



Marcel Hurez • Nicolas Juraszek • Marc Pelcé

# Dimensionner les ouvrages en maçonnerie

Guide d'application de l'Eurocode 6



COLLECTION  
EUROCODE



afnor  
EDITIONS

EYROLLES

# Sommaire

<b>CHAPITRE 1</b> Le marché unique européen .....	13
<b>CHAPITRE 2</b> Caractérisation des matériaux et éléments constitutifs.....	23
<b>CHAPITRE 3</b> Propriétés et caractéristiques des ouvrages de maçonnerie .....	43
<b>CHAPITRE 4</b> Analyse structurale .....	59
<b>CHAPITRE 5</b> Dimensionnement à l'état limite ultime (ELU) ...	93
<b>CHAPITRE 6</b> Dimensionnement à l'état limite de service (ELS)...	161
<b>CHAPITRE 7</b> Mise en œuvre .....	165
<b>CHAPITRE 8</b> Durabilité et mise en œuvre .....	221
<b>CHAPITRE 9</b> Exercices pratiques.....	231
<b>ANNEXE A</b> Sécurité incendie – résistance au feu .....	281
<b>ANNEXE B</b> Complément pour le calcul au séisme .....	291
<b>ANNEXE C</b> Prescriptions géométriques relatives aux groupes d'éléments de maçonnerie.....	299
<b>ANNEXE D</b> Prescriptions relatives aux maçonneries en blocs de coffrage.....	301
<b>ANNEXE E</b> Tableau de synthèse de résistance à la compression des maçonneries.....	309
<b>ANNEXE F</b> Caractéristiques géométriques des aciers d'armature .....	311
<b>ANNEXE G</b> Adresses utiles.....	313
Bibliographie .....	317



# Table des matières

Préface.....	3
Avant-propos.....	5
Symboles et notations.....	7
<b>CHAPITRE 1 Le marché unique européen .....</b>	<b>13</b>
1.1 Les Eurocodes .....	13
1.2 Le Règlement Produits de construction (RPC) .....	14
1.3 Le dimensionnement des structures par les Eurocodes .....	14
1.4 L'Eurocode 6 .....	16
1.5 Termes et définitions.....	16
1.5.1 Termes relatifs à la maçonnerie .....	16
1.5.2 Termes relatifs à la résistance de la maçonnerie .....	17
1.5.3 Termes relatifs aux éléments de maçonnerie.....	18
1.5.4 Termes relatifs au mortier .....	19
1.5.5 Termes relatifs au béton de remplissage.....	20
1.5.6 Termes relatifs aux armatures.....	20
1.5.7 Termes relatifs aux composants accessoires.....	20
1.5.8 Termes relatifs aux joints de mortier .....	20
1.5.9 Termes relatifs aux types de mur .....	21
1.5.10 Autres termes relatifs aux maçonneries.....	22
1.5.11 Termes utilisés dans l'exécution des travaux .....	22

<b>CHAPITRE 2</b>	<b>Caractérisation des matériaux et éléments constitutifs.....</b>	<b>23</b>
2.1	Les éléments de maçonnerie.....	25
2.1.1	Les types d'éléments .....	25
2.1.1.1	<i>Principales caractéristiques définies par les normes produits</i> .....	27
2.1.1.1.1	Blocs en béton de granulats courants ou légers (NF EN 771-3) .....	27
2.1.1.1.2	Exemple de marquage pour les blocs de granulats courants ou légers .....	28
2.1.1.1.3	Blocs en béton cellulaire autoclavé (NF EN 771-4) .....	28
2.1.1.1.4	Exemple de marquage pour les blocs de béton cellulaire autoclavé .....	29
2.1.1.1.5	Éléments en terre cuite (NF EN 771-1) .....	29
2.1.1.1.6	Exemples de marquage pour les briques de terre cuite.....	30
2.1.1.1.7	Pierre naturelle (NF EN 771-6) .....	30
2.1.1.1.8	Blocs de coffrage (NF EN 15435, NF EN 15498 ou ETAG 009) .....	31
2.1.2	Classement en groupes .....	32
2.1.3	Catégorie déclarée .....	33
2.1.4	Dimensions de coordination.....	33
2.1.5	Résistance à la compression déclarée.....	34
2.1.6	Résistance à la compression moyenne normalisée $f_b$ .....	34
2.1.7	En résumé .....	36
2.2	Le mortier de montage.....	36
2.2.1	Types de mortier et compositions .....	37
2.2.2	Résistance à la compression $f_m$ .....	38
2.2.3	Adhérence entre éléments et mortier.....	38
2.3	Le béton de remplissage .....	39
2.3.1	Résistances caractéristiques $f_{ck}$ et $f_{cvk}$ .....	39
2.4	Les armatures .....	39
2.4.1	Diagramme contrainte-déformation .....	40
<b>CHAPITRE 3</b>	<b>Propriétés et caractéristiques des ouvrages de maçonnerie .....</b>	<b>43</b>
3.1	Résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie $f_k$ .....	43
3.1.1	Exemples de calcul de $f_k$ .....	45
3.1.1.1	<i>Éléments de terre cuite (montage à joints minces)</i> .....	45
3.1.1.2	<i>Blocs en béton (montage maçonné)</i> .....	46

3.1.1.3	<i>Blocs de béton cellulaire autoclavé (montage à joints minces)</i> .....	46
3.1.2	Cas des maçonneries montées à joints interrompus.....	46
3.1.3	Cas des blocs à bancher .....	47
3.1.4	Cas des maçonneries chargées parallèlement au lit de pose.....	47
3.2	<b>Résistance caractéristique au cisaillement <math>f_{vk}</math></b> .....	48
3.2.1	Cas particulier : résistance verticale au cisaillement de la jonction entre deux murs .....	49
3.3	<b>Résistance caractéristique à la flexion <math>f_{xk}</math></b> .....	50
3.4	<b>Résistance caractéristique à l'adhérence acier-béton <math>f_{bok}</math></b> .....	51
3.5	<b>Déformation</b> .....	52
3.5.1	Relation contrainte-déformation .....	52
3.5.2	Module d'élasticité E .....	54
3.5.3	Module de cisaillement G.....	55
3.5.4	Fluage, retrait, gonflement et dilatation thermique.....	55
3.6	<b>Matériaux accessoires</b> .....	56
3.6.1	Attaches, feuillards, corbeaux et ancrages.....	56
3.6.2	Linteaux ou prélinteaux préfabriqués.....	57
<b>CHAPITRE 4 Analyse structurale</b> .....		59
4.1	<b>Sécurité des structures : les bases</b> .....	59
	Qu'est-ce qu'un état limite ? .....	59
	Quelles sont les probabilités acceptables d'atteindre un état limite ?.....	59
	Calcul de la probabilité de ruine : les bases du calcul de probabilités .....	60
	A-t-on le même niveau de fiabilité partout en Europe ? .....	61
	Durée de vie de l'ouvrage.....	61
	L'analyse semi-probabiliste ou méthode des coefficients partiels de sécurité.....	62
4.1.1	Vérification aux états limites .....	63
4.1.1.1	<i>Les situations de projet</i> .....	63
4.1.1.2	<i>États limites ultimes (ELU)</i> .....	63
4.1.1.3	<i>États limites de service (ELS)</i> .....	64
4.1.2	Actions sur les ouvrages .....	64
4.1.2.1	<i>Valeurs de calcul des effets des actions</i> .....	65
4.1.2.2	<i>Actions permanentes</i> .....	65
4.1.2.3	<i>Actions variables</i> .....	66
	Charges d'exploitation sur les planchers et les toitures .....	66
	Charges d'exploitation des cloisons .....	67
	Charges horizontales sur les parapets .....	68



4.1.2.4	<i>Charge de neige S</i> .....	68
	Valeurs caractéristiques de la charge de neige sur une toiture ..	69
4.1.2.5	<i>Charges de vent W</i> .....	70
	Pression dynamique de base $q_b$ .....	71
	Pression dynamique de pointe $q_p(z)$ .....	71
	Pression dynamique $w$ sur une paroi.....	72
4.1.2.6	<i>Actions accidentelles</i> .....	73
4.1.3	Combinaisons d'actions pour les calculs .....	73
4.1.3.1	<i>Combinaisons à l'ELU</i> .....	73
4.1.3.2	<i>Combinaisons à l'ELS</i> .....	74
4.1.4	Valeurs de calcul de la résistance .....	75
4.1.5	Coefficients partiels pour la maçonnerie $\gamma_M$ .....	75
<b>4.2</b>	<b>Analyse des ouvrages</b> .....	<b>76</b>
4.2.1	Imperfections géométriques.....	77
4.2.2	Effets du second ordre .....	77
4.2.3	Murs de maçonnerie soumis à un chargement vertical .....	77
4.2.3.1	<i>Élancement des murs</i> .....	77
4.2.3.2	<i>Hauteur effective des murs de maçonnerie <math>h_{ef}</math></i> .....	78
	Mur raidi sur un bord vertical.....	78
	Mur très long : $\ell/t \geq 15$ ou 30 .....	79
4.2.3.3	<i>Calcul de la hauteur effective <math>h_{ef}</math></i> .....	79
4.2.3.4	<i>Épaisseur effective des murs de maçonnerie <math>t_{ef}</math></i> .....	81
	Mur raidi par des poteaux .....	81
	Mur creux .....	82
4.2.4	Ouvrages de maçonnerie armée soumis à un chargement vertical .....	82
4.2.4.1	<i>Élancement des murs</i> .....	82
4.2.4.2	<i>Portée utile des poutres de maçonnerie</i> .....	83
4.2.4.3	<i>Portée utile des poutres hautes</i> .....	84
4.2.4.4	<i>Portée limite des ouvrages de maçonnerie armée soumis à une flexion hors plan</i> .....	84
4.2.5	Murs de maçonnerie soumis à un cisaillement .....	85
4.2.5.1	<i>Répartition des murs de contreventement</i> .....	87
4.2.5.2	<i>Répartition des forces horizontales</i> .....	87
	Détermination de la rigidité des murs.....	87
4.2.5.3	<i>Effet de la torsion</i> .....	88
	Détermination du centre de rigidité $C$ .....	89
	Répartition des charges horizontales (centre de rigidité excentré) .....	90
	Calcul de la force complémentaire $W_{Mxi}$ : .....	90
4.2.5.4	<i>Partition des charges verticales accompagnant le calcul de la résistance au cisaillement</i> .....	91
4.2.5.5	<i>Répartition des contraintes de cisaillement</i> .....	91
4.2.6	Ouvrages de maçonnerie armée soumis à un cisaillement .....	91
4.2.7	Murs de maçonnerie soumis à un chargement latéral .....	92
4.2.7.1	<i>Caractérisation des appuis</i> .....	92
4.2.7.2	<i>Calcul des moments sollicitants</i> .....	92

<b>CHAPITRE 5 Dimensionnement à l'état limite ultime (ELU)</b> .....	93
<b>5.1 Mur soumis principalement à un chargement vertical réparti ...</b>	95
5.1.1 Méthode générale (mur armé ou non) .....	95
5.1.1.1 Calcul de la résistance de la maçonnerie.....	96
5.1.1.2 Coefficient de réduction $\Phi$ en tête et en pied de mur.....	96
5.1.1.3 Calcul des moments fléchissants $M_{id}$ (méthode forfaitaire). Cas d'un mur de rive.....	97 98
Cas d'un mur intermédiaire .....	98
5.1.1.4. Calcul des moments fléchissants (méthode des rigidités) .....	98
5.1.1.5 Exemple 5.1 : comparaison des deux méthodes de calcul des moments fléchissants.....	100
5.1.1.6 Coefficient de réduction $\Phi_m$ à mi-hauteur du mur .....	101
5.1.1.7 Exemple 5.2 : vérification de la résistance verticale des murs pour un bâtiment de trois niveaux (méthode générale).....	103
5.1.2 Méthode simplifiée (mur non armé) .....	105
5.1.2.1 Conditions d'utilisation .....	105
5.1.2.2 Résistance à une charge verticale.....	106
5.1.2.3 Exemple 5.3 : vérification de la résistance par la méthode simplifiée – comparaison avec l'exemple 5.2.....	108
<b>5.2 Mur soumis à des charges concentrées</b> .....	109
5.2.1 Dispositions pour les éléments de maçonnerie des groupes 2, 3 ou 4.....	110
5.2.2 Dispositions pour les éléments de maçonnerie du groupe 1 .....	110
5.2.3 Exemple 5.4 : vérification de la résistance des appuis d'un linteau .....	112
<b>5.3 Murs de maçonnerie soumis à un chargement latéral et vertical</b> .....	114
5.3.1 Méthode simplifiée pour les murs chargés au vent .....	115
5.3.2 Méthode simplifiée pour les murs de soubassement .....	116
5.3.2.1 Conditions d'utilisation .....	116
5.3.2.2 Vérification.....	117
5.3.3 Méthode générale pour les murs pas ou faiblement chargés verticalement.....	118
5.3.3.1 Détermination du moment sollicitant $M_{Ed}$ .....	118
Cas particulier d'un mur très long.....	118
Cas particulier d'un mur très haut.....	118
Cas général : murs appuyés sur 3 ou 4 bords.....	119
Détermination des coefficients $\alpha_1$ et $\alpha_2$ .....	119
Détermination de $f_{xd2,app}$ avec des armatures préfabriquées dans les joints d'assises.....	120
Tableaux pour déterminer $\alpha_2$ .....	122

5.3.3.2	<i>Détermination du moment résistant <math>M_{Rd}</math></i> .....	132
5.3.3.2.1	Résistance d'un mur de maçonnerie non armée ou chaînée .....	132
5.3.3.2.2	Résistance d'un mur de maçonnerie armée avec armatures dans les joints d'assise .....	132
5.3.3.3	<i>Application pour différents éléments de maçonnerie</i> .....	132
5.3.3.3.1	Deux bords verticaux libres .....	133
5.3.3.3.2	Quatre bords raidis .....	135
5.3.3.3.3	Un bord vertical libre .....	137
5.3.3.3.4	Un bord horizontal libre .....	140
5.3.4	Méthode simplifiée pour le calcul des cloisons .....	142
<b>5.4</b>	<b>Murs soumis à un cisaillement</b> .....	<b>144</b>
5.4.1	Murs de maçonnerie non armée .....	144
5.4.1.1	<i>Exemple 5.5 : résistance au cisaillement d'un mur non armé</i> .....	145
5.4.2	Murs de maçonnerie armée .....	146
5.4.2.1	<i>Cas 1 : mur ne comportant que des armatures verticales</i> .....	146
5.4.2.2	<i>Cas 2 : mur ne comportant que des armatures horizontales</i> .....	147
5.4.2.3	<i>Cas 3 : mur comportant des armatures verticales et horizontales</i> .....	147
5.4.2.4	<i>Exemple 5.6 : résistance au cisaillement d'une maçonnerie armée</i> .....	147
5.4.3	Murs de maçonnerie chaînée .....	149
5.4.4	Résistance au basculement des murs armés ou chaînés verticalement .....	150
5.4.5	Exemple 5.7 : résistance au cisaillement d'un mur de maçonnerie chaînée .....	152
5.4.5.1	<i>Vérification de la résistance au cisaillement</i> .....	152
5.4.5.2	<i>Vérification de la résistance au basculement</i> .....	153
<b>5.5</b>	<b>Éléments armés soumis à une flexion et à un effort tranchant</b> .....	<b>153</b>
5.5.1	Généralités .....	153
5.5.2	Vérification des ouvrages de maçonnerie armée soumis à une flexion .....	154
5.5.2.1	<i>Moment résistant <math>M_{Rd}</math> d'une section rectangulaire armée</i> .....	155
5.5.2.2	<i>Moment résistant <math>M_{Rd}</math> d'une section armée composite</i> .....	155
5.5.3	Vérification des ouvrages de maçonnerie armée en cisaillement .....	156
5.5.4	Cas des murs armés verticalement soumis à un chargement latéral (flexion composée) .....	156
5.5.4.1	<i>Moment résistant</i> .....	157
5.5.4.2	<i>Résistance à l'effort tranchant</i> .....	157
5.5.5	Cas des linteaux .....	157
5.5.5.1	<i>ELU de flexion</i> .....	158
5.5.5.2	<i>ELU d'effort tranchant</i> .....	159



<b>CHAPITRE 6</b>	<b>Dimensionnement à l'état limite de service (ELS)</b> .....	161
<b>CHAPITRE 7</b>	<b>Mise en œuvre</b> .....	165
<b>7.1</b>	<b>Dispositions constructives générales</b> .....	165
7.1.1	Résistance et contreventement .....	165
7.1.1.1	<i>Plancher fonctionnant en diaphragme</i> .....	166
7.1.1.2	<i>Chaînages périphériques et liaisons verticales</i> .....	167
7.1.1.3	<i>Mur de contreventement</i> .....	167
7.1.1.4	<i>Transfert des charges latérales</i> .....	168
7.1.1.5	<i>Liaisons entre les murs</i> .....	169
7.1.1.6	<i>Liaisons par feuillard d'ancrage</i> .....	171
7.1.2	Choix des murs selon l'exposition .....	171
7.1.2.1	<i>Exposition à la pluie</i> .....	171
7.1.2.2	<i>Murs de sous-sol</i> .....	176
7.1.2.2.1	Choix du revêtement extérieur selon le dispositif de drainage .....	177
7.1.3	Joint de rupture et de fractionnement .....	178
7.1.3.1	<i>Joint de rupture et de fractionnement horizontaux des murs d'habillage</i> .....	178
7.1.3.2	<i>Joint de rupture et de fractionnement verticaux</i> .....	178
7.1.4	Épaisseur minimale des murs .....	179
7.1.5	Surface minimale des murs .....	180
7.1.6	Charges concentrées : longueur minimale d'appui .....	180
<b>7.2</b>	<b>Appareillage des éléments de maçonnerie</b> .....	181
7.2.1	Recouvrement des éléments d'une maçonnerie non armée .....	181
7.2.2	Recouvrement des éléments d'une maçonnerie armée .....	181
7.2.3	Recouvrement des éléments prétaillés en pierre naturelle destinés à rester apparents .....	182
7.2.4	Joint vertical .....	183
<b>7.3</b>	<b>Matériaux</b> .....	184
7.3.1	Mortiers de montage .....	184
7.3.1.1	<i>Performance minimale du mortier pour une maçonnerie armée</i> .....	186
7.3.2	Béton de chaînage .....	186
7.3.3	Armatures .....	186
7.3.3.1	<i>Diamètre minimal de l'armature</i> .....	187
7.3.3.2	<i>Rayon de cintrage</i> .....	187
7.3.3.3	<i>Enrobage minimal des armatures</i> .....	187
7.3.3.4	<i>Espacement des aciers d'armature</i> .....	188
7.3.3.4.1	Espacement maximal des cadres et étriers d'effort tranchant .....	188

7.3.3.5	<i>Sections minimales des armatures</i> .....	189
7.3.3.5.1	Armatures coulées dans du béton (section minimale) .....	189
7.3.3.5.2	Armatures placées dans les joints d'assise .....	189
7.3.3.5.3	Armatures concentrées dans des alvéoles (section maximale) .....	190
7.3.3.5.4	Partie de maçonnerie travaillant en flexion (linteau, poutre haute, etc.) .....	190
7.3.3.6	<i>Ancrage et recouvrement des armatures</i> .....	192
7.3.3.6.1	Longueur d'ancrage utile $\ell_{b,u}$ .....	192
7.3.3.6.2	Longueur de recouvrement entre barres tendues ou comprimées .....	192
7.3.3.7	<i>Arrêt des barres tendues dans une section fléchie</i> .....	193
7.3.3.8	<i>Ancrage des armatures longitudinales sur appuis simples</i> .....	194
7.3.3.9	<i>Ancrage des armatures d'effort tranchant</i> .....	194
7.3.3.10	<i>Maintien des barres d'armature comprimées</i> .....	195
7.3.4	Les enduits de façade .....	196
7.3.4.1	<i>Compatibilité entre enduit et maçonnerie</i> .....	196
7.3.5	Treillis anti-fissuration .....	197
<b>7.4</b>	<b>Préparation des matériaux</b> .....	198
7.4.1	Mortiers et bétons de remplissage .....	198
7.4.2	Adjuvants et additions .....	198
7.4.3	Proportion d'eau dans le béton de remplissage .....	198
7.4.4	Gâchage .....	198
7.4.5	Durée d'utilisation des mortiers et du béton de remplissage .....	198
7.4.6	Gâchage par temps froid .....	198
<b>7.5</b>	<b>Montage des éléments de maçonnerie</b> .....	199
7.5.1	Adhérence entre le mortier et les éléments de maçonnerie .....	199
7.5.2	Joints .....	199
7.5.3	Jointoiment et rejointoiment des maçonneries autres qu'à joints minces .....	200
7.5.3.1	<i>Jointoiment</i> .....	200
7.5.3.2	<i>Rejointoiment</i> .....	200
7.5.4	Empochements .....	200
7.5.5	Incorporation de membranes d'étanchéité .....	201
7.5.6	Joints de rupture .....	201
7.5.7	Incorporation de matériaux d'isolation thermique .....	201
7.5.8	Nettoyage des maçonneries de parement .....	201
7.5.9	Procédés de protection et de cure au cours de la construction .....	201
7.5.10	Protection contre la pluie .....	201
7.5.11	Protection contre les cycles de gel-dégel .....	201
7.5.12	Protection contre les effets d'une faible humidité .....	202
7.5.13	Protection contre les dommages d'origine mécanique .....	202
7.5.14	Hauteur de construction journalière de la maçonnerie .....	202

<b>7.6</b>	<b>Détails de mise en œuvre .....</b>	<b>202</b>
7.6.1	Assise.....	202
7.6.2	Coupure de capillarité.....	203
7.6.3	Chaînages horizontaux.....	205
7.6.4	Chaînages verticaux.....	206
7.6.5	Armatures de continuité.....	207
7.6.6	Chaînages des maçonneries confinées (ou chaînées).....	208
	7.6.6.1 <i>Dispositions particulières aux maçonneries</i> <i>des groupes 1 et 2 .....</i>	209
7.6.7	Trumeaux.....	210
	7.6.7.1 <i>Jonction allège-trumeau porteur .....</i>	211
7.6.8	Appuis de planchers.....	212
7.6.9	Linteaux.....	212
7.6.10	Parois externes des murs creux ou doubles.....	212
	7.6.10.1 <i>Mur d'habillage reposant sur le plancher.....</i>	212
	7.6.10.1.1 Cas A1 : chaînage de plancher apparent.....	213
	7.6.10.1.2 Cas A2 : Le bandeau ou le chaînage sont masqués par un élément rapporté par collage après coulage du béton.....	213
	7.6.10.1.3 Cas A3 : Le bandeau ou le chaînage sont masqués par un habillage constitué de demi-éléments de maçonnerie (mulots) mis en fond de coffrage avant coulage du béton.....	214
	7.6.10.2 <i>Mur d'habillage filant devant les planchers .....</i>	214
	7.6.10.3 <i>Section et nombre d'attaches.....</i>	215
	7.6.10.4 <i>Calcul du nombre d'attaches (Eurocode 6) .....</i>	216
7.6.11	Saignées et réservations (Eurocode 6).....	216
	7.6.11.1 <i>Saignées et réservations verticales.....</i>	216
	7.6.11.2 <i>Saignées horizontales ou inclinées .....</i>	217
<b>7.7</b>	<b>Tolérances de mise en œuvre.....</b>	<b>219</b>
<b>7.8</b>	<b>Chargement de la maçonnerie en phases provisoires .....</b>	<b>220</b>
<b>CHAPITRE 8</b>	<b>Durabilité et mise en œuvre.....</b>	<b>221</b>
<b>8.1</b>	<b>Durabilité.....</b>	<b>221</b>
8.1.1	Classes d'exposition des ouvrages de maçonnerie.....	221
<b>8.2</b>	<b>Spécifications relatives aux matériaux et à leur mise en œuvre .....</b>	<b>224</b>
8.2.1	Spécifications admissibles pour les éléments de maçonnerie.....	224
8.2.2	Spécifications du mortier de montage.....	225
8.2.3	Spécifications du béton de remplissage .....	225
8.2.4	Spécifications des armatures.....	226
	8.2.4.1 <i>Choix des aciers selon la classe d'exposition .....</i>	226



8.2.4.2	<i>Distances d'enrobage</i> .....	227
8.2.4.3	<i>Armatures préfabriquées pour joints d'assise</i> .....	228
8.2.5	Linteaux.....	229
8.2.6	Composants accessoires et cornières.....	230
<b>CHAPITRE 9 Exercices pratiques</b> .....		231
9.1	<b>Calcul d'une façade porteuse chargée au vent (méthode générale)</b> .....	231
9.1.1	Hypothèse de calcul.....	231
9.1.2	Vérification aux états limites de résistance.....	232
9.1.3	Calcul de la pression du vent $w$ à l'ELU.....	233
9.1.4	1 <sup>re</sup> vérification : résistance en partie supérieure du mur.....	233
9.1.4.1	<i>Charge <math>N_{id,b}</math> en tête de mur</i> .....	234
9.1.4.2	<i>Excentricité <math>e_{i,b}</math> en tête du mur</i> .....	234
9.1.4.3	<i>Coefficient de réduction <math>\phi_{i,b}</math> en tête de mur (équation 5.5)</i> .....	235
9.1.4.4	<i>Résistance de la maçonnerie en partie supérieure (équation 5.3)</i> .....	235
9.1.5	2 <sup>e</sup> vérification : résistance en pied de mur.....	236
9.1.5.1	<i>Charge <math>N_{id,b}</math> en pied de mur</i> .....	236
9.1.5.2	<i>Excentricité <math>e_{i,b}</math> en pied de mur</i> .....	236
9.1.5.3	<i>Coefficient de réduction <math>\Phi_{i,b}</math> en pied de mur (équation 5.5)</i> .....	237
9.1.5.4	<i>Résistance de la maçonnerie en partie inférieure (équation 5.3)</i> .....	237
9.1.5.5	<i>Vérification de la résistance en partie inférieure (équations 9.1.1 et 9.1.2)</i> .....	237
9.1.6	3 <sup>e</sup> vérification : résistance en partie médiane du mur.....	238
9.1.6.1	<i>Charge <math>N_{md}</math> en partie médiane</i> .....	238
9.1.6.2	<i>Excentricité à mi-hauteur <math>e_{mk}</math></i> .....	238
9.1.6.3	<i>Coefficient de réduction <math>\phi_m</math></i> .....	240
9.1.6.4	<i>Résistance de la maçonnerie et Vérification de la résistance</i> .....	240
9.1.7	Vérification au cisaillement des appuis.....	240
9.2	<b>Calcul d'une façade non porteuse chargée au vent (méthode simplifiée)</b> .....	241
9.2.1	Hypothèse de calcul.....	241
9.2.2	Vérification à l'état limite ultime de résistance.....	241
9.2.3	Calcul de la pression du vent $w$ à l'ELU.....	242
9.2.4	Vérification de la résistance de la maçonnerie.....	242
9.2.4.1	<i>Calcul en maçonnerie non armée</i> .....	242
9.2.4.1.1	<i>Calcul du moment de rupture selon l'axe horizontal (<math>M_{rd1}</math>)</i> .....	242
9.2.4.1.2	<i>Calcul du moment de rupture selon l'axe vertical (<math>M_{rd2}</math>)</i> .....	242
9.2.4.1.3	<i>Calcul des moments sollicitants</i> .....	242

9.2.4.1.4	Vérification de la résistance .....	243
9.2.4.2	<i>Calcul en maçonnerie armée</i> .....	243
9.2.4.2.1	Calcul de la section armée .....	243
9.2.4.2.2	Calcul des moments sollicitants.....	243
9.2.4.2.3	Vérification de la résistance.....	244
<b>9.3</b>	<b>Calcul de la résistance d'un linteau en maçonnerie</b> .....	244
9.3.1	Vérification de l'ELU en flexion.....	244
9.3.1.1	<i>Longueur effective de la poutre</i> .....	244
9.3.1.2	<i>Vérification de la résistance de la section</i> .....	245
9.3.1.3	<i>Calcul des armatures</i> .....	245
9.3.2	Vérification de l'ELU d'effort tranchant.....	247
<b>9.4</b>	<b>Exemple de calcul : mur de soubassement</b> .....	248
9.4.1	Données.....	249
9.4.2	Vérification par la méthode simplifiée.....	249
9.4.3	Vérification par la méthode générale.....	250
9.4.3.1	<i>Résistance en tête de mur</i> .....	250
9.4.3.2	<i>Résistance en pied de mur</i> .....	251
9.4.3.3	<i>Résistance à mi-hauteur</i> .....	252
9.4.3.4	<i>Vérification de résistance à <math>z = h/2</math></i> .....	254
9.4.3.5	<i>Vérification du cisaillement en pied de mur</i> .....	255
9.4.4	Conclusions.....	255
<b>9.5</b>	<b>Exemple de calcul : mur de soutènement (section composite)</b> .....	256
9.5.1	Documents de référence .....	256
9.5.2	Dimensionnement.....	256
9.5.3	Prédimensionnement et chargement.....	257
9.5.4	Données du projet.....	258
9.5.4.1	<i>Caractéristiques des matériaux</i> .....	259
9.5.4.2	<i>Caractéristiques géométriques de l'ouvrage</i> .....	260
9.5.5	Actions et sollicitations.....	260
9.5.5.1	<i>Calcul des sollicitations dues à la poussée des terres et à la charge <math>q</math></i> .....	261
9.5.6	Vérification des différents états limites .....	263
9.5.6.1	<i>Vérification de la stabilité au renversement (ELU – EQU)</i> .....	263
9.5.6.2	<i>Vérification de la stabilité au glissement (ELU – GEO, glissement)</i> .....	263
9.5.6.3	<i>Vérification de la capacité portante du sol (ELU – GEO, portance)</i> .....	264
9.5.6.4	<i>Vérification du voile de maçonnerie et de l'aile armée (résistance interne de l'ouvrage)</i> .....	266
9.5.6.5	<i>Calcul des aciers longitudinaux de la semelle (sections S2 et S3)</i> .....	268
9.5.6.6	<i>Dispositions constructives</i> .....	271

9.6 Répartition des forces horizontales : application au séisme .....	271
9.6.1 Documents de référence .....	271
9.6.2 Dimensionnement.....	271
9.6.3 Détermination des sollicitations sismiques et prise en compte des effets de la torsion.....	271
9.6.4 Vérification des murs de contreventement .....	276
 <b>ANNEXE A</b> Sécurité incendie – résistance au feu.....	281
A.1 Exigence de résistance au feu selon le type d'établissement ....	281
A.2 Résistance au feu des éléments.....	283
A.2.1 Résistance au feu des maçonneries de blocs en béton de granulats courants.....	285
A.2.2 Résistance au feu des maçonneries de blocs en béton cellulaire autoclavé.....	286
A.3 Dispositions constructives .....	286
A.3.1 Liaisons et joints.....	286
A.3.2 Canalisations électriques, tuyaux et câbles .....	288
 <b>ANNEXE B</b> Complément pour le calcul au séisme...	291
B.1 Conditions sur les matériaux .....	292
B.1.1 Les éléments de maçonnerie .....	292
B.1.2 Les mortiers de jointoiement .....	293
B.1.3 Le béton de remplissage.....	294
B.1.4 Les armatures .....	294
B.2 Dispositions constructives minimales pour les maçonneries chaînées .....	294
B.2.1 Chaînages verticaux.....	296
B.2.2 Dimensionnement des murs de contreventement .....	296
 <b>ANNEXE C</b> Prescriptions géométriques relatives aux groupes d'éléments de maçonnerie.....	299





2<sup>e</sup> édition

Marcel Hurez  
Nicolas Juraszek  
Marc Pelcé

# Dimensionner les ouvrages en maçonnerie

Préface de Didier Brosse

Président de l'Union de la maçonnerie et du gros-œuvre (Fédération française du bâtiment)

Reposant sur le modèle semi-probabiliste, l'Eurocode 6 a modifié les règles françaises de conception des maçonneries : comme dans les autres Eurocodes, on y distingue l'analyse des sollicitations de l'analyse des résistances et la méthode de calcul prend notamment en compte le cycle de vie du bâtiment.

Tout en faisant référence — quand il le faut — au DTU 20.1, cette nouvelle édition du guide d'application s'appuie donc sur la toute dernière version de l'Eurocode 6 (mars 2013), sur les quatre annexes nationales françaises (publiées entre 2007 et 2012) et sur l'Eurocode 8 (Calcul des structures pour leur résistance aux séismes).

Les auteurs y décrivent **les propriétés et les caractéristiques des ouvrages en maçonnerie, l'analyse structurale, le dimensionnement aux états limites ultimes, aux états limites de service** et contient un chapitre d'**exemples pratiques** (mur chargé au vent, mur de contreventement, mur de soubassement, linteau en maçonnerie, murs de maçonnerie sous sollicitations sismiques, mur intérieur non porteur-cloison).

On y trouvera, en clair, les spécifications de l'Eurocode 6 sur la façon de concevoir, calculer et mettre en œuvre une maçonnerie réalisée avec des **briques, des blocs de béton** ou de **béton cellulaire**, ou des **pierres**.

On peut aussi l'utiliser pour ses **exercices d'application**. Six cas classiques sont détaillés pour guider le concepteur.

On pourra par ailleurs librement télécharger à l'adresse du livre sur [www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com) les feuilles de calculs correspondant aux exercices.

## Sommaire

1. Le marché unique européen. 2. Caractérisation des matériaux et éléments constitutifs. 3. Propriétés et caractéristiques des ouvrages de maçonnerie. 4. Analyse structurale. 5. Dimensionnement à l'état limite ultime (ELU). 6. Dimensionnement à l'état limite de service (ELS). 7. Mise en œuvre. 8. Durabilité et mise en œuvre. 9. Exercices pratiques. Annexes. Adresses utiles. Bibliographie.

Spécialiste du dimensionnement des structures, **Marcel Hurez** a principalement travaillé au Cerib (Centre technique du béton) où il a notamment étudié le comportement des structures soumises aux séismes et au feu. Il collabore avec l'AQC sur la RT 2012 et, comme formateur, avec le groupe Moniteur.

Ingénieur appartenant à la direction des techniques et méthodes de la Socotec, **Nicolas Juraszek** est spécialisé dans l'enveloppe du bâtiment. Représentant les fabricants de blocs de béton pour le compte du Cerib à la commission française de l'Eurocode 6, il a par ailleurs conduit une étude sur le ferrailage des chaînages des maisons individuelles en zone sismique.

Auteur de plusieurs ouvrages techniques et pédagogiques sur la construction des maisons individuelles, **Marc Pelcé** est l'un des meilleurs connaisseurs de l'emploi des bétons dans le bâtiment.

**Publics**  
Professionnels et futurs professionnels du bâtiment : ingénieurs des bureaux d'étude et maîtres d'œuvre des entreprises de construction, enseignants et étudiants de la filière universitaire, formateurs et stagiaires de la formation continue.

Couverture : Christophe Picaud

COLLECTION  
EUROCODE

afnor  
EDITIONS

EYROLLES

En couverture, de gauche à droite et de haut en bas :

Façade en pierre associée à des refends en blocs béton © CTMNC - Pascal Delrue, architecte. Béton cellulaire © Tanguy Matériaux. Mur en blocs béton © auteurs. Construction d'une maison en briques © Hervé Rouveure/fotolia.com. Montage par collage d'un bloc béton isolant © ALKERN

[www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com)  
Groupe Eyrolles | Diffusion Geodif  
[www.boutique-livres.afnor.org](http://www.boutique-livres.afnor.org)

75 €

Code Eyrolles : 613906  
ISBN Eyrolles : 978-2-212-13906-8  
Code Afnor : 3381021  
ISBN Afnor : 978-2-12-381021-6

