c} \leq N_{Rd}$$

où  $L_c = 3 \left( \frac{L}{2} - e_{Ed} \right) \leq L$  est la longueur du mur non soulevé

$N_{Rd}$  est calculé selon §2.2.

#### 2.3.6.4.2 Résistance au cisaillement

Tout comme avec les charges verticales et les moments fléchissants, les valeurs de calcul des efforts tranchants sont comparées aux valeurs de calcul de la résistance au cisaillement.

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

avec

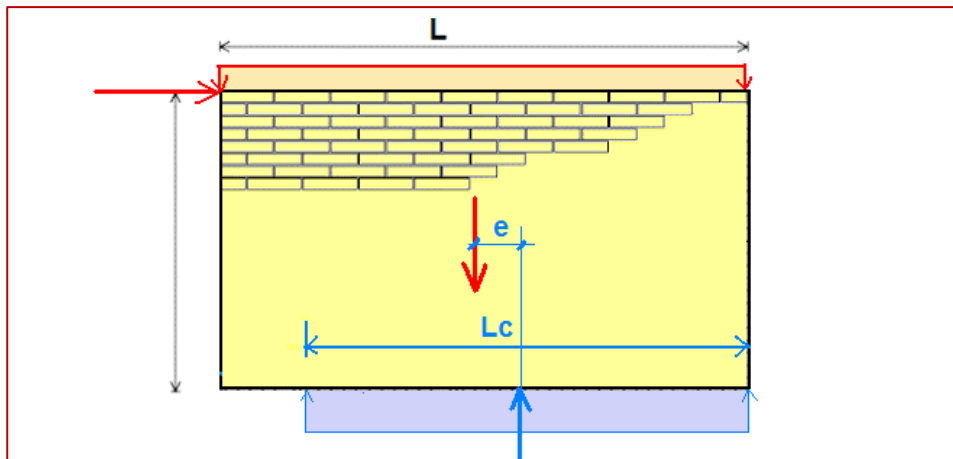
$$V_{Rd} = f_{vd} \cdot t \cdot L_c$$

où  $t$  = l'épaisseur du mur

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

$f_{vk}$  = la résistance caractéristique au cisaillement de la maçonnerie

Figure 2.3.4. schéma de situation de la résistance aux cisaillements



#### 2.3.6.4.3 La résistance caractéristique initiale au cisaillement de la maçonnerie en l'absence de contrainte de compression $f_{vk0}$

**Tableau 2.3.4. Résistance caractéristique initiale au cisaillement  $f_{vk0}$** 

Éléments de maçonnerie	$f_{vk0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]*				
	Mortier d'usage courant $f_m \geq 10$ N/mm <sup>2</sup>	Mortier d'usage courant $2,5 \leq f_m < 10$ N/mm <sup>2</sup>	Mortier d'usage courant $f_m < 2,5$ N/mm <sup>2</sup>	Mortier de joints minces (joint d'assise $\geq 0,5$ mm et $\leq 3$ mm)	Mortier allégé
Terre cuite	0,30	0,20	0,10	0,30	0,15
Silico-calcaire	0,20	0,15	0,10	0,40	0,15
Béton	0,20	pas utilisé	pas utilisé	0,30	0,15
Béton cellulaire autoclavé	pas utilisé	0,15	pas utilisé	0,30	pas utilisé
Pierre reconstituée et pierre naturelle	pas utilisé	pas utilisé	0,10	0,30	pas utilisé

Les valeurs ci-dessus sont des valeurs par défaut. Par des essais, le fabricant peut déclarer des valeurs plus élevées, pour la combinaison testée de mortier /éléments

**44**

 a) Résistance caractéristique au cisaillement – murs à joints verticaux remplis

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4\sigma_d$$

où :

 $\sigma_d$  [N/mm<sup>2</sup>] est valeur de calcul de la contrainte de compression moyenne (dans la section considérée)

 Lorsque les joints de mortier sont remplis seulement sur une partie de la largeur, il convient de multiplier  $f_{vk0}$  d'un facteur, égal au rapport largeur de mortier/largeur du mur.

 $f_{vk}$  ne peut pas être supérieure à  $0.065 f_b$ .

 b) Résistance caractéristique au cisaillement – murs à joints verticaux ouverts

$$f_{vk} = 0.5f_{vk0} + 0.4\sigma_d$$

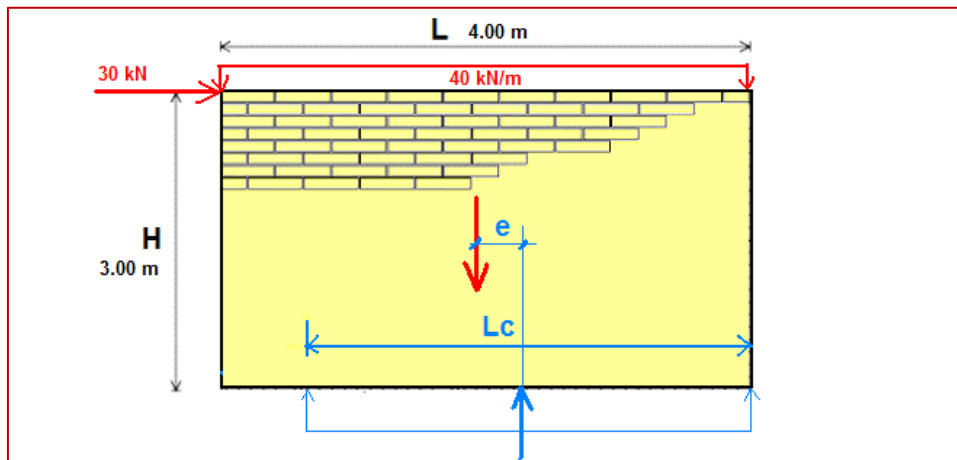
où :

 $\sigma_d$  [N/mm<sup>2</sup>] est valeur de calcul de la contrainte de compression moyenne (dans la section considérée)

 Il faut limiter la valeur de  $f_{vk}$  à  $0,045 f_b$ .

### 2.3.6.4.4 Exemple de calcul

Figure 2.3.5. Croquis de situation de l'exemple de calcul



Maçonnerie -  $f_b = 15 \text{ N/mm}^2$

$f_m = 8 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk0} = 0,20 \text{ N/mm}^2$

$V_{Ed} = 1,50 \times 30 = 45 \text{ kN}$

$M_{Ed} = 45 \times 3,00 = 135 \text{ kNm}$

$N_{Ed} = 40 \times 4,00 = 160 \text{ kN}$

$e = 135/160 = 0,84 \text{ m}$

$L_c = 3 \times (L/2 - e) = 3 \times (4,00 / 2 - 0,84) = 3,48 \text{ m}$

$\sigma_d = 160000 / (3480 \times 140) = 0,33 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk} = 0,20 + 0,4 \times 0,33 = 0,33 \text{ N/mm}^2$  (  $< 0,065 f_b$  )

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M = 0,33 / 2,5 = 0,133 \text{ N/mm}^2$

$V_{Rd} = 0,133 \times 140 \times 3480 = 64,6 \text{ kN} > 45,0 \text{ kN} : \text{OK}$

### 2.3.6.4.5 Méthode simplifiée pour le contrôle du nombre de parois transversales sous l'action du vent

L'Eurocode 6.3 prévoit une méthode simplifiée pour la détermination de la section des parois transversales, appelées également murs de contreventement.

La méthode de calcul simplifiée ci-dessous 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 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 poutres de chaînage d'une rigidité suffisante ;
- les planchers et la toiture ont un appui au moins égal aux 2/3 de l'épaisseur du mur sans être inférieur à 85 mm ;
- la hauteur libre d'un étage ne dépasse pas 3,0 m ;
- la longueur minimale du mur est au moins égale à 1/3 de la hauteur ;
- les valeurs caractéristiques des actions variables sur les planchers et la toiture n'excèdent pas 5,0 kN/m<sup>2</sup> ;
- la portée maximale de tout plancher est de 6,0 m ;

- la portée maximale de la toiture est de 6,0 m, sauf dans le cas d'une toiture légère pour laquelle la portée ne dépasse pas 12 m ;
  - l'élançement (rapport  $h_{ef}/t_{ef}$ ) des murs intérieurs et extérieurs est inférieur ou égal à 21;

où :

- $h_{ef}$  : est la hauteur effective du mur conformément à § 2.2.5.1;
- $t_{ef}$  : est l'épaisseur effective déterminée conformément à § 2.2.5.1.

Les murs de contreventement peuvent être conçus sans vérifier la résistance au vent, si la disposition des murs de contreventement est suffisante pour raidir le bâtiment contre les forces horizontales dans deux sens perpendiculaires.

Afin d'avoir suffisamment de murs de contreventement pour résister aux charges dues au vent, il faut en plus répondre aux exigences suivantes :

- la charge caractéristique due au vent ne dépasse pas  $1,3 \text{ kN/m}^2$  ;
- il existe au minimum deux murs dans les deux sens perpendiculaires ;
- les murs de contreventement sont des murs porteurs et la résistance de calcul aux charges, à l'exception des charges dues au vent, est vérifiée conformément à ce qui précède, en supposant une résistance à la compression réduite de l'ouvrage en maçonnerie de  $0,8 f_k$  ;
- la disposition des murs de contreventement est pratiquement symétrique dans le plan dans les deux sens (voir Figure 2.3.6) ou au moins dans un sens si le rapport  $l_{bx}/l_{by} \leq 3$  ;
- dans le plan, les axes des murs de contreventement ne se rencontrent en aucun point.

La somme des surfaces des parois intérieures de murs de contreventement 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, satisfait la relation suivante :

**Figure 2.3.6. Disposition des murs de contreventement**

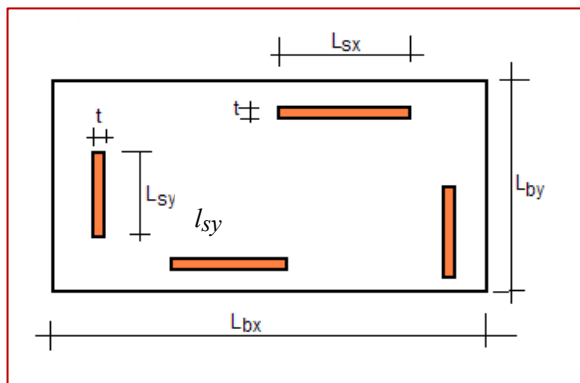
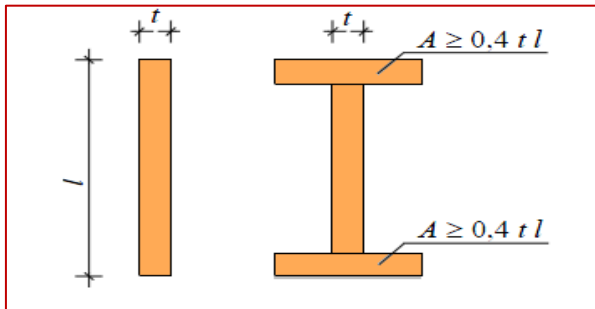


Figure 2.3.7. Murs de contreventement ou murs raidisseurs et exigences relatives aux profilés en I



$$\sum t \cdot l_{sx} \geq c_s \cdot l_{by} \cdot h_{tot}^2$$

$$\sum t \cdot l_{sy} \geq c_s \cdot l_{bx} \cdot h_{tot}^2$$

Où :

- $l_{bx}, l_{by}$  sont les dimensions dans le plan du bâtiment considéré où  $l_{bx} \geq l_{by}$  ;
- $l_{sx}, l_{sy}$  sont les longueurs des murs de contreventement (voir Figure 2.3.6) ;
- $h_{tot}$  est la hauteur du bâtiment ;
- $c_s = \alpha \cdot w_{Ek}$  ;
- $\alpha$  est une constante dépendant de  $\alpha$ , donnée dans le tableau 2.3.4 , en  $m^2/kN$  ;
- $\alpha = 1,0$  pour les murs de contreventement rectangulaires ;  
 $= 0,67$  pour les murs de contreventement à section en I dont la surface des ailes est supérieure à  $0,4 t l$  (voir Figure 2.3.7) ;
- $\alpha$  est la *moyenne* du rapport  $\frac{N_{Ed}}{A f_d}$  des murs de contreventement considérés ;
- $N_{Ed}$  est la valeur de *calcul* de la charge verticale appliquée sur un mur de contreventement ;
- $A$  est l'aire de section d'un mur de contreventement ;
- $f_d$  est la résistance de calcul à la compression de la maçonnerie ;
- $w_{Ek}$  est la charge caractéristique due au vent, en  $kN/m^2$  ( $\leq 1,3 kN/m^2$ ).

Tableau 2.3.5. Valeurs de  $c_t$  [  $m^2/kN$  ]

$\alpha$	$f_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]			
	2	4	6	$\geq 8$
0,2	0,0192	0,0095	0,0064	0,0048
0,3	0,0128	0,0064	0,0042	0,0032
0,4	0,0095	0,0048	0,0032	0,0024
0,5	0,0075	0,0038	0,0025	0,0019
0,6	0,0095	0,0048	0,0032	0,0024
0,7	0,0128	0,0064	0,0042	0,0032

## 2.4 Vérification des structures en maçonnerie par rapport au risque sismique

### 2.4.1 Généralités

Ce chapitre présente les vérifications à effectuer sur les structures en maçonnerie pour prendre en compte le risque sismique.

Dans un premier temps, on établit au § 2.4.2 le niveau d'aléa sismique pour la zone géographique et le bâtiment concernés, selon les critères définis au niveau européen (NBN EN 1998-1). Si l'aléa n'est pas négligeable, la prise en compte du risque sismique implique :

- la vérification de la stabilité globale du bâtiment par un calcul explicite (§ 2.4.3) ou selon une méthode simplifiée (§ 2.4.4) ;
- la mise en œuvre de mesures constructives spécifiques (§ 2.4.4.2).

### 2.4.2 Aléa sismique

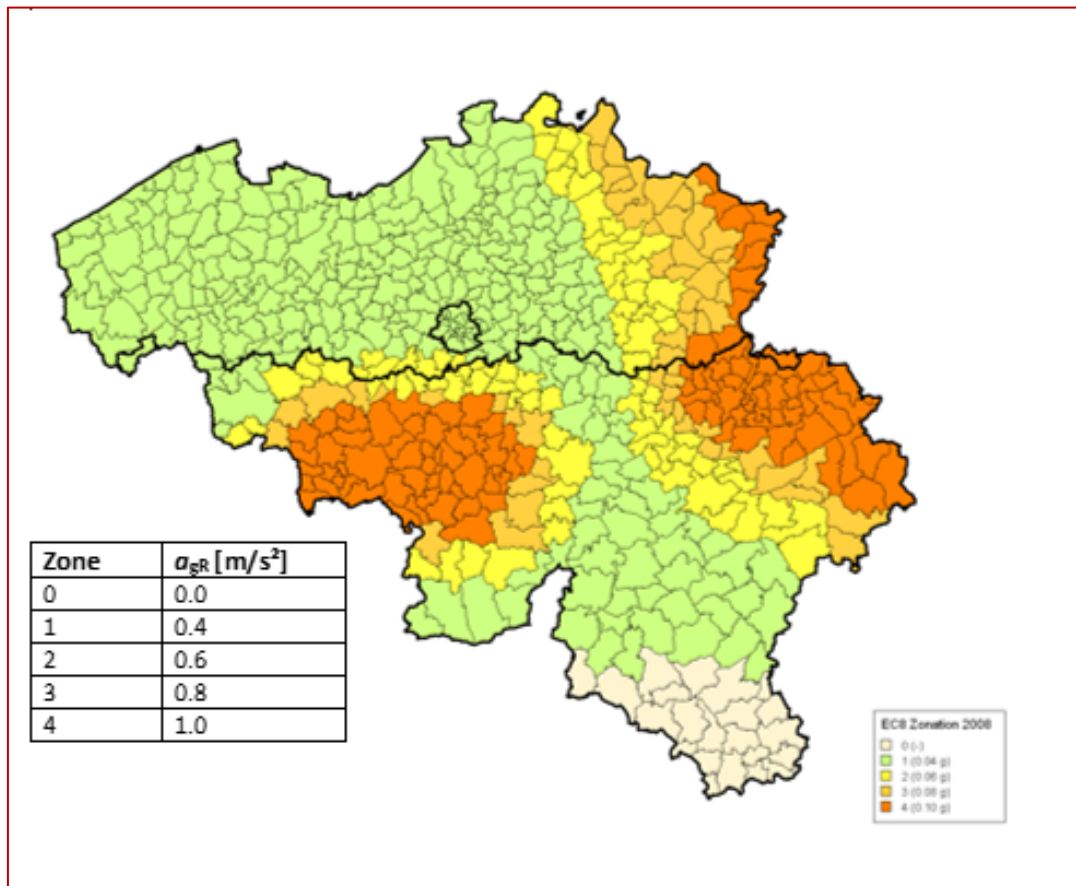
Les effets sismiques doivent être pris en compte dans les zones à sismicité faible ou modérée. La classification se base sur l'évaluation des paramètres  $a_{gR}$ ,  $\gamma_I$  et  $S$ .

Le paramètre  $a_{gR}$  représente l'accélération sismique de référence pour la zone géographique considérée (voir carte ci-dessous Figure 2.4.1. et liste des communes en annexe 6). 5 zones sont définies (de 0 à 4).



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Figure 2.4.1. Les zones à sismicité



49

Le paramètre  $\gamma_I$  représente l'importance accordée au bâtiment (voir tableau 2.4.1 en fonction des 4 catégories d'importance définies).

Tableau 2.4.1. Catégories d'importance des bâtiments

Catégorie d'importance	Bâtiments	Coefficient d'importance $\gamma_I$
I	Bâtiments d'importance mineure pour la sécurité des personnes, par exemple, bâtiments agricoles, etc.	0,8
II	Bâtiments courants n'appartenant pas aux autres catégories	1,0
III	Bâtiments dont la résistance aux séismes est importante compte tenu des conséquences d'un effondrement, par exemple : écoles, salles de réunion, institutions culturelles, etc.	1,2
IV	Bâtiments dont l'intégrité en cas de séisme est d'importance vitale pour la protection civile, par exemple : hôpitaux, casernes de pompiers, centrales électriques, etc.	1,4

Le paramètre  $S$  dépend du type de sol (A,B,C,D ou E). Les catégories de sol sont définies au tableau 2.4.2.

**Tableau 2.4.2. Catégories de sol**

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres				
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (coups/30 cm)	$c_u$ (kPa)	Pénétromètre statique – résistance (MPa)	Pressiomètre – Module / résistance (Mpa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	-	-	-	> 100 / > 5
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250	Sols granulaires compacts: > 15 Sols cohérents (argiles ou marnes dures): > 5	Sols granulaires compacts: > 20 / > 2 Sols cohérents (argiles ou marnes dures): > 25 / > 2
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250	Sols granulaires compacts: 5 - 15 Sols cohérents (argiles ou marnes dures): 1.5 – 5	Sols granulaires compacts: 6 – 20 / 1 - 2 Sols cohérents (argiles ou marnes dures): 5 – 25 / 0.5 – 2
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70	Sols granulaires compacts: < 5 Sols cohérents (argiles ou marnes dures): < 1.5	Sols granulaires compacts: < 6 / < 1 Sols cohérents (argiles ou marnes dures): < 5 / < 0.5
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de $v_s$ de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s					

50

Dans le tableau 2.4.3., les caractéristiques de sol à prendre en compte sont les valeurs moyennes sur une profondeur allant de 5 à 20 m.

Les valeurs de  $S$ , en fonction du type de sol, sont mentionnées dans le tableau 2.4.3.

**Tableau 2.4.3. Coefficient  $S$  en fonction du type de sol**

Valeurs du coefficient $S$ en fonction du type de sol				
A	B	C	D	E
1,00	1,35	1,50	1,80	1,60

Le niveau d'aléa sismique pour un bâtiment donné, dans une zone géographique donnée et des conditions de sol données se base sur l'évaluation du produit  $\gamma_I a_{gR} S$

Aléa sismique très faible :  $\gamma_I a_{gR} S \leq 0,6 \text{ m/s}^2$

Aléa sismique faible :  $0,6 < \gamma_I a_{gR} S \leq 1,0 \text{ m/s}^2$

Aléa sismique modéré :  $\gamma_I a_{gR} S > 1,0 \text{ m/s}^2$

En cas d'aléa sismique très faible, les vérifications vis-à-vis du séisme peuvent être négligées.

En cas d'aléa sismique faible à modéré, la stabilité sismique globale du bâtiment doit être vérifiée et des mesures constructives spécifiques doivent être prises.

### 2.4.3 Vérification explicite de la stabilité sismique

La vérification sismique explicite s'effectue de manière similaire à la vérification explicite de la résistance au vent décrite de §2.3.6.1 à §2.3.6.4, avec les particularités suivantes :

1. Dans le calcul de la raideur, le module  $E$  est égal à  $500 f_k$  ;
2. Pour pouvoir être considérés comme contribuant à la résistance sismique, les murs doivent remplir les conditions données au tableau 2.4.4.

Tableau 2.4.4. Conditions des murs

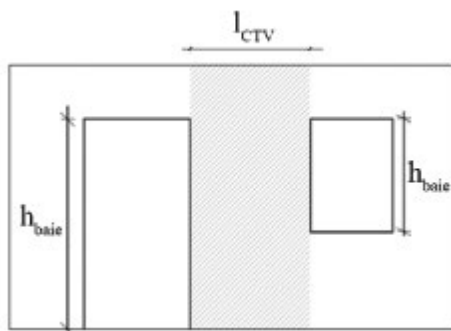
Type de maçonnerie	$t_{ef,min}$ (mm)	$(h_{ef}/t_{ef})_{max}$	$(l_{ctv} / h_{baie})_{min}$
Maçonnerie non armée avec blocs en pierre naturelle	340	9	0,5
Maçonnerie non armée autre que pierres naturelles pour des bâtiments de 2 niveaux au maximum *,1	138	20	0,4
Maçonnerie non armée autre que pierres naturelles en cas de faible sismicité **,2	138	20	0,4
Maçonnerie non armée autre que pierres naturelles pour toute situation autre que 1 ou 2	188	20	0,4

\* L'espace du toit (comble) au-dessus des niveaux complets n'est pas pris en compte dans le nombre de niveaux.

\*\* Les conditions de faible sismicité sont définies en § 2.4.2.

-  $t_{ef}$  et  $h_{ef}$  sont l'épaisseur et la hauteur effectives des murs (voir §2.2.5.1).

-  $l_{ctv}$  est la longueur du mur et  $h_{baie}$  est la hauteur d'ouverture adjacente à ce mur (voir figure ci-dessous). La hauteur de baie la plus défavorable est à considérer.



1. La force d'inertie horizontale totale résultant de l'action sismique peut être estimée à l'aide de la formule suivante :

$$F_b = 1.3 \times N b_{et} \times \Omega \times \gamma_I \times a_{gR} \times S \times 1.000$$

où

- $N b_{et}$  est le nombre de niveaux de plancher (sans considérer le plancher au niveau du sol ou en sous-sol). Pour les bâtiments d'un niveau (type bungalow),  $N b_{et}$  vaut 0.5. Pour les bâtiments à toiture plate, le niveau de toiture doit être compté comme un plancher.

- $\Omega$  est l'emprise au sol du bâtiment.

Cette formule correspond à une masse moyenne de 1.000 kg/m<sup>2</sup>/étage. Pour une masse plus élevée ou plus faible, la résultante doit être corrigée par un coefficient

$$\alpha = m/1000,$$

où  $m$  est la masse moyenne par étage en kg/m<sup>2</sup>.

Le moment de renversement total est donné par

$$M_b = \beta F_b H_{tot}$$

où

- $H_{tot}$  est la hauteur sous corniche du bâtiment et où
- le coefficient  $\beta$  est donné au tableau 2.4.5. en fonction du nombre d'étage (combles non compris).

**Tableau 2.4.5. Coefficient  $\beta$  en fonction du nombre d'étages**

Nombre d'étages combles non compris	$\beta$
1	0,90
2	0,78
3	0,74
4	0,72
5	0,71

52

## 2.4.4 Vérification sismique – méthode simplifiée

### 2.4.4.1 Généralités

En alternative à l'approche complète basée sur §2.3.6.1, §2.3.6.2, §2.3.6.3, §2.3.6.4 et §2.4.2, la stabilité au séisme est supposée assurée si la disposition des murs de contreventement est suffisante pour stabiliser le bâtiment dans deux directions perpendiculaires. Pour des bâtiments de plus de deux niveaux, ces règles sont assez conservatives et leur non-vérification ne signifie pas nécessairement que la stabilité au séisme n'est pas vérifiée. Une vérification explicite est alors conseillée.

Les conditions nécessaires pour une dispense de vérification explicite sont les suivantes :

A. Il convient que la configuration en plan du bâtiment respecte les conditions suivantes :

- il convient que la forme en plan soit approximativement régulière ;
- il convient que le rapport entre les longueurs du petit et du grand côté en plan ne soit pas inférieur à 0.25 ;
- il convient que les parties en saillie ou en retrait par rapport à la forme rectangulaire n'aient pas une dimension supérieure à 15 % de la surface totale au-dessus du niveau considéré.

B. Il convient que les murs de contreventement du bâtiment respectent toutes les conditions suivantes (en plus des conditions reprises au tableau 2.4.4 du §2.4.3) :

- il convient que le bâtiment soit raidi par des murs de contreventement disposés suivant deux directions orthogonales de manière la plus symétrique possible ;
- il convient qu'au minimum deux murs parallèles soient placés dans chacune des deux directions horizontales orthogonales ;
- il convient que la longueur de ces deux murs soit, pour la direction considérée :

- supérieure à 30 % de la dimension du bâtiment dans la direction considérée pour les bâtiments de dimension inférieure ou égale à 10 m. Dans ce cas, la longueur moyenne des murs destinés à la reprise des efforts sismiques dans une direction donnée doit être au moins égale à 3 m ;
- supérieure à 3 m pour les bâtiments de dimension supérieure à 10 m ;
- en cas de sismicité faible, cette longueur minimale peut être constituée par la longueur cumulée des pans de murs situés dans un même plan. Dans ce cas, il convient que, dans chaque direction, au moins un de ces pans de mur ait une longueur supérieure ou égale à deux fois la valeur obtenue sur la base de la valeur minimale du rapport  $l/h$  requis tableau 2.4.4 du §2.4.3. Par exemple, les murs pouvant être pris en considération pour vérifier cette condition sont :
  - pour un pan de mur situé entre deux baies de fenêtre de 1,2 m de hauteur :  $L_{\min} = 0,96$  m
  - pour un pan de mur adjacent à une baie de porte de 2 m :  $L_{\min} = 1,6$  m ;
  - pour un pan de mur adjacent à une baie de hauteur égale à une hauteur d'étage de 2,6 m :  $L_{\min} = 2,08$  m ;
- il convient que, dans au moins une direction, la distance entre les murs orientés dans cette direction soit supérieure à 75 % de la longueur du bâtiment dans l'autre direction ;
- il convient que les murs de contreventement soient continus depuis la base jusqu'au sommet du bâtiment (sauf dans les combles) et ne comprennent pas d'ouverture.

C. Il convient que, dans chaque direction principale horizontale, les différences de masses et de sections horizontales des murs de contreventement entre deux étages successifs soient limitées à 20 %.

D. Il convient que, si les mesures spécifiques de connexion mur-plancher décrites en §2.4.4.2 ne sont pas mises en œuvre, les murs situés dans une direction donnée soient liaisonnés avec les murs disposés suivant la direction perpendiculaire, avec un espacement maximal de 7 m.

E. Il convient qu'à chaque niveau, l'aire totale des sections horizontales des murs de contreventement soit supérieure à un pourcentage  $p_{\min}$  de l'emprise au sol du bâtiment. Les valeurs de  $p_{\min}$  sont données aux tableaux en annexe 5. Les paramètres de ces tableaux sont :

- le niveau de sismicité, en terme de  $\gamma_1 a_{gR} S$  ;
- la résistance caractéristique à la compression  $f_k$  ;
- le nombre de niveaux ;
- le pourcentage de la charge gravitaire reprise par les murs dans la direction considérée (y compris le poids du mur lui-même) ;
- la longueur moyenne des murs résistant au séisme dans la direction considérée.

#### 2.4.4.2 Dispositions constructives

Dans les conditions d'aléa sismique faible à modéré, la stabilité sismique requiert la mise en œuvre d'une connexion adéquate entre murs perpendiculaires ainsi qu'entre murs et planchers. Selon la hauteur du bâtiment et le niveau d'aléa, les exigences de connexion peuvent être remplacées ou accompagnées de critères relatifs à une épaisseur minimale des murs de contreventement participant à la résistance sismique. Le tableau 2.4.6. présente un résumé de ces critères.

**Tableau 2.4.6. Dispositions constructives en fonction du niveau d'aléa sismique**

Niveau d'aléa sismique	Nombre de niveaux *	Dispositions technologiques minimales à respecter
$\gamma_I a_{gR} S \leq 0,6 \text{ m/s}^2$ (sismicité très faible)		Pas de mesures spécifiques
$0,6 < \gamma_I a_{gR} S \leq 1,0 \text{ m/s}^2$ (Sismicité faible)	1 ou 2	Pas de mesures spécifiques
	plus de 2	Mise en œuvre des dispositions de connexion OU alternativement Épaisseur minimale des murs de contreventement égale à 188 mm
$\gamma_I a_{gR} S > 1,0 \text{ m/s}^2$ (sismicité modérée)	1 ou 2	Mise en œuvre des dispositions de connexion
	plus de 2	Mise en œuvre des dispositions de connexion ET épaisseur minimale des murs de contreventement égale à 188 mm

*\* L'espace du toit (comble) au-dessus des niveaux complets n'est pas pris en compte dans le nombre de niveaux.*

Lorsque les critères de connexion sont à respecter, il convient que les éléments assurant la connexion mécanique entre murs et murs et entre murs et plancher soient capables de transmettre les valeurs d'effort ci-dessous.

**54**

#### 1. Planchers en béton (dalle continue, hourdis ou système à poutres/claveaux)

Ces valeurs supposent que la connexion est assurée sur les 4 côtés, ce qui est normalement le cas si les règles générales relatives à l'exécution sont respectées. Dans le cas d'un plancher connecté uniquement sur deux côtés, il convient de se référer aux valeurs correspondantes pour les planchers en bois.

**Tableau 2.4.7. Capacité minimale des efforts à transmettre dans le cas de planchers en béton**

Liaisons mur / mur		
	$0,6 < \gamma_I a_{gR} S \leq 1,0 \text{ m/s}^2$	$\gamma_I a_{gR} S > 1,0 \text{ m/s}^2$
Sur une zone de hauteur égale à $4 t_{ef}$ de part et d'autre des planchers	<b>10 kN/m</b>	<b>20 kN/m</b>
Dans les autres zones	<b>5 kN/m</b>	<b>10 kN/m</b>
Liaisons mur / plancher		
	$0,6 < \gamma_I a_{gR} S \leq 1,0 \text{ m/s}^2$	$\gamma_I a_{gR} S > 1,0 \text{ m/s}^2$
Partout	<b>8 kN/m</b>	<b>16 kN/m</b>

## 2. Planchers en bois

**Tableau 2.4.8. Capacité minimale des efforts à transmettre par les planchers en bois**

Liaisons mur / mur			
		$0,6 < \gamma_I a_{gR} S \leq 1,0 \text{ m/s}^2$	$\gamma_I a_{gR} S > 1,0 \text{ m/s}^2$
Planchers liaisonnés aux murs sur 4 côtés	Sur une zone de hauteur égale à $4 t_{ef}$ de part et d'autre des planchers	10 kN/m	20 kN/m
	Dans les autres zones	5 kN/m	10 kN/m
Planchers liaisonnés aux murs sur 2 côtés	Sur une zone de hauteur égale à $4 t_{ef}$ de part et d'autre des planchers	16 kN/m	60 kN/m
	Dans les autres zones	8 kN/m	30 kN/m
Liaisons mur / plancher			
		$0,6 < \gamma_I a_{gR} S \leq 1,0 \text{ m/s}^2$	$\gamma_I a_{gR} S > 1,0 \text{ m/s}^2$
Planchers liaisonnés aux murs sur 4 côtés	Partout	8 kN/m	16 kN/m
Planchers liaisonnés aux murs sur 2 côté	Sur une zone de 60 cm de part et d'autre des angles	40 kN/m	80 kN/m
	Dans les autres zones	16 kN/m	32 kN/m

Ces efforts peuvent être transmis par frottement. Le tableau 2.4.9 donne les résistances au frottement mobilisables (par mètre courant) en fonction de l'effort de compression moyen agissant sur le mur, de l'épaisseur du mur et de la longueur d'appui du plancher sur le mur.

**Tableau 2.4.9. Résistance au frottement en fonction de l'effort de compression et de la longueur d'appui (en kN/m)**

Epaisseur du mur (nominale) = 140 mm

$f_{vko} = 0.1 \text{ MPa}$ $N_{ed, moy}$ (kN/m)	longueur d'appui (cm)							
	7	8	9	10	11	12	13	14
0	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3
50	11,3	13,0	14,6	16,2	17,8	19,4	21,0	22,7
100	18,0	20,6	23,1	25,7	28,3	30,9	33,4	36,0
150	24,7	28,2	31,7	35,2	38,8	42,3	45,8	49,3
200	31,3	35,8	40,3	44,8	49,2	53,7	58,2	62,7
250	38,0	43,4	48,9	54,3	59,7	65,1	70,6	76,0

$f_{vko} = 0.2 \text{ MPa}$ $N_{ed, moy}$ (kN/m)	longueur d'appui (cm)							
	7	8	9	10	11	12	13	14
0	9,3	10,7	12,0	13,3	14,7	16,0	17,3	18,7
50	16,0	18,3	20,6	22,9	25,1	27,4	29,7	32,0
100	22,7	25,9	29,1	32,4	35,6	38,9	42,1	45,3
150	29,3	33,5	37,7	41,9	46,1	50,3	54,5	58,7
200	36,0	41,1	46,3	51,4	56,6	61,7	66,9	72,0
250	42,7	48,8	54,9	61,0	67,0	73,1	79,2	85,3

$f_{vk0} = 0.3 \text{ MPa}$		longueur d'appui (cm)							
$N_{Ed,moy}$ (kN/m)		7	8	9	10	11	12	13	14
0		14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0
50		20,7	23,6	26,6	29,5	32,5	35,4	38,4	41,3
100		27,3	31,2	35,1	39,0	43,0	46,9	50,8	54,7
150		34,0	38,9	43,7	48,6	53,4	58,3	63,1	68,0
200		40,7	46,5	52,3	58,1	63,9	69,7	75,5	81,3
250		47,3	54,1	60,9	67,6	74,4	81,1	87,9	94,7

Epaisseur du mur (nominale) = 140 mm

$f_{vk0} = 0.1 \text{ MPa}$		longueur d'appui (cm)												
$N_{Ed,moy}$ (kN/m)		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0		4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	12,0	12,7
50		9,6	10,9	12,3	13,7	15,1	16,4	17,8	19,2	20,5	21,9	23,3	24,6	26,0
100		14,5	16,6	18,6	20,7	22,8	24,8	26,9	29,0	31,1	33,1	35,2	37,3	39,3
150		19,4	22,2	24,9	27,7	30,5	33,3	36,0	38,8	41,6	44,4	47,1	49,9	52,7
200		24,3	27,8	31,3	34,7	38,2	41,7	45,2	48,6	52,1	55,6	59,1	62,5	66,0
250		29,2	33,4	37,6	41,8	45,9	50,1	54,3	58,5	62,6	66,8	71,0	75,2	79,3

$f_{vk0} = 0.2 \text{ MPa}$		longueur d'appui (cm)												
$N_{Ed,moy}$ (kN/m)		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0		9,3	10,7	12,0	13,3	14,7	16,0	17,3	18,7	20,0	21,3	22,7	24,0	25,3
50		14,2	16,3	18,3	20,4	22,4	24,4	26,5	28,5	30,5	32,6	34,6	36,6	38,7
100		19,2	21,9	24,6	27,4	30,1	32,8	35,6	38,3	41,1	43,8	46,5	49,3	52,0
150		24,1	27,5	30,9	34,4	37,8	41,3	44,7	48,1	51,6	55,0	58,5	61,9	65,3
200		29,0	33,1	37,3	41,4	45,5	49,7	53,8	58,0	62,1	66,2	70,4	74,5	78,7
250		33,9	38,7	43,6	48,4	53,3	58,1	62,9	67,8	72,6	77,5	82,3	87,2	92,0

$f_{vk0} = 0.3 \text{ MPa}$		longueur d'appui (cm)												
$N_{Ed,moy}$ (kN/m)		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0		14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0
50		18,9	21,6	24,3	27,0	29,7	32,4	35,1	37,8	40,5	43,2	45,9	48,6	51,3
100		23,8	27,2	30,6	34,0	37,4	40,8	44,2	47,6	51,1	54,5	57,9	61,3	64,7
150		28,7	32,8	36,9	41,1	45,2	49,3	53,4	57,5	61,6	65,7	69,8	73,9	78,0
200		33,6	38,5	43,3	48,1	52,9	57,7	62,5	67,3	72,1	76,9	81,7	86,5	91,3
250		38,6	44,1	49,6	55,1	60,6	66,1	71,6	77,1	82,6	88,1	93,6	99,2	104,7

Si la résistance au frottement ne suffit pas, il convient de mettre en œuvre des éléments mécaniques additionnels. En cas de mise en œuvre d'éléments additionnels, ceux-ci doivent être capables d'assurer l'intégralité de la résistance requise. Les sections nécessaires sont indiquées au tableau 2.4.10. Des exemples de mise en œuvre pratique sont également proposés.

Tableau 2.4.10. Armatures supplémentaires en fonction des efforts à transmettre

Transfert par élément mécaniques additionnels (acier)		
Section nécessaire (par mètre)		
Effort à transmettre (kN/m)	Barres à béton (S500)	Acier ordinaire (S355)
8	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>
16	32 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
32	65 mm <sup>2</sup>	100 mm <sup>2</sup>
40	80 mm <sup>2</sup>	125 mm <sup>2</sup>
80	160 mm <sup>2</sup>	250 mm <sup>2</sup>



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

En outre, il convient que la ligne d'intersection mur/plancher constitue un chaînage horizontal capable de résister à une traction de 70 kN. Cette résistance peut être atteinte par exemple à l'aide des configurations proposées ci-après et des sections d'acier définies ci-après.

- barre à béton (BE500S) : 1 Ø 14, 2 Ø 10, 3 ou 4 Ø 8 ;
- armatures pour joints horizontaux dans les lits de mortier ;
- participation des armatures de plancher sur une largeur de 60 cm de part et d'autre du mur (dans ce cas, des renforts transversaux sont obligatoires).

Des exemples de configurations permettant d'assurer la connexion requise sont présentés dans la Partie 4 : STS 22-4: Maçonnerie pour construction basse-Exécution générale de la maçonnerie.

Les sections d'acier données dans les exemples correspondent au cas de sismicité modérée. En zone de sismicité faible, les sections d'épingles peuvent être réduites de moitié et les longueurs de recouvrement peuvent être réduites à 2/3 des valeurs proposées.

### 2.4.4.3 Exemples de vérification

#### 2.4.4.3.1 Evaluation du niveau de sismicité

**Exemple 1** – Bâtiment d'habitation à Anvers, sol de bonne qualité (Sable – Résistance moyenne CPT > 15 MPa)

Catégorie d'importance II →  $\mu = 1,0$

Zone 1 →  $a_{gR} = 0,4 \text{ m/s}^2$

Classe de sol B →  $S = 1,35$

→  $\mu a_{gR} S = 0,54 \text{ m/s}^2 \leq 0,6 \text{ m/s}^2$  Sismicité très faible – Risque négligeable

**Exemple 2** – Ecole à Bruxelles, sol de mauvaise qualité (Sable – Résistance moyenne CPT < 5 MPa)

Catégorie d'importance III →  $\mu = 1,2$

Zone 1 →  $a_{gR} = 0,4 \text{ m/s}^2$

Classe de sol D →  $S = 1,80$

→  $\mu a_{gR} S = 0,864 \text{ m/s}^2$  entre 0,6 et 1,0 m/s<sup>2</sup> Sismicité faible – Règles sismiques intermédiaires

**Exemple 3** – Bâtiment d'habitation à Eupen, sol de qualité moyenne (Argile – Résistance moyenne CPT entre 1,5 et 5 MPa)

Catégorie d'importance II →  $\mu = 1,0$

Zone 4 →  $a_{gR} = 1,0 \text{ m/s}^2$

Classe de sol C →  $S = 1,50$

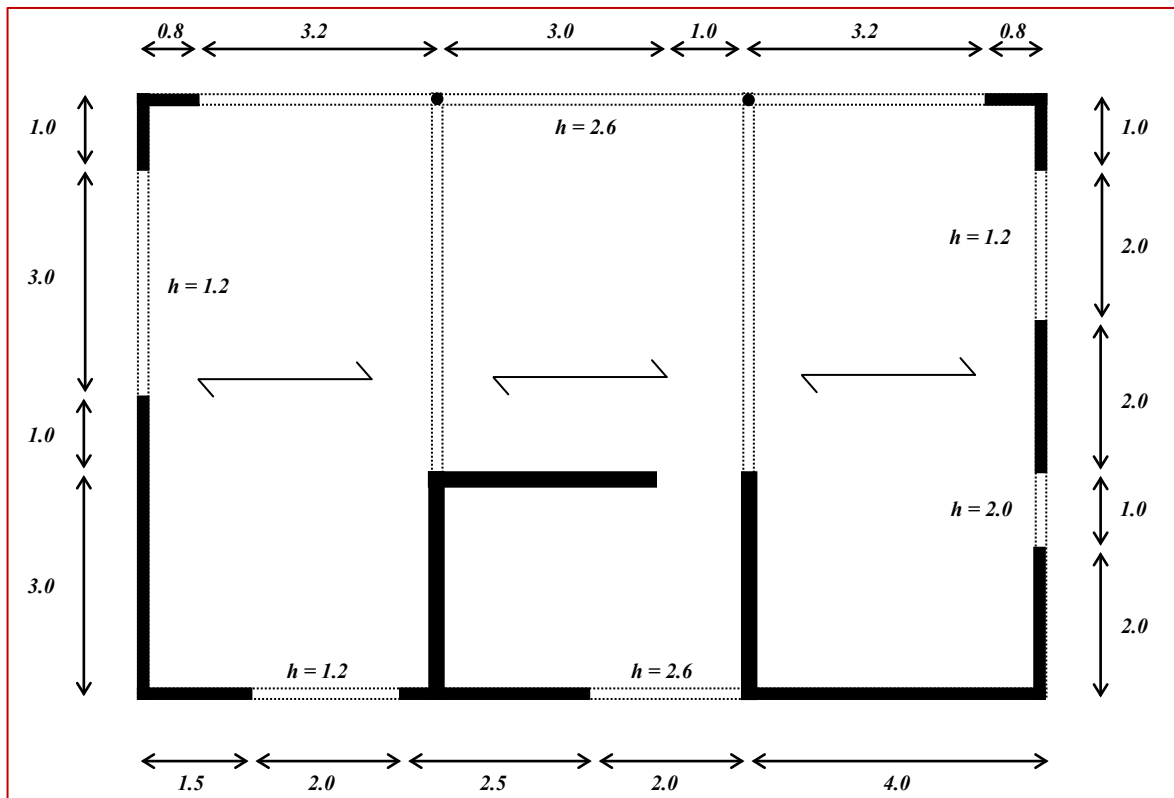
→  $\mu a_{gR} S = 1,50 \text{ m/s}^2 > 1,0 \text{ m/s}^2$  Sismicité modérée – Règles sismiques complètes

#### 2.4.4.3.2 Exemple d'application de l'approche simplifiée

- Bâtiment d'habitation 12 x 8 m – Rez- de- chaussée + un niveau

- Murs périphériques 14 cm
- Murs intérieurs 19 cm
- Matériau  $f_k = 5 \text{ N/mm}^2$
- Hauteur d'étage 2,6 m
- Longueurs de murs Voir figure 3.4.2
- Option 1 : Toiture à versants (→ 1 niveau à prendre en considération pour la vérification sismique)
- Option 2 : Toiture plate (→ 2 niveaux à prendre en considération pour la vérification sismique)
- Localisation : Zone 3 ( $a_{gR} = 0,8 \text{ m/s}^2$ )
- Classe de sol B ( $S = 1,35$ )
- $\gamma_{a_{gR}} S = 1,08 \text{ m/s}^2$  (sismicité modérée)

Figure 2.4.2. Exemple vue en plan



58

### Vérification des critères

- Murs dans les deux directions : OK
- Forme régulière : OK
- Rapport de forme :  $8/12 = 0.67 > 0,25$
- Sélection des murs participants à la résistance sismique
- Selon §2.4.3 (2) : Maçonnerie non armée + sismicité modérée + 2 niveaux maximum
  - $t_{ef,min} = 138 \text{ mm}$  : OK
  - $h_{ef}/t_{ef} : 2600/138 = 18,8 < 20$  : OK
  - Murs adjacents à une fenêtre :  $l_{min} = 0,4 \times 1,2 = 0,48 \text{ m}$
  - Murs adjacents à une porte :  $l_{min} = 0,4 \times 2,0 = 0,8 \text{ m}$
  - Murs adjacents à une baie sur tout l'étage :  $l_{min} = 0,4 \times 2,6 = 1,04$

- Direction X : tous les murs sauf les deux retours de 0,8m
- Direction Y : tous les murs

- Minimum deux murs parallèles dans chaque direction : OK
- Dans la direction X, au moins deux murs de 3 m ou plus : OK
- Dans la direction Y, au moins deux murs de 2,4 m ou plus : OK
- Distance entre murs les plus éloignés : 12 m > 0,75 x 8 m : OK
- Vérification des pourcentages minimaux
  - Direction Y :  
Murs porteurs →  $\xi = 0,75$   
Pour application des tableaux simplifiés, la longueur moyenne des murs considérés doit être au moins de 3 m → on prend en compte : le mur de 4 m, les deux murs de 3 m et un mur de 2 m.  
Pourcentage de murs =  $(4 \times 0,14 + 2 \times 3 \times 0,19 + 2 \times 0,14) / (12 \times 8) = 2,06 \%$   
Selon tableau de l'annexe 5:
    - si 1 niveau (étage sous comble) :  $p_{\min, \text{requis}} = 0,50 \%$  : OK
    - si 2 niveaux (toiture plate) :  $p_{\min, \text{requis}} = 1,40 \%$  : OK
  - Direction X :  
Murs non porteurs →  $\xi = 0,375$   
Pour application des tableaux simplifiés, la longueur moyenne des murs considérés doit être au moins 3 m → on prend en compte : le mur de 2,5 m, le mur de 3 m et le mur de 4 m.  
Pourcentage de murs =  $(4 \times 0,14 + 3 \times 0,19 + 2,5 \times 0,14) / (12 \times 8) = 1,54 \%$   
Selon tableau de l'annexe 5 :
    - si 1 niveau (étage sous comble):  $p_{\min, \text{requis}} = 1,40 \%$  : OK
    - si 2 niveaux (toiture plate): situation non couverte par l'approche simplifiée: nécessité d'effectuer un calcul de stabilité détaillé.



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

épaisseur		Ned = la charge verticale de calcul selon le niveau considéré																																			
du mur		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650				
fd = valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie	1,5	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6									
	2	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6								
	2,5	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6								
	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
	3,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	4,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	11	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	16	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	17	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	19	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
20	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
21	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
22	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

épaisseur		Ned = la charge verticale de calcul selon le niveau considéré																																			
du mur		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650				
fd = valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie	1,5	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			
	2	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
	2,5	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	
	3,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	
	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	4,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	11	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	16	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	17	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	19	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
20	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
21	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
22	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

épaisseur		Ned = la charge verticale de calcul selon le niveau considéré																															
du mur		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340</								



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

épaisseur du mur		ELEMETS GROUPE 2 & 3																																				
		Ned = la charge verticale de calcul selon le niveau considéré																																				
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650					
190	fd = valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie	1,5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						
		2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6					
		2,5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6				
		3	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4			
		3,5	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4			
		4	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
		4,5	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
		5	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
		6	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
		8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
		9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
		10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
		11	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
		12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
		13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
		14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
		15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
		16	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
		17	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
		18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
		19	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
20	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
21	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
22	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		

épaisseur du mur		ELEMETS GROUPE 2 & 3																																					
		Ned = la charge verticale de calcul selon le niveau considéré																																					
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650						
200	fd = valeur de calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie	1,5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6					
		2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			
		2,5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
		3	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
		3,5	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
		4	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
		4,5	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		5	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		6	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		11	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
		16	7	7	7	7	7</																																

**ELEMENTS GROUPE 2 & 3**

épaisseur du mur 290

Ned = la charge verticale de calcul selon le niveau considéré

	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650
1,5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2,5	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
3,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
4,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
11	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
16	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
17	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
19	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
20	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
21	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
22	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

**ELEMENTS GROUPE 2 & 3**

épaisseur du mur 300

Ned = la charge verticale de calcul selon le niveau considéré

	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650
1,5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2,5	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
3,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
4,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
11	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
16	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
17	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
19	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
20	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
21	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
22	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	



## Annexe 2. Résistance caractéristique de la maçonnerie

Les valeurs normatives de  $f_{k,s}$  sont les valeurs de  $f_k$  déterminées conformément à l'Eurocode 6.1.1. Elles sont reprises sous forme tabulée ci-dessous pour les combinaisons éléments (groupe) / mortier les plus utilisées en maçonnerie portante.

### A.2.1 Eléments en terre cuite

#### Eléments de terre cuite du groupe 2, tels que h/l = 14/14 (facteur de forme $\delta=1.08$ – cfr NBN EN 772-1 annexe A)

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.65}f_b^{0.65}f_m^{0.25} = 0.5 f_{\text{mean}}^{0.65}f_m^{0.25}$

Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.80}f_b^{0.80} = 0.5.f_{\text{mean}}^{0.80}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq$ 0.5 mm et $\leq$ 3 mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
5	1,7	2,0	-	-	-	1,7
10	2,7	3,2	3,8	-	-	3,0
15	-	4,1	4,9	5,4	-	4,1
20	-	5,0	5,9	6,6	7,0	5,2
25	-	-	6,9	7,6	8,2	6,2
30	-	-	7,7	8,5	9,2	7,1
35	-	-	8,5	9,4	10,1	8,1
50	-	-	-	11,9	12,8	10,7

65

#### Eléments de terre cuite du groupe 2, tels que h/l=14/19 (facteur de forme $\delta=0.98$ – cf. NBN EN 772-1 annexe A)

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.65}f_b^{0.65}f_m^{0.25} = 0.5 f_{\text{mean}}^{0.65}f_m^{0.25}$

Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.80}f_b^{0.80} = 0.5.f_{\text{mean}}^{0.80}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq$ 0.5 mm et $\leq$ 3 mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
5	1,8	2,2	-	-	-	1,8
10	2,8	3,4	4,0	-	-	3,2
15	-	4,4	5,2	5,8	-	4,4
20	-	5,3	6,3	7,0	7,5	5,6
25	-	-	7,3	8,1	8,7	6,7
30	-	-	8,2	9,1	9,8	7,7
35	-	-	9,1	10,1	10,8	8,7
50	-	-	-	12,7	13,6	11,6

**Eléments de terre cuite du groupe 2, tels que h/l=14/19 (facteur de forme  $\delta=0.98$  – cf. NBN EN 772-1 annexe A)**

 Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.65}f_b^{0.65}f_m^{0.25} = 0.5 f_{\text{mean}}^{0.65}f_m^{0.25}$ 

 Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.80}f_b^{0.80} = 0.5.f_{\text{mean}}^{0.80}$ 

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq$ 0,5 mm et $\leq$ 3 mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
5	1,6	1,9	-	-	-	1,5
10	2,4	2,9	3,5	-	-	2,7
15	-	3,8	4,5	5,0	-	3,7
20	-	4,6	5,4	6,0	6,4	4,6
25	-	-	6,3	6,9	7,5	5,5
30	-	-	7,1	7,8	8,4	6,4
35	-	-	7,8	8,6	9,3	7,2
50	-	-	-	10,9	11,7	9,6

**Eléments de terre cuite du groupe 2, tels que h/l=14/19 (facteur de forme  $\delta=0.98$  – cf. NBN EN 772-1 annexe A)**

66

 Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.65}f_b^{0.65}f_m^{0.25} = 0.5 f_{\text{mean}}^{0.65}f_m^{0.25}$ 

 Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.50\delta^{-0.80}f_b^{0.80} = 0.5.f_{\text{mean}}^{0.80}$ 

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq$ 0.5 mm et $\leq$ 3 mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
5	1,6	2,0	-	-	-	1,6
10	2,6	3,1	3,6	-	-	2,8
15	-	4,0	4,7	5,3	-	3,9
20	-	4,8	5,7	6,3	6,8	4,9
25	-	-	6,6	7,3	7,9	5,9
30	-	-	7,4	8,2	8,9	6,8
35	-	-	8,2	9,1	9,8	7,7
50	-	-	-	11,5	12,3	10,3

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

## A.2.2 Eléments en silico-calcaire

### Eléments en silico-calcaire du groupe 1

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.60f_b^{0.65} f_m^{0.25}$

Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.80f_b^{0.85}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq 0.5$ mm et $\leq 3$ mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
5	2.1	2.6	-	-	-	3.1
6	2.4	2.9	-	-	-	3.7
7	2.7	3.2	-	-	-	4.2
7.5	2.8	3.3	-	-	-	4.4
8	2.9	3.5	-	-	-	4.7
10	3.4	4.0	4.8	-	-	5.7
12	-	4.5	5.4	-	-	6.6
15	-	5.2	6.2	6.9	-	8.0
20	-	6.3	7.5	8.3	8.9	10.2
25	-	-	8.6	9.6	10.3	12.3
28	-	-	9.3	10.3	11.1	13.6
30	-	-	9.7	10.8	11.6	14.4
35	-	-	10.8	11.9	12.8	16.4
40	-	-	11.7	13.0	14.0	18.4
45	-	-	-	14.0	15.1	20.3
50	-	-	-	15.0	16.1	22.2
60	-	-	-	16.9	18.2	22.2
75	-	-	-	-	21.0	22.2

67

### Eléments en silico-calcaire du groupe 2

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.50f_b^{0.65} f_m^{0.25}$

Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.55f_b^{0.85}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq 0.5$ mm et $\leq 3$ mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
5	1.8	2.1	-	-	-	2.2
6	2.0	2.4	-	-	-	2.5
7	2.2	2.6	-	-	-	2.9
7.5	2.3	2.8	-	-	-	3.0
8	2.4	2.9	-	-	-	3.2
10	2.8	3.3	4.0	-	-	3.9
12	-	3.8	4.5	-	-	4.5
15	-	4.3	5.2	5.7	-	5.5
20	-	5.2	6.2	6.9	7.4	7.0
25	-	-	7.2	8.0	8.6	8.5
28	-	-	7.8	8.6	9.2	9.3
30	-	-	8.1	9.0	9.6	9.9
35	-	-	9.0	9.9	10.7	11.3
40	-	-	9.8	10.8	11.6	12.7
45	-	-	-	11.7	12.6	14.0
50	-	-	-	12.5	13.4	15.3
60	-	-	-	14.1	15.1	15.3
75	-	-	-	-	17.5	15.3

### A.2.3 Eléments en béton

#### Eléments en béton du groupe 1

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.60f_b^{0.65}f_m^{0.25}$

Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.80f_b^{0.85}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq 0.5$ mm et $\leq 3$ mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
2	-	-	-	-	-	1,4
2.5	1,4	-	-	-	-	1,7
4	1,9	-	-	-	-	2,6
6	2,4	2,9	-	-	-	3,7
8	2,9	3,5	-	-	-	4,7
10	3,4	4,0	4,8	-	-	5,7
12	-	4,5	5,4	-	-	6,6
16	-	5,4	6,5	7,2	-	8,4
20	-	6,3	7,5	8,3	8,9	10,2
25	-	-	8,6	9,6	10,3	12,3
30	-	-	9,7	10,8	11,6	14,4
50	-	-	-	15,0	16,1	22,2
75	-	-	-	-	21,0	22,2

68

#### Eléments en béton du groupe 2

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.50f_b^{0.65}f_m^{0.25}$

Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.65f_b^{0.85}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq$ 0.5 mm et $\leq 3$ mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
2	-	-	-	-	-	1,2
2.5	1,1	-	-	-	-	1,4
4	1,5	-	-	-	-	2,1
6	2,0	2,4	-	-	-	3,0
8	2,4	2,9	-	-	-	3,8
10	2,8	3,3	4,0	-	-	4,6
12	-	3,8	4,5	-	-	5,4
16	-	4,5	5,4	6,0	-	6,9
20	-	5,2	6,2	6,9	7,4	8,3
25	-	-	7,2	8,0	8,6	10,0
30	-	-	8,1	9,0	9,6	11,7
50	-	-	-	12,5	13,4	18,1
75	-	-	-	-	17,5	18,1

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

### Eléments en béton du groupe 3

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.45f_b^{0.65} f_m^{0.25}$

Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.50f_b^{0.85}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq$ 0.5 mm et $\leq 3$ mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
2	-	-	-	-	-	0,9
2.5	1,0	-	-	-	-	1,1
4	1,4	-	-	-	-	1,6
6	1,8	2,2	-	-	-	2,3
8	2,2	2,6	-	-	-	2,9
10	2,5	3,0	3,6	-	-	3,5
12	-	3,4	4,0	-	-	4,1
16	-	4,1	4,9	5,4	-	5,3
20	-	4,7	5,6	6,2	6,7	6,4
25	-	-	6,5	7,2	7,7	7,7
30	-	-	7,3	8,1	8,7	9,0
50	-	-	-	11,3	12,1	13,9
75	-	-	-	-	15,7	13,9

69

### A.2.4 Eléments en béton cellulaire autoclavé


#### Eléments en béton cellulaire du groupe 1

Mortier d'usage courant :  $f_{k,s} = f_k = 0.60f_b^{0.65} f_m^{0.25}$


Mortier-colle (joint d'assise  $\geq 0.5$  mm et  $\leq 3$  mm) :  $f_{k,s} = f_k = 0.80f_b^{0.85}$

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortier d'usage courant					Mortier-colle (joint d'assise $\geq$ 0.5 mm et $\leq 3$ mm)
	M2.5	M5	M10	M15	M20	
2	-	-	-	-	-	1,4
3	1,5	-	-	-	-	2
4	1,9	-	-	-	-	2,6
5	2,1	2,6	-	-	-	3,1
6	2,4	2,9	-	-	-	3,7

**Annexe 3. Coefficients de moment fléchissant de panneaux de murs à une seule paroi soumis à une charge latérale, dont l'épaisseur  $\leq 250$  mm**

Conditions d'appui du mur		$h/l$								
<b>A</b>		$\mu$	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
	1,00	0,031	0,045	0,059	0,071	0,079	0,085	0,090	0,094	
	0,90	0,032	0,047	0,061	0,073	0,081	0,087	0,092	0,095	
	0,80	0,034	0,049	0,064	0,075	0,083	0,089	0,093	0,097	
	0,70	0,035	0,051	0,066	0,077	0,085	0,091	0,095	0,098	
	0,60	0,038	0,053	0,069	0,080	0,088	0,093	0,097	0,100	
	0,50	0,040	0,056	0,073	0,083	0,090	0,095	0,099	0,102	
	0,40	0,043	0,061	0,077	0,087	0,093	0,098	0,101	0,104	
	0,35	0,045	0,064	0,080	0,089	0,095	0,100	0,103	0,105	
	0,30	0,048	0,067	0,082	0,091	0,097	0,101	0,104	0,107	
	0,25	0,050	0,071	0,085	0,094	0,099	0,103	0,106	0,109	
	0,20	0,054	0,075	0,089	0,097	0,102	0,105	0,108	0,111	
	0,15	0,060	0,080	0,093	0,100	0,104	0,108	0,110	0,113	
	0,10	0,069	0,087	0,098	0,104	0,108	0,111	0,113	0,115	
	0,05	0,082	0,097	0,105	0,110	0,113	0,115	0,116	0,117	

Conditions d'appui du mur		$h/l$								
<b>B</b>		$\mu$	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
	1,00	0,024	0,035	0,046	0,053	0,059	0,062	0,065	0,068	
	0,90	0,025	0,036	0,047	0,055	0,060	0,063	0,066	0,068	
	0,80	0,027	0,037	0,049	0,056	0,061	0,065	0,067	0,069	
	0,70	0,028	0,039	0,051	0,058	0,062	0,066	0,068	0,070	
	0,60	0,030	0,042	0,053	0,059	0,064	0,067	0,069	0,071	
	0,50	0,031	0,044	0,055	0,061	0,066	0,069	0,071	0,072	
	0,40	0,034	0,047	0,057	0,063	0,067	0,070	0,072	0,074	
	0,35	0,035	0,049	0,059	0,065	0,068	0,071	0,073	0,074	
	0,30	0,037	0,051	0,061	0,066	0,070	0,072	0,074	0,075	
	0,25	0,039	0,053	0,062	0,068	0,071	0,073	0,075	0,077	
	0,20	0,043	0,056	0,065	0,069	0,072	0,074	0,076	0,078	
	0,15	0,047	0,059	0,067	0,071	0,074	0,076	0,077	0,079	
	0,10	0,052	0,063	0,070	0,074	0,076	0,078	0,079	0,080	
	0,05	0,060	0,069	0,074	0,077	0,079	0,080	0,081	0,082	

Conditions  
d'appui du mur

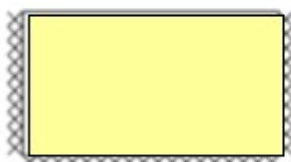
**C**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,020	0,028	0,037	0,042	0,045	0,048	0,050	0,051
0,90	0,021	0,029	0,038	0,043	0,046	0,048	0,050	0,052
0,80	0,022	0,031	0,039	0,043	0,047	0,049	0,051	0,052
0,70	0,023	0,032	0,040	0,044	0,048	0,050	0,051	0,053
0,60	0,024	0,034	0,041	0,046	0,049	0,051	0,052	0,053
0,50	0,025	0,035	0,043	0,047	0,050	0,052	0,053	0,054
0,40	0,027	0,038	0,044	0,048	0,051	0,053	0,054	0,055
0,35	0,029	0,039	0,045	0,049	0,052	0,053	0,054	0,055
0,30	0,030	0,040	0,046	0,050	0,052	0,054	0,055	0,056
0,25	0,032	0,042	0,048	0,051	0,053	0,054	0,056	0,057
0,20	0,034	0,043	0,049	0,052	0,054	0,055	0,056	0,058
0,15	0,037	0,046	0,051	0,053	0,055	0,056	0,057	0,059
0,10	0,041	0,048	0,053	0,055	0,056	0,057	0,058	0,059
0,05	0,046	0,052	0,055	0,057	0,058	0,059	0,059	0,060

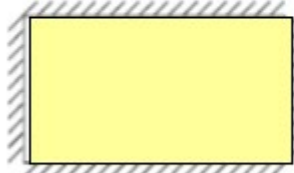
Conditions  
d'appui du mur

**D**



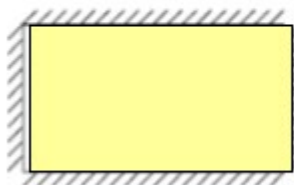
$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,013	0,021	0,029	0,035	0,040	0,043	0,045	0,047
0,90	0,014	0,022	0,031	0,036	0,040	0,043	0,046	0,048
0,80	0,015	0,023	0,032	0,038	0,041	0,044	0,047	0,048
0,70	0,016	0,025	0,033	0,039	0,043	0,045	0,047	0,049
0,60	0,017	0,026	0,035	0,040	0,044	0,046	0,048	0,050
0,50	0,018	0,028	0,037	0,042	0,045	0,048	0,050	0,051
0,40	0,020	0,031	0,039	0,043	0,047	0,049	0,051	0,052
0,35	0,022	0,032	0,040	0,044	0,048	0,050	0,051	0,053
0,30	0,023	0,034	0,041	0,046	0,049	0,051	0,052	0,053
0,25	0,025	0,035	0,043	0,047	0,050	0,052	0,053	0,054
0,20	0,027	0,038	0,044	0,048	0,051	0,053	0,054	0,055
0,15	0,030	0,040	0,046	0,050	0,052	0,054	0,055	0,056
0,10	0,034	0,043	0,049	0,052	0,054	0,055	0,056	0,057
0,05	0,041	0,048	0,053	0,055	0,056	0,057	0,058	0,059

Conditions  
d'appui du mur  
**E**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,008	0,018	0,030	0,042	0,051	0,059	0,066	0,071
0,90	0,009	0,019	0,032	0,044	0,054	0,062	0,068	0,074
0,80	0,010	0,021	0,035	0,046	0,056	0,064	0,071	0,076
0,70	0,011	0,023	0,037	0,049	0,059	0,067	0,073	0,078
0,60	0,012	0,025	0,040	0,053	0,062	0,070	0,076	0,081
0,50	0,014	0,028	0,044	0,057	0,066	0,074	0,080	0,085
0,40	0,017	0,032	0,049	0,062	0,071	0,078	0,084	0,088
0,35	0,018	0,035	0,052	0,064	0,074	0,081	0,086	0,090
0,30	0,020	0,038	0,055	0,068	0,077	0,083	0,089	0,093
0,25	0,023	0,042	0,059	0,071	0,080	0,087	0,091	0,096
0,20	0,026	0,046	0,064	0,076	0,084	0,090	0,095	0,099
0,15	0,032	0,053	0,070	0,081	0,089	0,094	0,098	0,103
0,10	0,039	0,062	0,078	0,088	0,095	0,100	0,103	0,106
0,05	0,054	0,076	0,090	0,098	0,103	0,107	0,109	0,110

Conditions d'appui  
du mur  
**F**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,008	0,016	0,026	0,034	0,041	0,046	0,051	0,054
0,90	0,008	0,017	0,027	0,036	0,042	0,048	0,052	0,055
0,80	0,009	0,018	0,029	0,037	0,044	0,049	0,054	0,057
0,70	0,010	0,020	0,031	0,039	0,046	0,051	0,055	0,058
0,60	0,011	0,022	0,033	0,042	0,048	0,053	0,057	0,060
0,50	0,013	0,024	0,036	0,044	0,051	0,056	0,059	0,062
0,40	0,015	0,027	0,039	0,048	0,054	0,058	0,062	0,064
0,35	0,016	0,029	0,041	0,050	0,055	0,060	0,063	0,066
0,30	0,018	0,031	0,044	0,052	0,057	0,062	0,065	0,067
0,25	0,020	0,034	0,046	0,054	0,060	0,063	0,066	0,069
0,20	0,023	0,037	0,049	0,057	0,062	0,066	0,068	0,070
0,15	0,027	0,042	0,053	0,060	0,065	0,068	0,070	0,072
0,10	0,032	0,048	0,058	0,064	0,068	0,071	0,073	0,074
0,05	0,043	0,057	0,066	0,070	0,073	0,075	0,077	0,078



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Conditions  
d'appui du mur  
**G**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,007	0,014	0,022	0,028	0,033	0,037	0,040	0,042
0,90	0,008	0,015	0,023	0,029	0,034	0,038	0,041	0,043
0,80	0,008	0,016	0,024	0,031	0,035	0,039	0,042	0,044
0,70	0,009	0,017	0,026	0,032	0,037	0,040	0,043	0,045
0,60	0,010	0,019	0,028	0,034	0,038	0,042	0,044	0,046
0,50	0,011	0,021	0,030	0,036	0,040	0,043	0,046	0,048
0,40	0,013	0,023	0,032	0,038	0,042	0,045	0,047	0,049
0,35	0,014	0,025	0,033	0,039	0,043	0,046	0,048	0,050
0,30	0,016	0,026	0,035	0,041	0,044	0,047	0,049	0,051
0,25	0,018	0,028	0,037	0,042	0,046	0,048	0,050	0,052
0,20	0,020	0,031	0,039	0,044	0,047	0,050	0,052	0,054
0,15	0,023	0,034	0,042	0,046	0,049	0,051	0,053	0,055
0,10	0,027	0,038	0,045	0,049	0,052	0,053	0,055	0,057
0,05	0,035	0,044	0,050	0,053	0,055	0,056	0,057	0,058

Conditions  
d'appui du mur  
**H**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,005	0,011	0,018	0,024	0,029	0,033	0,036	0,039
0,90	0,006	0,012	0,019	0,025	0,030	0,034	0,037	0,040
0,80	0,006	0,013	0,020	0,027	0,032	0,035	0,038	0,041
0,70	0,007	0,014	0,022	0,028	0,033	0,037	0,040	0,042
0,60	0,008	0,015	0,024	0,030	0,035	0,038	0,041	0,043
0,50	0,009	0,017	0,025	0,032	0,036	0,040	0,043	0,045
0,40	0,010	0,019	0,028	0,034	0,039	0,042	0,045	0,047
0,35	0,011	0,021	0,029	0,036	0,040	0,043	0,046	0,047
0,30	0,013	0,022	0,031	0,037	0,041	0,044	0,047	0,049
0,25	0,014	0,024	0,033	0,039	0,043	0,046	0,048	0,051
0,20	0,016	0,027	0,035	0,041	0,045	0,047	0,049	0,052
0,15	0,019	0,030	0,038	0,043	0,047	0,049	0,051	0,053
0,10	0,023	0,034	0,042	0,047	0,050	0,052	0,053	0,054
0,05	0,031	0,041	0,047	0,051	0,053	0,055	0,056	0,056

Conditions  
d'appui du mur

**I**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,004	0,009	0,015	0,021	0,026	0,030	0,033	0,036
0,90	0,004	0,010	0,016	0,022	0,027	0,031	0,034	0,037
0,80	0,005	0,010	0,017	0,023	0,028	0,032	0,035	0,038
0,70	0,005	0,011	0,019	0,025	0,030	0,033	0,037	0,039
0,60	0,006	0,013	0,020	0,026	0,031	0,035	0,038	0,041
0,50	0,007	0,014	0,022	0,028	0,033	0,037	0,040	0,042
0,40	0,008	0,016	0,024	0,031	0,035	0,039	0,042	0,044
0,35	0,009	0,017	0,026	0,032	0,037	0,040	0,043	0,045
0,30	0,010	0,019	0,028	0,034	0,038	0,042	0,044	0,046
0,25	0,011	0,021	0,030	0,036	0,040	0,043	0,046	0,048
0,20	0,013	0,023	0,032	0,038	0,042	0,045	0,047	0,050
0,15	0,016	0,026	0,035	0,041	0,044	0,047	0,049	0,051
0,10	0,020	0,031	0,039	0,044	0,047	0,050	0,052	0,054
0,05	0,027	0,038	0,045	0,049	0,052	0,053	0,055	0,056

Conditions  
d'appui du mur

**J**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,009	0,023	0,046	0,071	0,096	0,122	0,151	0,180
0,90	0,010	0,026	0,050	0,076	0,103	0,131	0,162	0,193
0,80	0,012	0,028	0,054	0,083	0,111	0,142	0,175	0,208
0,70	0,013	0,032	0,060	0,091	0,121	0,156	0,191	0,227
0,60	0,015	0,036	0,067	0,100	0,135	0,173	0,211	0,250
0,50	0,018	0,042	0,077	0,113	0,153	0,195	0,237	0,280
0,40	0,021	0,050	0,090	0,131	0,177	0,225	0,272	0,321
0,35	0,024	0,055	0,098	0,144	0,194	0,244	0,296	0,347
0,30	0,027	0,062	0,108	0,160	0,214	0,269	0,325	0,381
0,25	0,032	0,071	0,122	0,180	0,240	0,300	0,362	0,428
0,20	0,038	0,083	0,142	0,208	0,276	0,344	0,413	0,488
0,15	0,048	0,100	0,173	0,250	0,329	0,408	0,488	0,570
0,10	0,065	0,131	0,224	0,321	0,418	0,515	0,613	0,698
0,05	0,106	0,208	0,344	0,482	0,620	0,759	0,898	0,959

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Conditions d'appui  
du mur  
**K**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,009	0,021	0,038	0,056	0,074	0,091	0,108	0,123
0,90	0,010	0,023	0,041	0,060	0,079	0,097	0,113	0,129
0,80	0,011	0,025	0,045	0,065	0,084	0,103	0,120	0,136
0,70	0,012	0,028	0,049	0,070	0,091	0,110	0,128	0,145
0,60	0,014	0,031	0,054	0,077	0,099	0,119	0,138	0,155
0,50	0,016	0,035	0,061	0,085	0,109	0,130	0,149	0,167
0,40	0,019	0,041	0,069	0,097	0,121	0,144	0,164	0,182
0,35	0,021	0,045	0,075	0,104	0,129	0,152	0,173	0,191
0,30	0,024	0,050	0,082	0,112	0,139	0,162	0,183	0,202
0,25	0,028	0,056	0,091	0,123	0,150	0,174	0,196	0,217
0,20	0,033	0,064	0,103	0,136	0,165	0,190	0,211	0,234
0,15	0,040	0,077	0,119	0,155	0,184	0,210	0,231	0,253
0,10	0,053	0,096	0,144	0,182	0,213	0,238	0,260	0,279
0,05	0,080	0,136	0,190	0,230	0,260	0,286	0,306	0,317

Conditions d'appui  
du mur  
**L**



$\mu$	$h/l$							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,006	0,015	0,029	0,044	0,059	0,073	0,088	0,102
0,90	0,007	0,017	0,032	0,047	0,063	0,078	0,093	0,107
0,80	0,008	0,018	0,034	0,051	0,067	0,084	0,099	0,114
0,70	0,009	0,021	0,038	0,056	0,073	0,090	0,106	0,122
0,60	0,010	0,023	0,042	0,061	0,080	0,098	0,115	0,131
0,50	0,012	0,027	0,048	0,068	0,089	0,108	0,126	0,142
0,40	0,014	0,032	0,055	0,078	0,100	0,121	0,139	0,157
0,35	0,016	0,035	0,060	0,084	0,108	0,129	0,148	0,165
0,30	0,018	0,039	0,066	0,092	0,116	0,138	0,158	0,176
0,25	0,021	0,044	0,073	0,101	0,127	0,150	0,170	0,190
0,20	0,025	0,052	0,084	0,114	0,141	0,165	0,185	0,206
0,15	0,031	0,061	0,098	0,131	0,159	0,184	0,205	0,226
0,10	0,041	0,078	0,121	0,156	0,186	0,212	0,233	0,252
0,05	0,064	0,114	0,164	0,204	0,235	0,260	0,281	0,292

## Annexe 4. Action du vent

La résultante totale de l'action du vent (valeur de calcul) peut être estimée à l'aide de la formule suivante (valable en terrain plat) :

$$F_{Hd} = \gamma_F B H (0.8 + 0.5) q_w$$

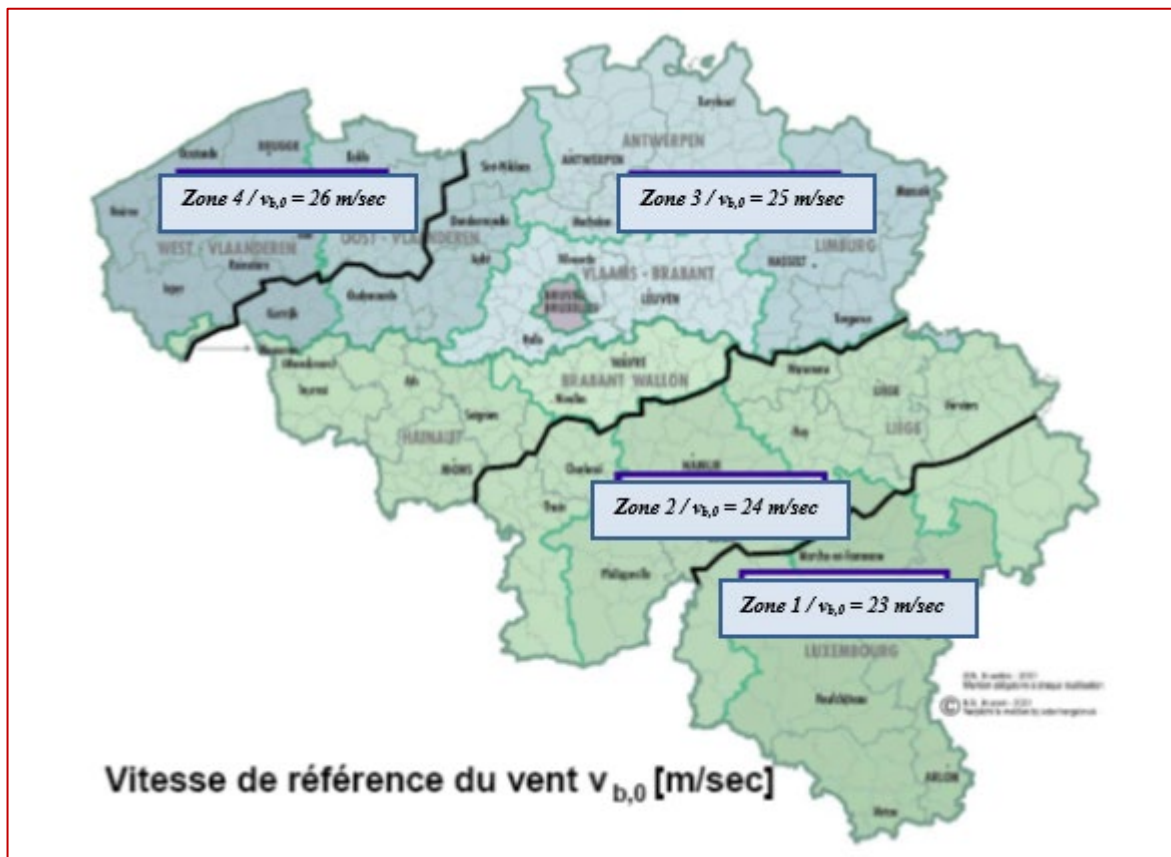
où :

- $BH$  est la surface de la façade, perpendiculaire à la direction du vent ;
- $\gamma_F = 1,50$  (charge variable)
- $q_w$  est la pression du vent, en  $N/mm^2$

Ceci est valable en terrains plats et pour des bâtiments de forme en plan régulière et quasi rectangulaire

En ce qui concerne les façades de forme spéciale ou des terrains non plats ou dans le cas d'éléments d'une surface inférieure à  $1 \text{ m}^2$  (éléments de façade ou de plâtre...) qui demandent une vérification séparée, il convient de se référer à la NBN EN 1991-1-4. La pression du vent est fonction des zones de vent, de la classe du vent et de la hauteur du bâtiment.

### Carte avec vitesses de vent



« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Classe 0	Mer, exposition directe aux vents de mer
Classe I	Zones plates horizontales sans obstacles
Classe II	Zones rurales avec obstacles isolés
Classe III	Villages, faubourgs, industries, forêts
Classe IV	Villes

Les valeurs de  $q_w$  pour chaque zone et classe d'exposition sont données aux tableaux ci-dessous.

Hauteur du bâtiment [m]	classe 0	classe I	classe II	classe III	classe IV
1	599	509	471	423	389
2	707	621	471	423	389
3	773	690	542	423	389
4	822	742	595	423	389
5	861	782	638	423	389
6	893	817	674	459	389
7	921	846	704	490	389
8	945	872	731	518	389
9	967	895	756	543	389
10	987	915	778	565	389
15	1064	997	865	655	477
20	1120	1057	929	721	544
zone 1 - $v_{b,0} = 23$ m/sec					

Hauteur du bâtiment [m]	classe 0	classe I	classe II	classe III	classe IV
1	652	554	512	461	423
2	770	676	512	461	423
3	842	752	590	461	423
4	895	808	648	461	423
5	938	852	695	461	423
6	973	889	733	500	423
7	1003	921	767	534	423
8	1029	949	796	564	423
9	1053	974	823	591	423
10	1074	997	847	615	423
15	1158	1086	942	713	520
20	1220	1151	1012	786	592
zone 2 - $v_{b,0} = 24$ m/sec					

Hauteur du bâtiment [m]	classe 0	classe I	classe II	classe III	classe IV
1	708	602	556	500	459
2	835	733	556	500	459
3	914	816	641	500	459
4	971	876	703	500	459
5	1017	924	754	500	459
6	1055	965	796	543	459
7	1088	999	832	579	459
8	1117	1030	864	612	459
9	1143	1057	893	641	459
10	1166	1081	919	668	459
15	1257	1178	1022	774	564
20	1323	1249	1098	852	642
zone 3 - $v_{b,0} = 25$ m/sec					

Hauteur du bâtiment [m]	classe 0	classe I	classe II	classe III	classe IV
1	765	651	601	541	497
2	903	793	601	541	497
3	988	882	693	541	497
4	1051	948	761	541	497
5	1100	1000	815	541	497
6	1142	1043	861	587	497
7	1177	1081	900	627	497
8	1208	1114	935	662	497
9	1236	1143	966	693	497
10	1261	1170	994	722	497
15	1360	1274	1105	837	610
20	1431	1351	1187	922	695
zone 4 - $v_{b,0} = 26$ m/sec					

## Annexe 5. Le pourcentage minimal de murs de contreventement dans les zones à sismicité.

Notes relatives aux tableaux.

Les tableaux indiquent le pourcentage minimal de l'aire totale des sections horizontales des murs de contreventement par rapport à l'emprise au sol du bâtiment.

Les tableaux ont été élaborés utilisant les hypothèses suivantes :

- charge permanente moyenne par m<sup>2</sup> de plancher: 1.000 kg/m<sup>2</sup> dont environ
  - 650 kg/m<sup>2</sup> poids propre ;
  - 350 kg/m<sup>2</sup> poids de murs porteurs ;
- hauteur des murs 2.70 m ;
- élancement conformément à l'Eurocode 6.1.1:  $\delta_s = 0.80$ .

et en fonction des paramètres suivants :

- L = la longueur moyenne des murs de contreventement (3,00 – 4,00 – 5,00 – 6,00 m = la somme des longueurs de murs de contreventement divisé par le nombre de murs de contreventement ;
- $f_k$  = la résistance caractéristique de la maçonnerie ( $f_k = 7,5 - 5,0 / 3,5$  ou  $2.5 \text{ N/mm}^2$ ) ;
- $\xi$  = le pourcentage de la charge gravitaire repris par les murs de contreventement dans la direction considérée
  - Dans le cas de planchers qui portent dans la direction parallèle au mur de contreventement, qui sont pourvus d'une couche de compression et qui sont liés au mur comme mentionné dans la Partie 4 : STS 22-4: Maçonnerie pour construction basse-Exécution générale de la maçonnerie, on peut prendre en considération une charge gravitaire correspondant à 1 m de large du plancher reprise par le mur de contreventement.





« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

**LE POURCENTAGE MINIMALE DE L'AIRES DES SECTIONS HORIZONTALES DE MURS DE CONTREVENTEMENT**

$\rho_d = 1000 \text{ kg/m}^2$      $f_{vko} = 0,2 \text{ N/mm}^2$      $n = \text{nombre de niveaux}$      $H_s = 2,70 \text{ m}$   
 $\Phi = 0,8$      $\xi = \text{pourcentale de la charge gravitaire dans la direction considérée}$      $L_s = 5,00 \text{ m}$

fk =	$\xi = 0,75$						$\xi = 0,5$						$\xi = 0,375$								
	$\lambda \cdot \text{ag} \cdot S$						$\lambda \cdot \text{ag} \cdot S$						$\lambda \cdot \text{ag} \cdot S$								
7,5 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,8	1,5	1	0,2	0,2	0,4	0,8	1,5	2,7
	2	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	1,3	2	0,4	0,4	0,5	0,9	3,0	2	0,3	0,4	1,2	3,1			
	3	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	3	0,6	0,7	0,8	1,1	4,2	3	0,5	0,7	1,1	5,8			
	4	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	4	0,9	1,2	1,7	3,1	4	0,9	1,5	5,9					
5	1,2	1,3	1,5	1,6	2,0	2,5	5	1,3	2,0	4,5	5	1,5	5,9								
5,0 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,8	1,5	1	0,2	0,3	0,4	0,8	1,5	2,7
	2	0,7	0,8	0,8	0,9	1,2	1,7	2	0,6	0,6	0,8	1,1	3,0	2	0,5	0,7	1,2	3,1			
	3	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	3,1	3	0,9	1,0	1,2	1,9	3	0,8	1,1	2,0					
	4	1,7	2,0	2,3	2,8	4,1	4	1,3	1,7	2,5	4	1,3	2,3								
5	2,4	2,9	3,6	5,0	5	2,0	3,0	5	2,3												
3,5 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,5	1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,5	2,7
	2	1,0	1,1	1,2	1,4	2,0	2,9	2	0,8	1,0	1,4	1,9	3,4	2	0,7	1,2	1,8	3,1			
	3	1,6	1,7	1,9	2,1	3,1	4,8	3	1,2	1,4	2,1	3,2	3	1,1	1,8	3,4					
	4	2,2	2,6	3,0	3,6	4	1,9	2,4	4,2	4	1,8	4,0									
5	3,1	3,7	4,7	5	2,8	4,3	5	3,2													
2,5 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,7	0,7	0,8	1,0	1,3	1,6	1	0,5	0,7	0,9	1,1	1,5	2,1	1	0,5	0,7	1,0	1,3	1,9	2,9
	2	1,4	1,5	1,8	2,3	3,4	4,8	2	1,1	1,6	2,3	3,2	5,6	2	1,2	1,9	3,1	5,2			
	3	2,2	2,4	2,6	3,3	5,1	3	1,7	2,2	3,4	5,4	3	1,7	3,0	5,6						
	4	3,1	3,6	4,2	4	2,6	3,8	4	2,9	6,6											
5	4,3	5,2	5	3,9																	

**LE POURCENTAGE MINIMALE DE L'AIRES DES SECTIONS HORIZONTALES DE MURS DE CONTREVENTEMENT**

$\rho_d = 1000 \text{ kg/m}^2$      $f_{vko} = 0,2 \text{ N/mm}^2$      $n = \text{nombre de niveaux}$      $H_s = 2,70 \text{ m}$   
 $\Phi = 0,8$      $\xi = \text{pourcentale de la charge gravitaire dans la direction considérée}$      $L_s = 6,00 \text{ m}$

fk =	$\xi = 0,75$						$\xi = 0,5$						$\xi = 0,38$								
	$\lambda \cdot \text{ag} \cdot S$						$\lambda \cdot \text{ag} \cdot S$						$\lambda \cdot \text{ag} \cdot S$								
7,5 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,8	1,3	1	0,2	0,2	0,4	0,7	1,3	2,2
	2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	1,1	2	0,4	0,4	0,4	0,7	2,2	2	0,3	0,4	1,0	2,2	5,7		
	3	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	3	0,6	0,6	0,7	0,8	2,5	3	0,5	0,6	0,8	2,8			
	4	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	4	0,8	1,0	1,2	1,7	4	0,7	1,0	1,8					
5	1,2	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	5	1,1	1,5	2,2	4,5	5	1,1	2,0							
5,0 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,8	1,3	1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,3	2,2
	2	0,7	0,7	0,8	0,8	1,1	1,4	2	0,5	0,6	0,7	1,0	2,2	2	0,4	0,6	1,0	2,2			
	3	1,2	1,2	1,4	1,5	1,7	2,4	3	0,8	0,9	1,1	1,4	3,7	3	0,7	0,9	1,4	2,8			
	4	1,6	1,8	2,0	2,3	3,0	4	1,2	1,4	1,8	2,9	4	1,1	1,6	3,3						
5	2,2	2,5	3,0	3,6	5	1,7	2,2	3,3	5	1,7	3,1										
3,5 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	1,3	1	0,3	0,4	0,6	0,7	1,3	2,2
	2	1,0	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	2	0,7	0,9	1,2	1,6	2,5	4,7	2	0,7	1,0	1,5	2,2	5,7	
	3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,6	3,7	3	1,1	1,3	1,7	2,5	4,3	3	1,0	1,5	2,4	4,0			
	4	2,1	2,3	2,6	3,0	4,5	4	1,7	2,0	3,0	5,0	4	1,5	2,7	5,6						
5	2,8	3,2	3,8	4,7	5	2,4	3,1	5,6	5	2,4	5,4										
2,5 N/mm <sup>2</sup>	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	n	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8
	1	0,7	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1	0,5	0,6	0,8	1,0	1,4	1,8	1	0,5	0,7	0,9	1,2	1,7	2,3
	2	1,3	1,4	1,7	2,1	3,0	4,0	2	1,0	1,4	2,0	2,7	4,2	2	1,1	1,7	2,5	3,7			
	3	2,1	2,2	2,4	3,0	4,3	3	1,6	2,0	2,9	4,1	3	1,5	2,4	3,9						
	4	2,9	3,3	3,7	4	2,3	3,2	5,0	4	2,4	4,5										
5	3,9	4,5	5	3,3	4,9	5	3,7														

## Annexe 6. Zonation des communes belges

Commune	code postal	zone à sismicité	Commune	code postal	zone à sismicité
Aalst	9300	1	Binche	7130	4
Aalter	9880	1	Blankenberge	8370	1
Aarschot	3200	1	Blégny	4670	4
Aartselaar	2630	1	Bocholt	3950	4
Affligem	1790	1	Boechout	2530	1
Aiseau-Presles	6250	4	Bonheiden	2820	1
Alken	3570	2	Boom	2850	1
Alveringem	8690	1	Boortmeerbeek	3190	1
Amay	4540	2	Borgloon	3840	3
Amel	4770	4	Bornem	2880	1
Andenne	5300	1	Borsbeek	2150	1
Anderlecht	1070	1	Bouillon	6830	0
Anderlues	6150	4	Boussu	7300	4
Anhée	5537	2	Boutersem	3370	1
Ans	4430	4	Braine-l'Alleud	1420	2
Anthisnes	4160	3	Braine-le-Château	1440	2
Antoing	7640	2	Braine-le-Comte	7090	4
Antwerpen	2000	1	Braives	4260	2
Anzegem	8570	1	Brakel	9660	1
Ardoois	8850	1	Brasschaat	2930	1
Arendonk	2370	3	Brecht	2960	1
Arlon	6700	0	Bredene	8450	1
As	3665	3	Bree	3960	4
Asse	1730	1	Brugelette	7940	4
Assenede	9960	1	Brugge	8000	1
Assesse	5330	1	Brunehaut	7620	2
Ath	7800	3	Brussel	1000	1
Attert	6717	0	Buggenhout	9255	1
Aubange	6790	0	Büllingen	4760	4
Aubel	4880	4	Burdinne	4210	1
Avelgem	8580	1	Burg-Reuland	4790	3
Awans	4340	4	Bütgenbach	4750	4
Aywaille	4920	3	Celles	7760	1
Baarle-Hertog	2387	3	Cerfontaine	5630	2
Baelen	4837	4	Chapelle-lez-Herlaimont	7160	4
Balen	2490	3	Charleroi	6000	4
Bassenge	4690	4	Chastre	1450	3
Bastogne	6600	1	Châtelet	6200	4
Beaumont	6500	3	Chaufontaine	4050	4
Beauraing	5570	1	Chaumont-Gistoux	1325	2
Beauvechain	1320	1	Chièvres	7950	4
Beernem	8730	1	Chimay	6460	1
Beerse	2340	2	Chiny	6810	0
Beersel	1650	2	Ciney	5590	1
Begijnendijk	3130	1	Clavier	4560	2
Bekkevoort	3460	1	Colfontaine	7340	4
Beloeil	7970	4	Comblain-au-Pont	4170	3
Beringen	3580	2	Comines-Warneton	7780	1
Berlaar	2590	1	Courcelles	6180	4
Berlare	9290	1	Court-Saint-Etienne	1490	3
Berloz	4257	2	Couvin	5660	1
Bernissart	7320	4	Crisnée	4367	4
Bertem	3060	1	Dalhem	4607	4
Bertogne	6687	1	Damme	8340	1
Bertrix	6880	0	Daverdisse	6929	1
Bever	1547	2	De Haan	8420	1
Beveren	9120	1	De Panne	8660	1
Beyne-Heusay	4610	4	De Pinte	9840	1
Bierbeek	3360	1	Deerlijk	8540	1
Bièvre	5555	1	Deinze	9800	1
Bilzen	3740	3	Denderleeuw	9470	1

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Commune	code postal	zone à sismicité	Commune	code postal	zone à sismicité
Dendermonde	9200	1	Geetbets	3450	2
Dentergem	8720	1	Gembloux	5030	3
Dessel	2480	3	Genappe	1470	4
Destelbergen	9070	1	Genk	3600	3
Diepenbeek	3590	3	Gent	9000	1
Diest	3290	2	Geraardsbergen	9500	1
Diksmuide	8600	1	Gerpennes	6280	4
Dilbeek	1700	1	Gesves	5340	1
Dilsen-Stokkem	3650	4	Gingelom	3890	2
Dinant	5500	1	Gistel	8470	1
Dison	4820	4	Glabbek	3380	1
Doische	5680	1	Gooik	1755	1
Donceel	4357	3	Gouvy	6670	2
Dour	7370	4	Grâce-Hollogne	4460	4
Drogenbos	1620	1	Grez-Doiceau	1390	1
Duffel	2570	1	Grimbergen	1850	1
Durbuy	6940	2	Grobbendonk	2280	1
Ecaussinnes	7190	4	Haaacht	3150	1
Edegem	2650	1	Haaltert	9450	1
Eeklo	9900	1	Habay	6720	0
Eghezée	5310	1	Halen	3545	2
Ellezelles	7890	2	Halle	1500	2
Elsene	1050	1	Ham	3945	2
Enghien	7850	2	Hamme	9220	1
Engis	4480	3	Hamoir	4180	2
Erezée	6997	2	Hamois	5360	1
Erpe-Mere	9420	1	Hamont-Achel	3930	4
Erquelinnes	6560	4	Ham-sur-Heure-Nalinnes	6120	4
Esneux	4130	4	Hannut	4280	1
Essen	2910	1	Harelbeke	8530	1
Estaimpuis	7730	1	Hasselt	3500	2
Estinnes	7120	4	Hastiëre	5540	1
Etalle	6740	0	Havelange	5370	1
Etterbeek	1040	1	Hechtel-Eksel	3940	3
Eupen	4700	4	Heers	3870	3
Evere	1140	1	Heist-op-den-Berg	2220	1
Evergem	9940	1	Hélicine	1357	1
Faimes	4317	2	Hemiksem	2620	1
Farciennes	6240	4	Hensies	7350	4
Fauvillers	6637	1	Herbeumont	6887	0
Fernelmont	5380	1	Herent	3020	1
Ferrières	4190	2	Herentals	2200	1
Fexhe-le-Haut-Clocher	4347	4	Herenthout	2270	1
Flémalle	4400	4	Herk-de-Stad	3540	2
Fléron	4620	4	Herne	1540	2
Fleurus	6220	4	Héron	4217	1
Flobecq	7880	2	Herselt	2230	1
Floreffe	5150	3	Herstal	4040	4
Florennes	5620	3	Herstappe	3717	4
Florenville	6820	0	Herve	4650	4
Fontaine-l'Evêque	6140	4	Herzele	9550	1
Fosses-la-Ville	5070	3	Heusden-Zolder	3550	3
Frameries	7080	4	Heuvelland	8950	1
Frasnes-lez-Anvaing	7910	2	Hoegaarden	3320	1
Froidchapelle	6440	2	Hoeilaart	1560	1
Galmaarden	1570	2	Hoeselt	3730	3
Ganshoren	1080	1	Holsbeek	3220	1
Gavere	9890	1	Honnelles	7387	4
Gedinne	5575	1	Hooglede	8830	1
Geel	2440	2	Hoogstraten	2320	2
Geer	4250	2	Horebeke	9667	1

Commune	code postal	zone à sismicité	Commune	code postal	zone à sismicité
Hotton	6990	1	Léglise	6860	0
Houffalize	6660	1	Lendelede	8860	1
Houthalen-Helchteren	3530	3	Lennik	1750	1
Houthulst	8650	1	Lens	7870	4
Houyet	5560	1	Leopoldsburg	3970	3
Hove	2540	1	Les Bons Villers	6210	4
Huldenberg	3040	1	Lessines	7860	2
Hulshout	2235	1	Leuven	3000	1
Huy	4500	2	Leuze-en-Hainaut	7900	3
Ichtegem	8480	1	Libin	6890	1
Ieper	8900	1	Libramont-Chevigny	6800	1
Incourt	1315	1	Lichtervelde	8810	1
Ingelmunster	8770	1	Liedekerke	1770	1
Ittre	1460	3	Liège	4000	4
Izegem	8870	1	Lier	2500	1
Jabbeke	8490	1	Lierde	9570	1
Jalhay	4845	4	Lierneux	4990	2
Jemeppe-sur-Sambre	5190	4	Lille	2275	2
Jette	1090	1	Limbourg	4830	4
Jodoigne	1370	1	Lincet	4287	1
Juprelle	4450	4	Linkebeek	1630	1
Jurbise	7050	4	Lint	2547	1
Kalmthout	2920	1	Linter	3350	1
Kampenhout	1910	1	Lobbes	6540	4
Kapellen	2950	1	Lochristi	9080	1
Kapelle-op-den-Bos	1880	1	Lokeren	9160	1
Kaprijke	9970	1	Lommel	3920	3
Kasterlee	2460	2	Londerzeel	1840	1
Keerbergen	3140	1	Lontzen	4710	4
Kelmis	4720	4	Lo-Reninge	8647	1
Kinrooi	3640	4	Lovendegem	9920	1
Kluisbergen	9690	1	Lubbeek	3210	1
Knesselare	9910	1	Lummen	3560	2
Knokke-Heist	8300	1	Maarkedal	9680	1
Koekelare	8680	1	Maaseik	3680	4
Koekelberg	1080	1	Maasmechelen	3630	4
Koksijde	8670	1	Machelen	1830	1
Kontich	2550	1	Maldegem	9990	1
Kortemark	8610	1	Malle	2390	1
Kortenaken	3470	1	Malmedy	4960	4
Kortenbergh	3070	1	Manage	7170	4
Kortesseme	3720	3	Manhay	6960	2
Kortrijk	8500	1	Marche-en-Famenne	6900	1
Kraainem	1950	1	Marchin	4570	2
Kruikebeke	9150	1	Martelange	6630	0
Kruishoutem	9770	1	Mechelen	2800	1
Kuurne	8520	1	Meerhout	2450	2
La Bruyère	5080	2	Meeuwen-Gruitrode	3670	3
La Hulpe	1310	2	Meise	1860	1
La Louvière	7100	4	Meix-devant-Virton	6769	0
La Roche-en-Ardenne	6980	1	Melle	9090	1
Laakdal	2430	2	Menen	8930	1
Laarne	9270	1	Merbes-le-Château	6567	4
Lanaken	3620	4	Merchtem	1785	1
Landen	3400	1	Merelbeke	9820	1
Langemark-Poelkapelle	8920	1	Merksplas	2330	2
Lasne	1380	2	Mesen	8957	1
Le Roeulx	7070	4	Messancy	6780	0
Lebbeke	9280	1	Mettet	5640	3
Lede	9340	1	Meulebeke	8760	1
Ledegem	8880	1	Middelkerke	8430	1

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Commune	code postal	zone à sismicité	Commune	code postal	zone à sismicité
Modave	4577	2	Profondeville	5170	2
Moerbeke	9180	1	Putte	2580	1
Mol	2400	3	Puurs	2870	1
Momignies	6590	1	Quaregnon	7390	4
Mons	7000	4	Quévy	7040	4
Mont-de-l'Enclus	7750	1	Quiévrain	7380	4
Montigny-le-Tilleul	6110	4	Raeren	4730	4
Mont-Saint-Guibert	1435	2	Ramillies	1367	1
Moorslede	8890	1	Ranst	2520	1
Morlanwelz	7140	4	Ravels	2380	3
Mortsel	2640	1	Rebecq	1430	2
Mouscron	7700	1	Remicourt	4350	3
Musson	6750	0	Rendeux	6987	1
Namur	5000	2	Retie	2470	3
Nandrin	4550	2	Riemst	3770	4
Nassogne	6950	1	Rijkevorsel	2310	2
Nazareth	9810	1	Rixensart	1330	2
Neerpelt	3910	3	Rocheftort	5580	1
Neufchâteau	6840	0	Roeselare	8800	1
Neupré	4120	3	Ronse	9600	1
Nevele	9850	1	Roosdaal	1760	1
Niel	2845	1	Rotselaar	3110	1
Nieuwerkerken	3850	2	Rouvroy	6767	0
Nieuwpoort	8620	1	Ruiselede	8755	1
Nijlen	2560	1	Rumes	7610	1
Ninove	9400	1	Rumst	2840	1
Nivelles	1400	4	Sainte-Ode	6680	1
Ohey	5350	1	Saint-Georges-sur-Meuse	4470	3
Olen	2250	1	Saint-Ghislain	7330	4
Olne	4877	4	Saint-Hubert	6870	1
Onhaye	5520	2	Saint-Léger	6747	0
Oostende	8400	1	Saint-Nicolas	4420	4
Oosterzele	9860	1	Sambreville	5060	4
Oostkamp	8020	1	Sankt Vith	4780	3
Oostrozebeke	8780	1	Schaarbeek	1030	1
Opglabbeek	3660	3	Schelle	2627	1
Opwijk	1745	1	Scherpenheuvel-Zichem	3270	1
Oreye	4360	3	Schilde	2970	1
Orp-Jauche	1350	1	Schoten	2900	1
Ottignies-Louvain-la-Neuve	1340	2	Seneffe	7180	4
Oudenaarde	9700	1	Seraing	4100	4
Oudenburg	8460	1	Silly	7830	3
Oudergem	1160	1	Sint-Agatha-Berchem	1080	1
Oud-Heverlee	3050	1	Sint-Amands	2890	1
Oud-Turnhout	2360	3	Sint-Genesius-Rode	1640	2
Ouffet	4590	2	Sint-Gillis	1060	1
Oupeye	4680	4	Sint-Gillis-Waas	9170	1
Overijse	3090	1	Sint-Jans-Molenbeek	1080	1
Overpelt	3900	3	Sint-Joost-ten-Node	1030	1
Paliseul	6850	1	Sint-Katelijne-Waver	2860	1
Pecq	7740	1	Sint-Lambrechts-Woluwe	1200	1
Peer	3990	3	Sint-Laureins	9980	1
Pepingen	1670	2	Sint-Lievens-Houtem	9520	1
Pepinster	4860	4	Sint-Martens-Latem	9830	1
Péruwelz	7600	3	Sint-Niklaas	9100	1
Perwez	1360	2	Sint-Pieters-Leeuw	1600	1
Philippeville	5600	2	Sint-Pieters-Woluwe	1150	1
Pittem	8740	1	Sint-Truiden	3800	2
Plombières	4850	4	Sivry-Rance	6470	2
Pont-à-Celles	6230	4	Soignies	7060	4
Poperinge	8970	1	Sombreffe	5140	4

Commune	code postal	zone à sismicité	Commune	code postal	zone à sismicité
Somme-Leuze	5377	1	Waterloo	1410	2
Soumagne	4630	4	Watermaal-Bosvoorde	1170	1
Spa	4900	4	Wavre	1300	2
Spiere-Helkijn	8587	1	Welkenraedt	4840	4
Sprimont	4140	4	Wellen	3830	2
Stabroek	2940	1	Wellin	6920	1
Staden	8840	1	Wemmel	1780	1
Stavelot	4970	3	Wervik	8940	1
Steenokkerzeel	1820	1	Westerlo	2260	1
Stekene	9190	1	Wetteren	9230	1
Stoumont	4987	3	Wevelgem	8560	1
Tellin	6927	1	Wezembeek-Oppem	1970	1
Temse	9140	1	Wichelen	9260	1
Tenneville	6970	1	Wielsbeke	8710	1
Ternat	1740	1	Wijnegem	2110	1
Tervuren	3080	1	Willebroek	2830	1
Tessenderlo	3980	2	Wingene	8750	1
Theux	4910	4	Wommelgem	2160	1
Thimister-Clermont	4890	4	Wortegem-Petegem	9790	1
Thuin	6530	4	Wuustwezel	2990	1
Tielt	8700	1	Yvoir	5530	1
Tielt-Winge	3390	1	Zandhoven	2240	1
Tienen	3300	1	Zaventem	1930	1
Tinlot	4557	2	Zedelgem	8210	1
Tintigny	6730	0	Zele	9240	1
Tongerren	3700	4	Zelzate	9060	1
Torhout	8820	1	Zemst	1980	1
Tournai	7500	1	Zingem	9750	1
Tremelo	3120	1	Zoersel	2980	1
Trois-Ponts	4980	3	Zomergem	9930	1
Trooz	4870	4	Zonhoven	3520	3
Tubize	1480	2	Zonnebeke	8980	1
Turnhout	2300	2	Zottegem	9620	1
Ukkel	1180	1	Zoutleeuw	3440	2
Vaux-sur-Sûre	6640	1	Zuienkerke	8377	1
Verlaine	4537	3	Zulte	9870	1
Verviers	4800	4	Zutendaal	3690	3
Veurne	8630	1	Zwalm	9630	1
Vielsalm	6690	2	Zwevegem	8550	1
Villers-la-Ville	1495	4	Zwijndrecht	2070	1
Villers-le-Bouillet	4530	2			
Vilvoorde	1800	1			
Viroinval	5670	1			
Virton	6760	0			
Visé	4600	4			
Vleteren	8640	1			
Voeren	3790	4			
Vorselaar	2290	1			
Vorst	1190	1			
Vosselaar	2350	2			
Vresse-sur-Semois	5550	0			
Waarschoot	9950	1			
Waasmunster	9250	1			
Wachtebeke	9185	1			
Waimes	4950	4			
Walcourt	5650	4			
Walhain	1457	2			
Wanze	4520	2			
Waregem	8790	1			
Waremmé	4300	3			
Wasseiges	4219	1			