

Divers critères techniques et éventuellement esthétiques doivent entrer en ligne de compte pour le choix d'un type de mortier. Force est de constater que les différents documents de référence ainsi que les appellations courantes conduisent parfois à une confusion. Ce dossier livre une synthèse des différents documents de référence les plus consultés et tente de faire la lumière sur des notions souvent mal comprises ou interprétées de manière erronée.



Choix des mortiers de maçonnerie

✎ Y. Grégoire, ir.-arch., chef de la division 'Matériaux', CSTC
 A. Smits, ir., chef de projet, laboratoire 'Matériaux de gros œuvre et de parachèvement', CSTC

Article rédigé avec le soutien des Antennes Normes 'Béton-mortier-granulats' et 'Eurocodes' subsidiées par le SPF Economie.

1 DÉFINITIONS NORMALISÉES

La norme NBN EN 998-2 [1], consacrée au marquage CE des mortiers de maçonnerie manufacturés, définit les mortiers de montage comme 'un mélange composé d'un ou de plusieurs liants inorganiques (minéraux), de granulats, d'eau et, parfois, d'additions et/ou d'adjuvants et destiné au hourdage, au jointoiment et au rejointoiment d'éléments en maçonnerie'. Elle définit trois types de mortiers en fonction des propriétés et/ou de l'usage, conformément au tableau 1.

Dans la pratique, l'épaisseur nominale utilisée pour le mortier est 'traditionnellement' de l'ordre de 10 à 12 mm. Pour plus de détails, notamment sur la distinction des mortiers performanciel ou spécifiés selon leur composition ainsi que sur la performance escomptée de ces derniers, le lecteur intéressé consul-

tera l'article 'Spécifications européennes sur la résistance en compression des produits de maçonnerie' [21] (cf. [Les Dossiers du CSTC 2009/4.3](#)). Ces informations permettent par la suite d'assimiler les mortiers dosés *in situ* (non couverts par la norme NBN EN 998-2) au mortier de type 'G' en épaisseur traditionnelle.

On constate que l'approche performancielle ne concerne que la résistance à la compression du mortier. La déclaration de 'l'adhérence' ne constitue pas selon nous une approche performancielle, étant donné qu'il s'agit d'une valeur déclarée 'par défaut' et déterminée, de surcroît, par une méthode d'essai (l'adhérence par cisaillement) très discutable. De plus, il n'est fait nulle part référence au terme 'mortier-colle' qui, pourtant, est communément utilisé par les entrepreneurs et les fabricants. Enfin, la norme NBN EN 998-2 ne fixe aucune limite

d'épaisseur de joint malgré l'importance de ce paramètre pour le comportement mécanique (cf. Eurocode 6 [10, 11]) et thermique de la maçonnerie.

2 QUE DIT L'EUROCODE 6 ?

L'Eurocode 6 et ses annexes nationales [10-14] visent la 'conception' et l' 'exécution' de la maçonnerie portante. On y retrouve les mêmes symboles et les mêmes définitions que dans la norme NBN EN 998-2.

Par contre, l'Eurocode définit des limites d'épaisseur pour les joints d'assise et les joints verticaux (cf. § 8.1.5 de l'Eurocode 6) :

- les mortiers d'usage courant 'G' : entre 6 et 15 mm
- les mortiers allégés 'L' : entre 6 et 15 mm
- les mortiers de joints minces 'T' : entre 0,5 et 3 mm.

Des joints d'une épaisseur de 3 à 6 mm peuvent être réalisés pour autant que le mortier ait été spécialement formulé pour cette application. Dans ce cas, ils doivent être considérés, en matière de calcul, comme des mortiers d'usage courant.

Tableau 1 Types, symboles, définitions et performances des mortiers selon la norme NBN EN 998-2 [1].

Types de mortier	Symbole	Définitions		'Performance' Déclaration de f_m (1)	Adhérence (2) f_{vk0} (3) [N/mm ²]
Mortier d'usage courant (4)	G	Mortier de montage sans caractéristique particulière	Spécifié selon sa composition	OUI	–
			Performanciel	OUI	0,15
Mortier de joints minces (4)	T	Mortier performanciel dont la dimension maximale des granulats est inférieure ou égale à une valeur spécifiée. La norme NBN EN 998-2 précise que : • la dimension des granulats ne doit pas être supérieure à 2 mm • le temps ouvert doit être déclaré • d'autres exigences peuvent être nécessaires si l'épaisseur de joint prévue est inférieure à 1 mm.		OUI	0,30
Mortier allégé (4)	L	Mortier performanciel dont la masse volumique sèche à l'état durci est inférieure ou égale à une valeur spécifiée. La norme NBN EN 998-2 précise que pour les mortiers de montage allégés, la masse volumique doit être inférieure ou égale à 1300 kg/m ³ .		OUI	0,15

(1) f_m est la résistance à la compression moyenne du mortier.

(2) Lorsque les mortiers performanciel ('G' performanciel, 'T' et 'L') sont destinés à être utilisés dans des maçonneries soumises à des exigences structurales, l'adhérence par cisaillement (f_{vk0} (3)) du mortier doit être déclarée, soit sur la base d'une valeur par défaut, soit sur la base d'essais (cf. norme NBN EN 1052-3 [8]).

(3) f_{vk0} est la résistance caractéristique initiale au cisaillement. Valeurs par défaut selon l'annexe C de la norme NBN EN 998-2.

(4) Lorsque la maçonnerie est soumise à des exigences thermiques, la conductivité thermique du mortier devra être déclarée. Le choix du mortier, par le biais de sa masse volumique et de son épaisseur, peut influencer la résistance thermique de la maçonnerie.

Dans toutes les valeurs par défaut ('tabulées') des résistances caractéristiques ou des paramètres permettant de calculer les résistances (en compression, cisaillement et flexion) reprises dans l'Eurocode 6, une distinction est faite entre les trois types de mortier : G, T et L. Il est expliqué au § 4.1 ci-après dans quelle mesure le choix du mortier influence chaque performance mécanique.

3 MORTIERS PERFORMANCIELS 'BENOR'

Afin de clarifier le lien entre les documents normatifs établis au niveau européen (la norme NBN EN 998-2 et l'Eurocode 6), d'assurer une approche performancielle plus poussée et de faire en sorte que les informations relatives au mortier soient en meilleure relation avec la pratique, des performances et classifications supplémentaires sont précisées dans le cadre du marquage de qualité volontaire 'BENOR' des mortiers de maçonnerie, géré par le CRIC. Pour plus d'informations, nous renvoyons le lecteur à l'adresse suivante : <http://info.benoratg.org>.

En l'absence d'une codification uniforme au niveau européen quant à l'épaisseur des joints, il est fait usage de la codification facultative présentée dans le tableau 2 (cf. règlement d'application TRA 651 du CRIC [15]). Les mortiers 'T' y sont définis comme des mortiers-colle. Les performances les plus pertinentes en fonction de l'usage extérieur ou

Tableau 2 Epaisseur des joints des différents types de mortier de maçonnerie selon le TRA 651 [15].

Type de mortier	Type de joint	Epaisseur des joints V [mm]	Désignation du type de joint (facultatif)
T	Mortier-colle 'fin'	$V \leq 3$	XS
T	Mortier-colle 'épais'	$3 < V < 6$	S
G et L	Mortier de maçonnerie fin	$4 < V \leq 8$	M
G et L	Mortier de maçonnerie moyen	$8 < V \leq 12$	L
G et L	Mortier de maçonnerie épais	$V > 12$	XL

intérieur sont synthétisées dans le tableau 3).

4 CHOIX D'UN TYPE DE MORTIER

4.1 SUR LA BASE DE CRITÈRES DE PERFORMANCE DE LA MAÇONNERIE

Les performances dont il est question ici ont trait aux caractéristiques thermiques et mécaniques de la maçonnerie. Ces dernières sont généralement pertinentes en maçonnerie portante. Les performances d'adhérence 'éléments de maçonnerie-mortier' et de durabilité face aux agents climatiques font l'objet d'une Note d'information technique (1). Les symboles et notations utilisés sont définis dans le tableau 5 (p. 6).

4.1.1 COMPORTEMENT EN COMPRESSION

Le calcul de la résistance caractéristique à la

compression f_k fait la distinction entre les différents types de mortier.

En ce qui concerne les mortiers de type 'G' et 'L' (2), f_k augmente avec l'augmentation de la résistance à la compression moyenne du mortier f_m . Cette augmentation n'est néanmoins pas proportionnelle à f_m . En effet, pour les mortiers de type G, par exemple, l'augmentation de f_k est proportionnelle à $f_m^{0,25}$. Ainsi, la multiplication de f_m par 2, par exemple, engendre une multiplication de f_k d'un facteur $2^{0,25} = 1,19$. L'influence de la résistance du mortier est donc relativement limitée.

f_k ne tient pas compte de la résistance à la compression du mortier lorsque ce dernier est du type 'mortier de joints minces' ('T') et lorsque son épaisseur est comprise entre 0,5 et 3 mm (cf. [Les Dossiers du CSTC 2010/3.2](#) [22] pour de plus amples informations). La raison première des définitions supplémentaires en

Tableau 3 Performances des mortiers selon le TRA 651 [15].

Propriété	Unité	Norme	Mortier (M, L, XL)		Mortier-colle (XS ou S)	
			Extérieur	Intérieur	Extérieur	Intérieur
Teneur en air	% v/v	NBN EN 1015-7 [2]	≤ 20		-	
Temps de mise en œuvre (1)	heures	NBN EN 1015-9 [3]	≥ 2		≥ 2 (5)	
Temps ouvert (2)	minutes	NBN EN 1015-9	-		≥ 4 (S), ≥ 7 (XS)	
Compression	N/mm ²	NBN EN 1015-11 [4]	$\geq M 5$	$\geq M 2,5$	$\geq 12,5$ (6)	
Flexion	N/mm ²	NBN EN 1015-11	-		$\geq 4,5$ (6)	
Adhérence à 28 jours (3)	N/mm ²	NEN 6790 (4) [20] Nature de l'élément : • terre cuite et béton • béton cellulaire • silicocalcaire	$\geq 0,15$	$\geq 0,10$	$\geq 0,60$ $\geq 0,30$ $\geq 0,40$	
Coefficient d'absorption d'eau	kg/m ² .min ^{0,5}	NBN EN 1015-18 [5]	-		$\leq 0,03$	-

- (1) Le temps de mise en œuvre (ou période d'ouvrabilité) est la durée qui suit le gâchage durant laquelle le mortier peut être utilisé.
(2) Le temps ouvert est la durée qui suit la pose du mortier sur le lit précédent durant laquelle l'élément de maçonnerie peut encore être posé ('maçonné' ou 'collé').
(3) Pour les mortiers-colles, des exigences d'adhérence à différents âges (à 1 et à 7 jours) et après une immersion dans l'eau sont également posées en fonction de la nature de l'élément
(4) Essai de traction directe par le biais d'un essai 'en croix'
(5) ≥ 4 pour les mortiers 'XS' à mettre en œuvre en été en combinaison avec des éléments en béton cellulaire ou silicocalcaire.
(6) Compression et flexion respectivement ≥ 10 et $\geq 2,5$ en combinaison avec un élément en béton cellulaire.

(1) La NIT 208 [16] donne des recommandations pour le choix de la composition du mortier de jointolement.

(2) A défaut de données en Belgique et parce que les mortiers allégés 'L' y sont moins couramment utilisés en maçonnerie portante, l'annexe nationale belge de la norme NBN EN 1996-1-1 (Eurocode 6, partie 1) [11] n'a pas repris de paramètres nationaux relatifs à la résistance à la compression des maçonneries montées avec ce type de mortier.



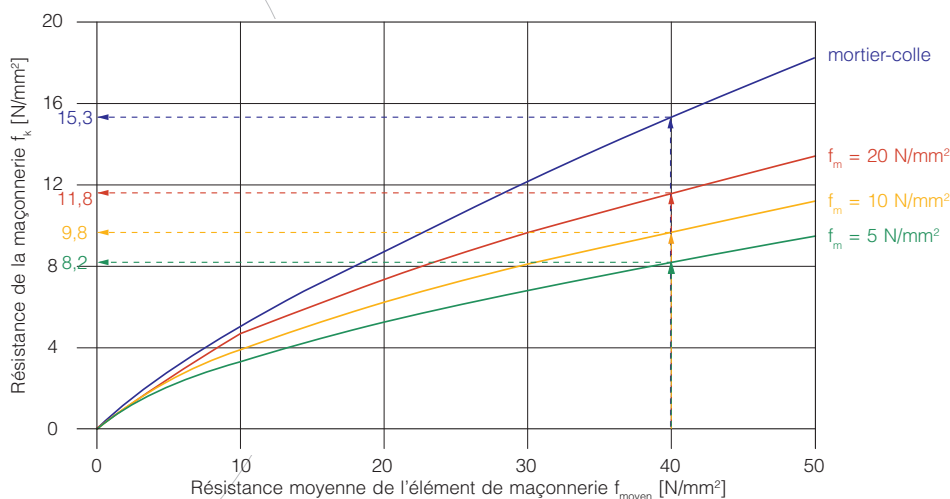


Fig. 1 Résistance en compression de la maçonnerie f_k , fonction de la résistance en compression de l'élément f_{moyen} et du mortier utilisé (maçonnerie en terre cuite du groupe 2).

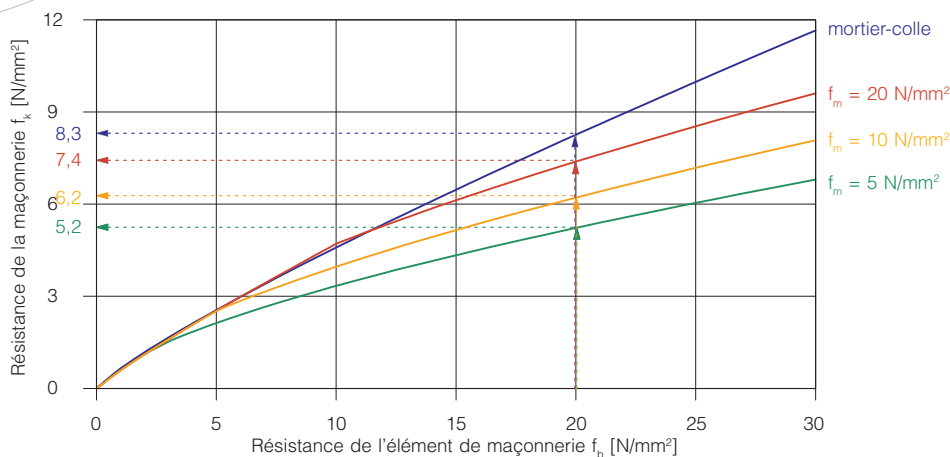


Fig. 2 Résistance en compression de la maçonnerie f_k , fonction de la résistance en compression de l'élément f_t et du mortier utilisé (maçonnerie en béton du groupe 2).

termes de limites d'épaisseur de l'Eurocode 6 provient donc de la constatation que, lorsque des éléments de maçonnerie sont combinés à des joints très minces, l'influence du mortier sur la résistance à la compression de la maçonnerie est négligeable (le paramètre f_m disparaît des formules).

L'usage des formules est soumis aux conditions restrictives sur la résistance des matériaux reprises dans le tableau 5 (p. 6). Si ces conditions sont vérifiées, la résistance à la compression de la maçonnerie est, d'une manière générale, supérieure avec du mortier de joints minces 'T' (cf. figures 1 et 2).

Les modules d'élasticité séchants à court (E) et à long terme ($E_{long\ term}$) dépendent directement de la résistance caractéristique à la compression f_k . Selon la formule recommandée, plus la maçonnerie est résistante en compression, plus elle est 'rigide'.

Pour un projet donné, le comportement à la compression de la maçonnerie peut aussi être déterminé sur la base de résultats d'essai selon la norme NBN EN 1052-1 [6] (cf. figure 3). Un descriptif de la méthodologie est disponible sur le site de l'Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats' (http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/fr/).

4.1.2 RÉSISTANCE AU CISAILEMENT

L'Eurocode 6 prévoit des valeurs par défaut ('tabulées') de la résistance (caractéristique) initiale au cisaillement de la maçonnerie f_{vk0} en fonction du type d'élément de maçonnerie, du type de mortier et, dans le cas d'emploi de mortier d'usage courant (type 'G') performanciel, de sa résistance à la compression déclarée. La méthode d'essai de référence, la norme NBN EN 1052-3 [8], est celle à laquelle fait référence la norme NBN EN 998-2 [1] (cf. ci-dessus). Il faut



Fig. 3 Essai de compression sur muret selon la norme NBN EN 1052-1 [6] (avec détermination du module d'élasticité sécant 'E').

néanmoins tenir compte du fait qu'en l'absence de données suffisantes et d'une méconnaissance des extrapolations possibles entre résultats sur triplet⁽³⁾ selon la norme NBN EN 1052-3 et le comportement d'un mur complet, l'annexe nationale ANB n'a pas repris de valeur.

On peut néanmoins relever que, dans la version EN de l'Eurocode 6, les valeurs par défaut de la résistance caractéristique au cisaillement pour les mortiers de joints minces 'T' sont au moins celles pour le mortier d'usage courant 'G' et sont deux fois supérieures à celles des mortiers allégés 'L' et des mortiers d'usage courant 'G' de faibles résistances (< 2,5 N/mm²).

Pour un projet donné, la résistance au cisaillement de la maçonnerie peut aussi être déterminée sur la base de résultats d'essai selon la norme NBN EN 1052-3 (cf. figure 4). Un descriptif de la méthodologie est disponible sur le site de l'Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats' (http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/fr/).

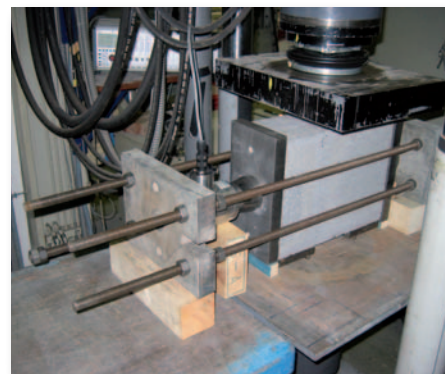


Fig. 4 Essai de cisaillement sur triplet selon la norme NBN EN 1052-3 [8].

⁽³⁾ Assemblage de trois éléments de maçonnerie et du mortier considéré.



Fig. 5 Détermination de la résistance à la flexion parallèle (f_{xk1}) selon la norme NBN EN 1052-2 [7].



Fig. 6 Détermination de la résistance à la flexion perpendiculaire (f_{xk2}) selon la norme NBN EN 1052-2 [7].

4.1.3 RÉSISTANCE À LA FLEXION HORS PLAN

Rappelons tout d'abord que deux paramètres caractérisent la flexion hors plan :

- la résistance caractéristique à la flexion de la maçonnerie dont le plan de rupture est parallèle au lit de pose (f_{xk1})
- la résistance caractéristique à la flexion de la maçonnerie dont le plan de rupture est perpendiculaire au lit de pose (f_{xk2}).

L'Eurocode 6 et son annexe nationale belge (ANB) proposent des valeurs ⁽⁴⁾ par défaut ('tabulées') de f_{xk1} et f_{xk2} en fonction du type de mortiers et du type d'éléments de maçonnerie.

En raison de l'absence de spécifications adéquates relatives à l'adhérence des mortiers-colles, l'annexe nationale belge de la norme NBN EN 1996-1-1 [11] a défini ⁽⁵⁾ un 'mortier de joint mince ('T')' comme étant un 'mortier-colle' tel que la résistance en flexion de la maçonnerie vérifie au minimum ces valeurs données par défaut.

Logiquement, les valeurs de f_{xk1} et f_{xk2} sont donc souvent plus favorables pour les mortiers de type 'T'.

Pour un projet donné, la résistance à la flexion de la maçonnerie peut aussi être déterminée sur la base de résultats d'essai selon la norme NBN EN 1052-2 [7] (cf. figures 5 et 6). Un descriptif de la méthodologie est disponible sur le site de

l'Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats' (http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/fr/).

4.1.4 COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ

Les coefficients de sécurité (γ_M) à assigner aux performances mécaniques de la maçonnerie aux états limites ultimes dépendent des niveaux d'attestation et de certification des matériaux utilisés et des classes d'exécution ('N' ou 'S'). Ces dernières dépendent du contrôle de l'exécution sur le chantier.

On distingue les classes d'exécution suivantes :

- la 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 fait l'objet d'une surveillance normale par l'auteur de projet
- la 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.

Les coefficients de sécurité à assigner aux performances mécaniques de la maçonnerie sont plus favorables (c'est-à-dire plus faibles) lorsque la maçonnerie est confectionnée

dans les conditions d'une classe d'exécution 'S' et au moyen d'un mortier performant avec certification de produit supplémentaire (marque BENOR) (cf. tableau 4, p. 5).

4.1.5 PERFORMANCE THERMIQUE

Les réglementations PEB (performance énergétique des bâtiments) régionales imposent l'usage d'une valeur de calcul (également appelée 'valeur utile') de la résistance thermique de la couche qui tient compte du taux d'humidité du matériau. Cette valeur de calcul est obtenue en convertissant la valeur déclarée avec un niveau de confiance de 90 % sur la fractile de 90 % à l'état sec R_D (résistance thermique déclarée) ou λ_D (conductivité thermique déclarée d'un matériau homogène) pour des conditions d'utilisation 'intérieure' ou 'extérieure' selon l'application. Le lecteur intéressé consultera les documents de référence pour les pertes par transmission ⁽⁶⁾.

Lorsque la maçonnerie est soumise à des exigences thermiques, la conductivité thermique du mortier en référence à la norme NBN EN 1745 [9] devra être déclarée par son producteur. Lorsque pertinent (influence sensible de la résistance thermique de la maçonnerie sur la résistance thermique de la paroi complète), le choix du mortier, par le biais de sa masse volumique et de son épaisseur, peut influencer la résistance thermique de la maçonnerie (qui

⁽⁴⁾ L'Eurocode 6 propose également des formules dépendant de f_b pour les maçonneries de béton cellulaire avec influence des joints laissés ouverts pour f_{xk2} . Il précise aussi d'une manière générale qu'il convient que f_{xk2} ne soit pas supérieure à la résistance à la flexion de l'élément de maçonnerie.

⁽⁵⁾ La terminologie 'mortier-colle' utilisée dans cette annexe nationale est utilisée pour les mortiers qui présentent des caractéristiques améliorées en matière d'adhérence à l'élément de maçonnerie considéré telles que les valeurs f_{xk1} et f_{xk2} du tableau 6 de cette annexe nationale sont au minimum vérifiées. L'épaisseur de mortier à mettre en œuvre est conforme aux prescriptions du fabricant de mortier.

⁽⁶⁾ En Région wallonne : <http://energie.wallonie.be>, en Région de Bruxelles-Capitale : <http://www.bruxellesenvironnement.be> et, en Région flamande : <http://www.energiesparen.be>.



**Tableau 4** Valeurs assignées à γ_M selon l'annexe nationale belge de l'Eurocode 6 [11].

Matériau		γ_M	
Code	Maçonnerie constituée de :	Classe	
		S	N
A	Eléments de catégorie I avec certification produit + mortier performanciel ⁽¹⁾ avec certification produit supplémentaire	2,0	2,5
B	Eléments de catégorie I sans certification produit supplémentaire + tout mortier	2,3	2,8
C	Eléments de catégorie II ⁽²⁾ + tout mortier	3,0	3,5

(¹) Les prescriptions relatives aux mortiers performanciels sont données dans les normes NBN EN 998-2 [1] et NBN EN 1996-2 (Eurocode 6, partie 2) [12].
(²) Si une garantie peut être donnée quant au fait que le coefficient de variation de la résistance à la compression de l'élément n'est pas supérieur à 25 %, les valeurs à assigner à γ_M sont respectivement de 2,5 et 3,0 pour les classes 'S' et 'N'.

dépend, en outre, des caractéristiques de l'élément de maçonnerie).

D'une manière générale, de un, plus mince est le joint de mortier par rapport à la hauteur de l'élément de maçonnerie, plus faible sera son influence, et, de deux, plus faible est la masse volumique du mortier, plus faible (favorable) sera sa conductivité thermique. Il peut donc être opportun de choisir un mortier de type 'T' d'épaisseur adéquate ou un mortier de type 'L' (allégé).

4.1.6 SYNTHÈSE

En maçonnerie portante, on recherche principalement un rôle structurel (voire thermique) en faveur de la maçonnerie. Dans l'Eurocode 6, toutes les valeurs par défaut ('tabulées') des résistances caractéristiques ou de paramètres permettant de calculer les résistances (compression, cisaillement, flexion) font la distinction entre les trois types de mortier : 'G', 'T' et 'L'.

D'une manière très générale, la résistance de la maçonnerie est plus favorable s'il est fait usage de mortiers de type 'T', à condition qu'ils soient mis en œuvre en épaisseur de 0,5 à 3 mm en relation avec le comportement en compression. Les coefficients de sécurité à assigner aux performances mécaniques de la maçonnerie sont plus favorables lorsque la maçonnerie est confectionnée dans les conditions d'une classe d'exécution 'S' et au moyen d'un mortier performanciel avec certification supplémentaire du produit (marque BENOR).

Ces considérations sont synthétisées dans le tableau 5 (p. 6).

Les éléments en béton cellulaire et en silico-calcaire sont principalement encollés avec des joints très minces de l'ordre de quelques millimètres. Ces techniques sont actuellement également utilisées pour les autres types d'éléments porteurs faisant usage de mortier de type 'T' de 0,5 à 3 mm d'épaisseur. Atteindre des épaisseurs si fines requiert l'usage d'éléments de maçonnerie caractérisés par des tolérances dimensionnelles les plus sévères. Les blocs de terre cuite ou de béton sont très fréquemment maçonnerés avec du mortier d'usage courant (G).

**Fig. 7** Maçonnerie traditionnelle en éléments de terre cuite (joints : 10-12 mm).**Fig. 8** Maçonnerie traditionnelle en éléments de béton (joints : 10-12 mm).**Fig. 9** Maçonnerie en éléments de terre cuite montée à joints minces (joints : 0,5-3 mm).**Fig. 10** Maçonnerie en éléments de béton cellulaire montée à joints minces (joints : 0,5-3 mm).**Fig. 11** Maçonnerie en éléments de béton léger montée à joints minces (joints : 0,5-3 mm).**Fig. 12** Maçonnerie en éléments de silico-calcaire montée à joints minces (joints : 0,5-3 mm).

Tableau 5 Types et choix d'un mortier en fonction de la performance (mécanique et/ou thermique) recherchée (*).

Performance recherchée de la maçonnerie : la résistance	Type de mortier (selon la norme NBN EN 998-2)	Formules ou valeurs tabulées	Commentaires
Compression f_k	G (1), L (1)	$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$ [11, 21, 22] f_k augmente avec f_m (non-linéairement). Conditions restrictives sur f_m : • pour 'G' : $f_m \leq 20$ N/mm ² et $f_m \leq 2 f_b$ • pour 'L' : $f_m \leq 10$ N/mm ² . Conditions restrictives sur f_b : • pour 'G' : $f_b \leq 75$ N/mm ² .	Selon [11], on a, d'une manière générale : f_k ('T') $\geq f_k$ ('G') $\geq f_k$ ('L') (sauf pour f_b très grand, ± 75 N/mm ² , en raison des limites sur f_b pour l'usage des formules).
	T (1)	$f_k = K f_b^\alpha$ [11, 21, 22] f_k indépendant de f_m . Condition restrictive sur f_b : • $f_b \leq 50$ N/mm ² .	Méthode expérimentale : la norme NBN EN 1052-1.
Modules d'élasticité E et $E_{\text{long term}}$	G, T, L	Module d'élasticité sécant à court terme (sous sollicitations de service) : $E = 1000 f_k$. Module d'élasticité sécant à long terme : $E_{\text{long term}} = E/(1+\phi_\infty)$ où ϕ_∞ est le coefficient de fluage ultime (compris entre 0,5 et 3 en fonction de l'élément constitutif).	Plus la maçonnerie est résistante en compression, plus elle est 'rigide' (E et $E_{\text{long term}}$ élevés). Méthode expérimentale : la norme NBN EN 1052-1.
Flexion f_{xk1} et f_{xk2}	G,L,T (2)	Valeurs par défaut (tabulées) [11] (il convient que f_{xk2} ne soit pas supérieure à la résistance à la flexion de l'élément de maçonnerie).	Selon [11], on a d'une manière générale : f_{xk1} et f_{xk2} ('T') $\geq f_{xk1}$ et f_{xk2} ('G') $\geq f_{xk1}$ et f_{xk2} ('L'). Méthode expérimentale : la norme NBN EN 1052-2.
Cisaillement f_{vk0}	G, L, T	Valeurs par défaut (tabulées) [10]. Valeurs par défaut selon la norme NBN EN 998-2 : • G, L : 0,15 N/mm ² • T : 0,30 N/mm ²	Selon [10], on a d'une manière générale : • $f_m \geq 2,5$ N/mm ² : f_{vk0} ('T') $\geq f_{vk0}$ ('G') $\geq f_{vk0}$ ('L') • $f_m < 2,5$ N/mm ² : f_{vk0} ('T') $\geq f_{vk0}$ ('L') $\geq f_{vk0}$ ('G'). Méthode expérimentale : la norme NBN EN 1052-3.
Coefficients de sécurité γ_M	G, L, T	Valeurs par défaut (tabulées) [11]. Dépendent des niveaux d'attestation et de certification des matériaux ainsi que de la classe d'exécution 'N' ou 'S'.	Plus favorables lorsque la maçonnerie est érigée dans les conditions d'une classe d'exécution 'S' et au moyen d'un mortier performant avec certification produit supplémentaire (marque BENOR).
Résistance thermique R_D	G, L, T	Formules et valeurs tabulées [9]. La résistance thermique de la maçonnerie dépend de la masse volumique et de l'épaisseur du joint de mortier (en plus de dépendre de l'élément de maçonnerie).	• plus mince est le joint de mortier, plus faible sera son influence (cf. mortier 'T') • plus faible est la masse volumique du mortier, plus faible (favorable) sera sa conductivité thermique (cf. mortier 'L'). Méthode expérimentale : la norme NBN EN 1745.

(1) L'épaisseur réelle du mortier mis en œuvre est pour 'G' de 6 à 15 mm (3 à 6 mm) ; pour 'L' de 6 à 15 mm également et pour 'T' de 0,5 à 3 mm (avec mention explicite que l'épaisseur réelle du mortier mis en œuvre est couverte par l'usage (cf. la documentation technique du producteur de mortier).

(2) 'T' = 'mortier-colle' selon la norme NBN EN 1996-1-1 ANB.

(*) Légende des symboles utilisés dans ce tableau :

- f_b : résistance à la compression normalisée de l'élément de maçonnerie [N/mm²]
- f_m : résistance à la compression moyenne du mortier de maçonnerie [N/mm²]
- f_k : résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie [N/mm²]
- K, α, β : fonctions du groupe et du type d'éléments de maçonnerie, du mortier et du remplissage de joint (cf. [11])
- E : Module d'élasticité sécant à court terme de la maçonnerie [N/mm²]
- $E_{\text{long term}}$: Module d'élasticité sécant à long terme de la maçonnerie [N/mm²]
- f_{xk1} : résistance caractéristique à la flexion de la maçonnerie dont le plan de rupture est parallèle au lit de pose [N/mm²]
- f_{xk2} : résistance caractéristique à la flexion de la maçonnerie dont le plan de rupture est perpendiculaire au lit de pose [N/mm²]
- f_{vk0} : résistance caractéristique initiale au cisaillement [N/mm²]
- f_k ou f_{xk1} ou f_{xk2} ou f_{vk0} ('T' ou 'G' ou 'L') : f_k ou f_{xk1} ou f_{xk2} ou f_{vk0} relative à une maçonnerie montée avec un mortier de type 'T' ou 'G' ou 'L'
- γ_M : coefficient partiel de sécurité sur la maçonnerie [-]
- λ_D ou R_D : valeur déclarée de la conductivité thermique ou de la résistance thermique du matériau.

4.2 SUR LA BASE DE CRITÈRES ESTHÉTIQUES

Il s'agit ici principalement des maçonneries de parement. L'esthétique du parement et l'épaisseur souhaitée des joints constituent généralement le critère principal pour le choix d'un type de mortier de maçonnerie combiné à un type d'élément de maçonnerie. Différents aspects sont possibles et nécessitent l'usage d'un mortier approprié (cf. tableau 6, p. 8).

4.2.1 MAÇONNERIE 'TRADITIONNELLE'

Afin d'obtenir l'esthétique d'une maçonnerie 'traditionnelle' (cas 1), on utilisera un mortier de type 'G' comme mortier de pose (performantiel ou spécifié sur la base de sa composition). Les mortiers de pose 'G' spécifiés selon leur composition et les mortiers dosés *in situ* ont un caractère plus plastique lorsqu'ils contiennent une part de chaux. Ils peuvent, selon l'expérience, être moins sensibles à la fissuration induite par les mouvements de la

façade, par exemple.

L'aspect esthétique des joints est obtenu par un jointoyage adéquat au moyen d'un mortier de type 'G' (cas 1). Ce dernier assure en principe également la protection du mortier de maçonnerie sous-jacent. Il peut être réalisé soit 'en montant' (au moment du maçonnerie, dès que la prise du mortier de pose est suffisante), mais cette technique n'est pas recommandée, soit *a posteriori* (on parle de 'rejointoyage'), c'est-à-dire après 'grattage' du mortier de pose pas encore totalement durci. La profondeur du mortier de jointoiment doit être suffisante (minimum 10 mm et maximum 15 % de l'épaisseur du mur^(?)) et réalisée après un temps d'attente suffisant. Ce mortier peut éventuellement être pigmenté (coloré dans la masse) pour obtenir l'effet esthétique recherché.

4.2.2 MAÇONNERIE À JOINTS MINCES

Dans le cas de maçonneries à joints minces

(cas 2, 3 et 4), le rejointoyage n'est habituellement pas envisagé, ceci n'étant, en outre, pratiquement pas réalisable pour des joints d'épaisseur inférieure à 8 mm.

Un point sensible réside dans la difficulté à rattraper les éventuels écarts de dimensions des éléments de maçonnerie. Un calepinage particulier (contrôle des tolérances dimensionnelles) devra donc être établi avant exécution.

La technique de l'encollage à joints minces des maçonneries de parement a connu une forte croissance en Belgique dès les années 2000 (cas 4). La couche de mortier-colle est appliquée à l'aide d'un pistolet, d'une poche à douille ou, éventuellement, d'une truelle afin d'obtenir une épaisseur de 3 à 6 mm (voire de 2 à 7 mm). Ce type de maçonnerie fait usage de mortiers spécifiquement formulés pour être mis en œuvre dans de telles épaisseurs, pour obtenir une adhérence améliorée et, en général, pour obtenir plus rapidement les caractéristiques mécaniques escomptées. L'applicabi-

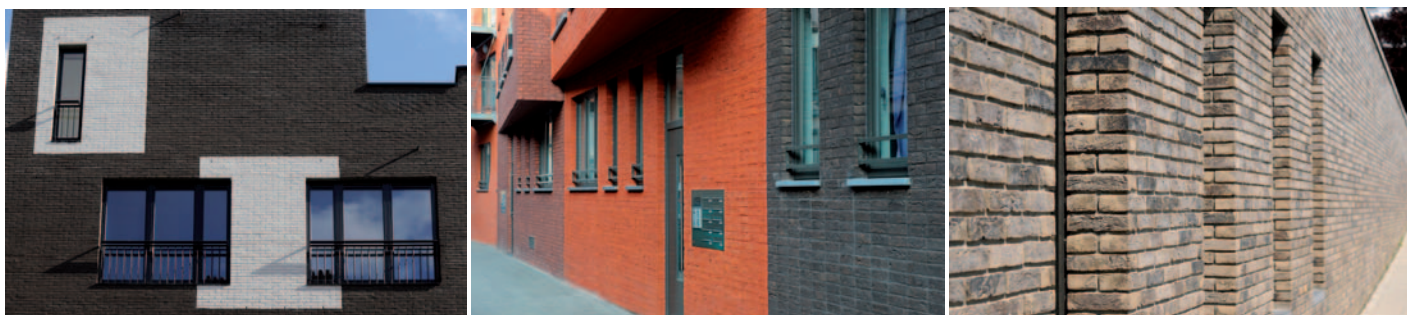


Fig. 13, 14 et 15 Exemples de maçonneries constituées d'éléments en terre cuite.



Fig. 16 Exemple de maçonnerie constituée d'éléments en béton.

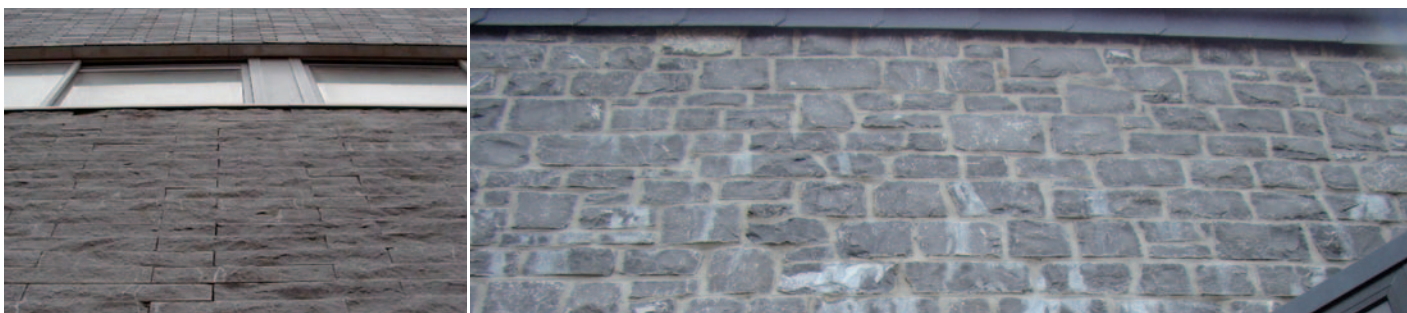


Fig. 17 et 18 Exemples de maçonneries en pierre naturelle.

(?) De plus, il n'est pas permis en maçonnerie portante, sans vérification, de gratter les joints sur une profondeur qui dépasse 30 % de la valeur absolue de l'épaisseur combinée de l'élément de maçonnerie.

Tableau 6 Types et choix d'un mortier en fonction de l'esthétique recherchée.

Cas	Ordre de grandeur de l'épaisseur du joint souhaitée visuellement	Performance d'adhérence améliorée souhaitée (en général)	Épaisseur réelle du mortier mis en œuvre	Type de mortier à choisir	Dénomination 'commune' de la maçonnerie
1	± 10 à 12 mm	NON	10 à 12 mm	'G' (pour des joints de 10 à 12 mm ⁽²⁾)	'Traditionnelle' (avec jointoyage)
2	± 4 mm	NON	10 à 12 mm ⁽¹⁾		'Traditionnelle à joints minces' (sans jointoyage)
3	± 4 à 8 mm	NON	4 à 8 mm	'G' (pour des joints de 4 à 8 mm ⁽²⁾)	'Collées à joints minces' (sans jointoyage)
4	± 3 à 6 mm (2 à 7 mm)	OUI	3 à 6 mm (2 à 7 mm)	'T' (pour des joints de 3 à 6 mm ⁽²⁾)	'Collées à joints minces' (sans jointoyage)

Remarque : le cas 1 ainsi qu'une maçonnerie à joints minces de 0,5 à 3 mm d'épaisseur répondant aux performances requises pour assurer un rôle porteur (cf. tableau 1, p. 1) permettent aussi de conférer un rôle esthétique à une maçonnerie portante visible de l'intérieur. Rappelons que dans ce cas, la nécessité de l'étanchéité à l'air de la paroi implique des dispositions adaptées généralement sous la forme d'un cimentage de la face du mur porteur côté extérieur (côté coulisse dans le cas d'un mur double).

⁽¹⁾ Nécessité d'utiliser des éléments de forme spécifique (cf. figure 19).

⁽²⁾ Avec mention explicite que l'épaisseur réelle du mortier mis en œuvre est couverte par l'usage (cf. la documentation technique du producteur de mortier).

lité de cette technique dépend également des tolérances de fabrication des briques ou blocs de maçonnerie comme précisé dans les articles 'Maçonnerie de briques collées' (cf. [Les Dossiers du CSTC 2004/4.3](#)) et 'L'aspect fonctionnel avant tout (cf. [Les Dossiers du CSTC 2010/1.5](#)). Lorsque le donneur d'ordre choisit une brique pour son aspect très irrégulier (forme et arêtes), il est irréaliste d'exiger un joint régulier et très mince.

Plus récemment sont apparus des mortiers d'usage courant formulés pour être appliqués en épaisseur de l'ordre de 4 à 8 mm (cas 3). Ils sont parfois appelés 'mortier de joint mince' par les producteurs, ce qui peut engendrer une confusion.

Plus récemment encore, les éléments de maçonnerie ont vu leur forme se développer afin de donner l'aspect esthétique d'une maçonnerie de parement à joints minces (± 4 mm) tout en utilisant un mortier d'usage courant, et

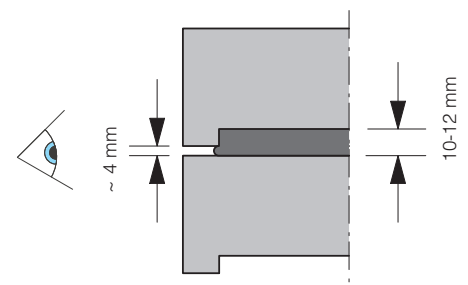
donc, sans caractéristique spéciale, en épaisseur de l'ordre de 10 à 12 mm (cas 2).

5 LA NORMALISATION FUTURE

Nous avons pu constater à maintes reprises une confusion en ce qui concerne les 'maçonneries collées' et les 'maçonneries à joints minces'. Or, afin de choisir un type de mortier correspondant aux performances (maçonnerie portante en particulier) ou à l'esthétique (maçonnerie de parement en particulier) recherchées, la bonne clarté des informations disponibles est nécessaire (documents normatifs et fiches techniques des produits).

Nous pensons pouvoir dire que des dénominations plus claires devraient être envisagées dans le futur. A l'instar des dénominations pour les colles à carrelages et sur la base également de l'approche de la marque BENOR, les types de mortier (y compris l'épaisseur

Fig. 19 Exemple d'un élément de forme spécifique pour la maçonnerie traditionnelle à joints minces.



mise en œuvre) et leurs performances les plus pertinentes pourraient être décrits sur la base du tableau 7, par exemple. Ces dénominations ne feraient plus appel aux types 'G', 'T' et 'L' définis actuellement de manière ambiguë et seraient plus aisément utilisables dans l'Eurocode 6. Le tableau 8 montre quelques exemples concrets.

Tableau 7 Exemples de descriptions plus claires des performances pertinentes envisageables dans le futur.

Caractéristiques	Déclaration obligatoire pour les mortiers performanciers		Déclaration optionnelle pour les mortiers performanciers	
	Performance en compression Caractéristique 'M'	Épaisseur du mortier mis en œuvre Caractéristique 'T'	Adhérence Caractéristique 'C' ⁽²⁾	Masse volumique Caractéristique 'L'
Symbole	M_f ⁽¹⁾	$T_{0,5-3} / T_{3-6} / T_{4-8} / T_{8-12} / T_{12-15}$	C	L1, pour $600 \leq$ masse volumique ≤ 800 kg/m ³ L2, pour $800 <$ masse volumique ≤ 1300 kg/m ³

⁽¹⁾ f_m est la résistance à la compression moyenne du mortier selon la norme NBN EN 1015-11 [4].
⁽²⁾ Avec mention de la nature et du groupe d'éléments de maçonnerie visés.

Tableau 8 Exemples de dénominations pouvant être envisagées dans le futur.

Mortier d'usage courant dont $f_m = 15$ N/mm ² , sans caractéristique particulière, et dont l'épaisseur nominale mis en œuvre est d'environ 8 à 12 mm	M15 T_{8-12}
Mortier de joints minces dont $f_m = 20$ N/mm ² , avec adhérence améliorée, et dont l'épaisseur nominale mis en œuvre est d'environ 0,5 à 3 mm	M20 $T_{0,5-3}$ C
Mortier allégé de masse volumique comprise en 800 et 1300 kg/m ³ , dont $f_m = 5$ N/mm ² et dont l'épaisseur nominale mis en œuvre est d'environ 8 à 12 mm	M5 T_{8-12} L ₂



6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Pour tous les types de mortier, il est rappelé et recommandé de suivre les préconisations d'usage de leur fabricant (quantité d'eau de gâchage, temps de malaxage et d'attente, épaisseur et technique de mise en œuvre, éléments

'compatibles', conditions climatiques de mise en œuvre, usage selon le type,) basées sur les considérations évoquées.

Le choix du mortier, à effectuer notamment en fonction des spécificités de l'élément de maçonnerie (type, forme, caractéristiques),

peut contribuer à l'aspect esthétique et aux performances mécaniques et thermiques de la maçonnerie par le biais de ses caractéristiques (résistance à la compression, adhérence à l'élément de maçonnerie, densité), mais aussi de son épaisseur mise en œuvre. ■



Fig. 20 Maçonnerie traditionnelle. Éléments en terre cuite (cas 1).



Fig. 21 Maçonnerie traditionnelle rejointoyée avec un mortier pigmenté. Éléments en terre cuite (cas 1).



Fig. 22 et 23 Maçonneries traditionnelles. Éléments en béton (cas 1).



Fig. 24 Maçonnerie traditionnelle. Éléments en pierre naturelle (cas 1).



Fig. 25 Maçonnerie collée à joints minces. Brique en terre cuite régulière (cas 1).



Fig. 26 Maçonnerie traditionnelle avec un type de briques irrégulières (irréaliste de spécifier un joint d'épaisseur régulière et trop mince) (cas 1).



Fig. 27 Maçonnerie collée à joints minces avec un type de briques irrégulières (irréaliste de spécifier un joint d'épaisseur régulière et trop mince) (cas 4).





Fig. 28, 29 et 30 Maçonneries collées à joints minces. Éléments en terre cuite (cas 4).



Fig. 31 Maçonnerie collée à joints minces. Éléments en pierre naturelle (cas 4).

BIBLIOGRAPHIE

1. Bureau de normalisation
NBN EN 998-2 Définitions et spécifications des mortiers pour maçonnerie. Partie 2 : mortiers de montage des éléments de maçonnerie. Bruxelles, NBN, 2010.
2. Bureau de normalisation
NBN EN 1015-7 Méthode d'essai des mortiers pour maçonnerie. Partie 7 : détermination de la teneur en air du mortier frais. Bruxelles, NBN, 1998.
3. Bureau de normalisation
NBN EN 1015-9 Méthode d'essai des mortiers pour maçonnerie. Partie 9 : détermination de la période d'ouvrabilité et du temps ouvert du mortier frais. Bruxelles, NBN, 1999.
4. Bureau de normalisation
NBN EN 1015-11 Méthode d'essai des mortiers pour maçonnerie. Partie 11 : détermination de la résistance à la flexion et à la compression du mortier durci. Bruxelles, NBN, 1999.
5. Bureau de normalisation
NBN EN 1015-18 Méthode d'essai des mortiers pour maçonnerie. Partie 18 : détermination du coefficient d'absorption d'eau par capillarité des mortiers. Bruxelles, NBN, 2003.
6. Bureau de normalisation
NBN EN 1052-1 Méthode d'essai de la maçonnerie. Partie 1 : détermination de la résistance à la compression. Bruxelles, NBN, 1998.
7. Bureau de normalisation
NBN EN 1052-2 Méthode d'essai de la maçonnerie. Partie 2 : détermination de la résistance à la flexion. Bruxelles, NBN, 1999.
8. Bureau de normalisation
NBN EN 1052-3 Méthode d'essai de la maçonnerie. Partie 3 : détermination de la résistance initiale au cisaillement. Bruxelles, NBN, 2002.
9. Bureau de normalisation
NBN EN 1745 Maçonnerie et éléments de maçonnerie. Détermination des valeurs thermiques de calcul. Bruxelles, NBN, 2002.
10. Bureau de normalisation
NBN EN 1996-1-1 Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 1-1 : règles communes pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée. Bruxelles, NBN, 2006.
11. Bureau de normalisation
NBN EN 1996-1-1 ANB Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 1-1 : règles communes pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée. Annexe nationale. Bruxelles, NBN, 2010.
12. Bureau de normalisation
NBN EN 1996-2 Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries. Bruxelles, NBN, 2006.
13. Bureau de normalisation
NBN EN 1996-2 AC Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries. Bruxelles, NBN, 2009.



14. Bureau de normalisation
NBN EN 1996-2 ANB Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries. Annexe nationale. Bruxelles, NBN, 2010.
15. Centre national de recherches scientifiques et techniques pour l'industrie cimentière
TRA 651 Mortier de maçonnerie selon la NBN EN 998-2 et mortier de jointoyage de performance complémentaire selon la CUR-Aanbeveling 61. Bruxelles, CRIC, Règlement d'application, n° 651, 2005.
16. Centre scientifique et technique de la construction
Jointoiment des maçonneries. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n° 208, 1998.
17. Centre scientifique et technique de la construction
Tolérances dans la construction. Gros œuvre. L'aspect fonctionnel avant tout. Bruxelles, CSTC, Les Dossiers du CSTC, n°1, Cahier n° 5, 2010.
18. Grégoire Y.
Compressive strength of masonry according to Eurocode 6: a contribution to the study of the influence of shape factors. 7th International Masonry Conference, Londres, 2006.
19. Grégoire Y. et De Bueger C.
Maçonnerie de briques 'collées'. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, Les Dossiers du CSTC, n° 4, Cahier n° 3, 2004.
20. Nederlands Normalisatie Instituut
NEN 6790 Technische grondslagen voor bouwconstructies. TGB 1990. Steenconstructies. Basiseisen en bepalingsmethoden. Delft, NEN, 2005.
21. Smits A. et Grégoire Y.
Spécifications européennes sur la résistance en compression des produits de maçonnerie. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, Les Dossiers du CSTC, n° 4, Cahier n° 3, 2009.
22. Smits A. et Grégoire Y.
Résistance en compression de la maçonnerie. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, Les Dossiers du CSTC, n° 3, Cahier n° 2, 2010.