Canadian Concrete Masonry Producers' Association
Physical Properties

4.1 Codes et normes

Au Canada, la norme sur les matériaux utilisée pour spécifier les éléments de maçonnerie en béton est la série de normes CSA A165, « *Normes CSA sur les éléments de maçonnerie en béton* ». Cette série comprend trois normes :

- CSA A165.1, « *Éléments de maçonnerie en bloc de béton* »;
- CSA A165.2, « *Briques en béton* »;
- CSA A165.3, « *Éléments de maçonnerie en béton glacés* ».

La série CSA A165 est une norme consensuelle rédigée sous les auspices de l'Association canadienne de normalisation, un organisme d'élaboration de normes (OEN) accrédité par le Conseil canadien des normes.

Pour les bâtiments conçus conformément à la partie 9 du Code national du bâtiment du Canada (CNB) (et aux codes provinciaux du bâtiment pour lesquels le CNB est modélisé), la série CSA A165 est citée directement en référence dans les sections 9.15 et 9.20 comme norme sur les matériaux appropriée pour les éléments de maçonnerie en béton.

Pour les bâtiments conçus conformément à la partie 4 du CNB (y compris les parties 3, 5 et 6), le chemin de références n'est pas aussi évident. La partie 4, « *Calcul des ouvrages* », renvoie à la norme CSA S304.1, « *Calcul des ouvrages en maçonnerie* », comme norme pour le calcul de la maçonnerie ordinaire et armée. La norme CSA S304.1 exige que les matériaux utilisés dans la construction en maçonnerie soient conformes à la norme CSA A371, « *Maçonnerie des bâtiments* ». Conformément à la norme CSA A371, les éléments de maçonnerie en béton doivent être conformes à la série de normes CSA A165, ce qui complète le lien de référence. La série CSA A165 est conforme aux objectifs et aux intentions du Code national du bâtiment du Canada.

La série CSA A165 est essentiellement une norme autonome sur les matériaux, qui ne fait référence qu'aux normes consensuelles supplémentaires suivantes :

1. pour les matériaux liants utilisés dans la fabrication des composants :
    a. Ciments : CSA-A3001, « *Liants utilisés dans le béton* »;
    b. Chaux : ASTM C207, « *Standard Specification for Hydrated Lime for Masonry Purposes* »;
2. pour les agrégats inclus dans les éléments de maçonnerie en béton standard :
    a. ASTM C331, « *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units* »;
    b. CSA-A23.1, « *Béton : constituants et exécution des travaux* »;
3. pour l'échantillonnage et les essais des éléments de maçonnerie en béton :
    a. ASTM C 140, « *Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units* »;

b. ASTM C 426, « *Standard Test Method for Linear Drying Shrinkage of Concrete Masonry Units* ».

La norme CSA A165.1, « *Éléments de maçonnerie en bloc de béton* », contient un ensemble d'exigences minimales pour les éléments de maçonnerie en bloc de béton convenant aux applications porteuses et non porteuses. Il s'agit d'une norme basée sur la performance, qui ne spécifie ni la méthode de fabrication, ni les contenus spécifiques de matériaux et les formules de dosage pour les éléments nécessaires pour atteindre la performance requise.

La norme CSA A165.1 identifie un ensemble restreint, mais complet, de caractéristiques types dont on sait qu'elles influencent de façon marquée la conception et la construction de la maçonnerie en bloc de béton et qu'elles ont une incidence sur la performance structurale de la maçonnerie en bloc de béton construite et sur sa durabilité. Elle identifie quatre caractéristiques physiques, et les classifie plus précisément ou spécifie des exigences minimales pour chacune d'elles. Ces caractéristiques sont :

1. la matière;
2. la résistance en compression prescrite;
3. le type de béton (densité et absorption);
4. la teneur en humidité maximale.

Les utilisateurs s'attendent parfois à ce que les caractéristiques de la maçonnerie en bloc de béton construite, qui sont souvent importantes pour la conception des bâtiments et des éléments, soient contenues dans la norme A165.1. Ces considérations de performance comprennent généralement :

1. la résistance au feu;
2. le contrôle acoustique;
3. la résistance aux charges environnementales.

Les exigences relatives à ces considérations n'entrent pas dans le cadre de la norme A165.1. Les exigences légales en la matière sont plutôt contenues dans les codes provinciaux du bâtiment, qui s'inspirent largement de ceux du Code national du bâtiment du Canada (modèle). Pour chacune de ces considérations de conception, d'autres chapitres de ce manuel traitent de la performance de la maçonnerie en bloc de béton et de l'effet de l'élément en bloc de béton sur la performance de la maçonnerie. Les exigences en matière de performance thermique ne sont pas contenues dans le CNB, mais sont imposées par certains codes provinciaux du bâtiment. Les exigences provinciales en matière d'énergie sont généralement fondées sur le Code national de l'énergie pour les bâtiments, ou sur la norme ASHRAE 90.1, ou sur les deux.

Le chapitre 4 du présent manuel portera exclusivement sur les éléments de maçonnerie en bloc de béton et sur la norme CSA A165.1.

4.2 CSA A165.1, Éléments de maçonnerie en bloc de béton

4.2.1 Caractéristiques physiques d'un élément de maçonnerie

Quatre caractéristiques physiques pour un élément de maçonnerie en bloc de béton sont identifiées par la norme CSA A165.1 :

1. la matière;
2. la résistance en compression prescrite;
3. le type de béton (densité et absorption);
4. la teneur en humidité maximale.

Selon la norme, ces quatre caractéristiques servent de base à la classification d'un élément de maçonnerie en bloc de béton, ainsi qu'à la description et à la spécification d'un élément à l'aide d'un système de désignation par facette. Ce système simple et très efficace de spécification des éléments de maçonnerie en bloc de béton est présenté et décrit dans la section 4.2.3. La section 4.2.1 présente une discussion introductive sur chacune de ces quatre caractéristiques physiques, ainsi que la justification du système de désignation par facette.

Les propriétés physiques utilisées par le fabricant pour classer un élément de maçonnerie en bloc de béton doivent :
(a) être représentatives des caractéristiques physiques de l'élément au moment de son expédition du lieu de fabrication;
(b) être établies par un laboratoire indépendant à l'aide des procédures d'essai identifiées par la norme CSA A165.1;
(c) être conformes aux exigences du tableau 1 de la norme CSA A165.1.

4.2.1.1 Matière

Les éléments de maçonnerie en bloc de béton sont classés en fonction de leur matière et identifiés comme étant *creux*, *demi-pleins* ou *pleins*.

La norme utilise la *section transversale brute* et la *section transversale nette* d'un élément comme base pour déterminer la classification de l'élément par cette propriété. Les deux sont clairement définies par la norme A165.1 et les normes CSA connexes sur la maçonnerie.

La *section transversale brute* d'un élément est la superficie de la maçonnerie sur un plan parallèle à la surface d'appui de l'élément, comme le montre la figure 4.1. Elle peut être facilement déterminée en multipliant simplement la largeur (réelle) x la longueur (réelle) de l'élément. La *section transversale brute* d'un élément est également utilisée dans la conception empirique (structurale) de la maçonnerie, selon la norme CSA S304.1. Elle n'est pas utilisée par la méthode de calcul aux états limites de la norme S304.1.

La *section transversale nette* d'un élément est la superficie pleine de la maçonnerie dans *tout* plan parallèle à la surface d'appui de l'élément, comme le montre la figure 4.1. Dans le cas d'éléments dont les âmes et les parois de face sont coniques, la section transversale nette d'un élément diffère à chaque coupe horizontale sur la hauteur de l'élément.

Un *élément creux* a une section transversale nette, dans tout plan parallèle à la surface d'appui, inférieure à 75 % de la section transversale brute mesurée dans le même plan. Pour les éléments ayant des âmes et des parois de face effilées, la plus petite section transversale nette se trouve dans le plan qui comprend les plus petites épaisseurs d'âme et de paroi de face, c'est-à-dire la « face supérieure telle que fabriquée » ou la « face inférieure telle que posée » de l'élément.

Un *élément demi-plein* a une section transversale nette dans *tous* les plans parallèles à la surface d'appui d'au moins 75 %, et inférieure à 100 %, de la section transversale brute mesurée dans le même plan.

Un *élément plein* a une section transversale nette dans *tous* les plans parallèles à la surface d'appui de 100 % de la section transversale brute mesurée dans le même plan.

Le terme « *section transversale nette moyenne* » est également utilisé dans la norme CSA A165.1 et dans d'autres normes CSA sur la maçonnerie, notamment la norme S304.1. Il est entièrement destiné à différer du terme *section transversale nette*. Pour clarifier leurs utilisations :

(a) Étant donné que les éléments autres que les éléments *pleins* ont des âmes et des parois de face coniques, la *section transversale nette* d'un élément varie avec chaque section horizontale le long de la hauteur de l'élément. Selon la norme A165.1, la *section transversale nette* d'un élément est utilisée exclusivement pour classer l'élément comme étant *creux*, *demi-plein* ou *plein*, et spécifiquement pour cette utilisation, il s'agit de la plus petite *section transversale nette* de l'élément. La *section transversale nette* n'est *pas* utilisée pour déterminer la *matière* d'un élément. En effet, la *matière* d'un élément est calculée à partir de la *section transversale nette moyenne*. À cet égard, la propriété physique de la *matière* utilisée dans la norme CSA A165.1 pour classer un élément de maçonnerie en béton pourrait être appelée de façon plus appropriée « section transversale nette minimale ».

(b) Conformément à la norme CSA A165.1, la *section transversale nette moyenne* d'un élément est calculée à partir du volume net de l'élément, généralement établi par des essais de déplacement d'eau selon la norme ASTM C140. [*Le volume net (et donc la densité) de certains éléments de maçonnerie en bloc de béton de type C ou D (décrits à la section 4.2.1.3) ne peut être déterminé avec précision par la procédure d'essai ASTM C140. Elle surestimera la densité de ces éléments. Au lieu d'utiliser la norme ASTM C140, le volume net peut être établi à l'aide d'un produit de remplissage constitué*

de grenaille d'acier ou de plomb dont le diamètre ne dépasse pas 2 mm. En outre, au lieu d'utiliser la norme ASTM C140 ou d'utiliser un produit de remplissage sphérique pour établir le volume unitaire, on peut utiliser les empreintes de moule disponibles auprès du fabricant du moule utilisé pour produire l'élément. L'empreinte du moule indiquera le volume et la matière de l'élément de maçonnerie produit à partir de ce moule].

La *section transversale nette moyenne* d'un élément est calculée comme suit :

Section transversale nette moyenne = volume net (réel)/hauteur (réelle)

Il est à noter que la *section transversale nette moyenne* est approximativement égale à la *section transversale nette* mesurée à mi-hauteur de l'élément.

La *section transversale nette moyenne* sert également de base pour déterminer la *résistance en compression prescrite* d'un élément, qui, selon la norme CSA S304.1, est fréquemment utilisée pour établir la résistance à la compression prescrite de la maçonnerie, f'_m, construite avec l'élément. Elle est également utilisée pour calculer la *matière* de l'élément afin de déterminer la cote de résistance au feu de la maçonnerie en bloc de béton. La résistance au feu et la conception empirique de la maçonnerie sont abordées dans les chapitres 5 et 8, respectivement, de ce manuel.

L'*épaisseur équivalente*, t_{ET}, d'un élément de maçonnerie en béton est l'épaisseur moyenne de la masse solide dans l'élément. En d'autres termes, il s'agit de la largeur résultante d'un élément de maçonnerie en bloc de béton si toute sa masse était coulée dans un élément sans vides ayant la même surface frontale (figure 4.2). Elle est calculée comme suit :

t_{ET} =*(section transversale nette moyenne)*/[longueur (réelle) x hauteur (réelle)]

La *matière* d'un élément (ou *% solide*) exprime l'épaisseur équivalente d'un élément de maçonnerie en bloc de béton en tant que pourcentage de la largeur (réelle) de l'élément, ou de manière similaire, puisque la surface frontale reste inchangée, en tant que rapport entre le volume net et le volume brut (figure 4.2) (volume brut = largeur réelle x hauteur réelle x longueur réelle). D'où,

t_{ET} = *% solide* x largeur (réelle)
ou,
% solide = t_{ET}/largeur (réelle) = volume net/volume brut

De façon pratique, la *matière*, ou autrement, l'*épaisseur équivalente* d'un élément de maçonnerie en bloc de béton est généralement fournie au concepteur par le producteur de cet élément. Cependant, il est parfois nécessaire de faire une conversion entre les deux.

Exemple 1 : Détermination de l'épaisseur équivalente d'un élément
Le *% solide* d'un élément de maçonnerie en bloc de béton *creux* de 200 mm est de 55 %. Sa largeur mesurée (réelle) est enregistrée comme étant de 190 mm. Calculer l'*épaisseur équivalente* de l'élément.

Solution :

Épaisseur équivalente = t_{ET} = *% solide* x largeur (réelle) = 0,55 x 190 mm = 104,5 mm

Exemple 2 : Détermination du % solide d'un élément
Le *volume net* et le *volume brut* d'un élément de maçonnerie en bloc de béton *demi-plein* de 150 mm sont déterminés par un essai utilisant la norme ASTM C140. Ils sont enregistrés comme 8,443 x 10^6 mm^3 et 10,296 x 10^6 mm^3, respectivement. Calculer le *% solide* de l'élément :

Solution :

% solide = volume net/volume brut = 8,443 x 10^6 mm^3/10,296 x 10^6 mm^3 = 0,82 = 82 %

Les *éléments creux* sont les éléments les plus couramment utilisés pour la maçonnerie ordinaire et armée en raison du nombre réduit de matériaux inclus dans la fabrication, du poids réduit de l'élément et de la maçonnerie construite, de la facilité de manipulation et de pose, de la facilité de mise en place des armatures et du coulis, et d'une économie généralement améliorée. En général, les éléments creux ont une teneur en matières solides de l'ordre de 50 à 70 %. La limite inférieure de 50 % résulte essentiellement des limites imposées par la norme CSA A165.1 (voir la section 3.2.2) sur l'épaisseur de l'âme et de la paroi de face. Les éléments creux les plus couramment utilisés ont une teneur en matières solides de 50 à 60 %. Ces teneurs en matières solides relativement faibles sont généralement suffisantes pour respecter les coefficients de transmission du son et les cotes de résistance au feu minimums exigés par le Code du bâtiment pour les assemblages de murs soumis à une utilisation spécifique.

Les *éléments demi-pleins* permettent d'augmenter l'épaisseur des âmes et des parois de face, ce qui a pour effet d'accroître la teneur en matières et, par conséquent, l'aire de pose du mortier (pour le calcul des ouvrages conformément à la norme CSA S304.1, cela signifie que la *section transversale effective,* A_e, et le *moment d'inertie*, I_o, sont plus grands). Les éléments demi-pleins peuvent être choisis pour la construction de maçonnerie ordinaire au lieu d'éléments de maçonnerie creux qui devraient autrement être entièrement ou partiellement jointoyés, ou dont les cellules seraient remplies de matériaux lâches comme la vermiculite ou la perlite, selon les besoins :

a. augmenter la capacité de charge verticale et la résistance aux charges latérales;
b. améliorer le rendement en matière de son ou d'incendie; ou,

c. résister aux dommages mécaniques (et améliorer la protection des biens et des personnes).

Un élément de maçonnerie individuel, comme un mur ou une colonne, est généralement conçu et entièrement construit à l'aide d'éléments creux ou demi-pleins. Il est à noter que la norme CSA A371, « *Maçonnerie des bâtiments* », exige des éléments demi-pleins ou pleins dans une application de placage.

Les *éléments pleins* sont beaucoup moins souvent utilisés que les éléments creux ou les éléments demi-pleins. En outre, à l'exception des applications de placage, les éléments de maçonnerie ne sont pas souvent construits entièrement en éléments pleins. Ces éléments servent plutôt à compléter une construction de maçonnerie creuse ou demi-pleine à des endroits de l'élément de maçonnerie où une construction pleine est nécessaire, mais le remplissage des cellules de l'élément avec du coulis comme moyen d'y parvenir n'est pas souhaité. Par exemple, cela peut se produire (a) le long d'un rang porteur lorsque l'élément construit dans lequel les éléments pleins doivent être inclus est autrement non armé (ordinaire) et non jointoyé; (b) au niveau des couches de l'élément où il faut empêcher la circulation verticale de l'air à travers les cellules des éléments creux ou demi-pleins; (c) au niveau des couches où sont placés les boulons d'ancrage forés; ou (d) le long de la couche supérieure d'un élément où les éléments sont exposés à la vue et doivent être finis, ou une résistance accrue à la pénétration de l'eau est nécessaire.

4.2.1.2 Résistance en compression prescrite d'un élément de maçonnerie

4.2.1.2.1 Utilisation et importance

Calcul des ouvrages

Les éléments de maçonnerie en bloc de béton sont classés en fonction de leur *résistance en compression prescrite*.

La résistance en compression des éléments de maçonnerie en bloc de béton varie principalement en fonction de la teneur en ciment et en agrégats, et du type d'agrégats. Typiquement, les résistances unitaires en compression à 28 jours peuvent aller de 15 MPa à 40 MPa. La disponibilité de cette large gamme de résistances unitaires garantit l'utilisation économique de la maçonnerie en béton dans un grand nombre d'applications.

La *résistance en compression prescrite de la maçonnerie*, f'_m, est considérée la caractéristique la plus importante pour le calcul des ouvrages en maçonnerie. Elle s'apparente à la résistance en compression prescrite du béton, f'_c, utilisée pour le calcul des éléments et des structures en béton. Dans la norme S304.1, la norme canadienne du calcul des ouvrages en maçonnerie, la résistance en compression prescrite de la maçonnerie est liée par le calcul à d'autres caractéristiques et comportements techniques critiques sur lesquels repose la conception de la

maçonnerie, notamment la résistance au cisaillement de la maçonnerie, le module d'élasticité, la rigidité, l'aptitude au service et l'encastrement des barres d'armature.

La résistance en compression prescrite de la maçonnerie, f'_m, ne doit pas être confondue avec la résistance en compression prescrite d'un élément de maçonnerie en béton. La résistance en compression d'un assemblage de maçonnerie dépend des propriétés et des caractéristiques combinées des matériaux/composants individuels utilisés dans sa construction, notamment le mortier, le coulis et l'élément de maçonnerie, ainsi que de leurs configurations. La résistance de l'assemblage de maçonnerie est généralement inférieure à la résistance de ses composants individuels. Et bien que les relations soient complexes, il existe des relations très claires et fonctionnelles. La résistance en compression de la maçonnerie et le comportement qui en résulte peuvent être prédits de manière appropriée et fiable en utilisant simplement le type de mortier, la résistance en compression prescrite de l'élément et la présence de coulis dans l'assemblage. Les effets de la qualité générale d'exécution des travaux sur la résistance de la maçonnerie sont connus et contrôlés lorsque la maçonnerie est construite conformément à la norme CSA A371, « *Maçonnerie des bâtiments* ».

Le choix de la valeur f'_m par les concepteurs peut varier selon les structures. Cependant, pour une structure ou un élément de maçonnerie particulier, c'est cette résistance minimale en compression de la maçonnerie sur laquelle les calculs de conception structurale sont basés et sur laquelle le concepteur structurel s'appuie. Par conséquent, le concept de base, et l'attente nécessaire du concepteur, est que la résistance de la maçonnerie telle qu'elle est construite respecte ou dépasse la résistance en compression prescrite pour la maçonnerie dans les documents de construction. Et en effet, la propriété du matériau sur laquelle on compte le plus pour obtenir la résistance en compression prescrite de la maçonnerie est la résistance en compression prescrite de l'élément de maçonnerie en bloc de béton. La norme CSA S304.1 offre deux voies de conformité pour établir la résistance en compression prescrite de la maçonnerie, f'_m, soit : (a) la méthode « Élément et mortier » et (b) la méthode « Prisme ».

En utilisant la méthode « Élément et mortier », la résistance en compression prescrite de la maçonnerie en bloc de béton, f'_m, est présentée dans la norme CSA S304.1 en fonction : (a) de la résistance en compression prescrite de l'élément de béton; (b) du type de mortier prévu pour être utilisé dans la conception (type N ou S); et (c) du fait que la maçonnerie est creuse (ni pleine ni jointoyée) :

Résistance en compression prescrite, f'_m, maçonnerie en bloc de béton (adapté de la réf. 6)

Specified compressive strength of unit (average net area)*, MPa	Type S mortar		Type N mortar	
	Hollow	Solid† or grouted	Hollow	Solid† or grouted
40 or more	22	17	14	10.5
30	17.5	13.5	12	9
20	13	10	10	7.5
15	9.8	7.5	8	6
10	6.5	5	6	4.5

Pour la maçonnerie construite, un concepteur peut choisir parmi des résistances en compression spécifiées incrémentielles de 10, 15, 20, 30 ou plus de 40 MPa (commodément offertes et classées sous la norme A165.1 par les producteurs d'éléments de béton), et deux types de mortier, soit S ou N. Par exemple, une résistance en compression prescrite de f'_m = 9,8 MPa serait utilisée pour le calcul de la maçonnerie en bloc de béton creux construite avec un mortier de type S et des éléments de maçonnerie en bloc de béton ayant une résistance en compression prescrite d'au moins 15 MPa. Les valeurs présentées sont nécessairement conservatrices et représentent la limite inférieure des données de recherche rapportées. Ce tableau permet au concepteur de structures d'établir rapidement une résistance en compression de conception (prescrite) pour la maçonnerie, et de spécifier facilement et de façon prescriptive les matériaux constitutifs de la maçonnerie qui, lorsqu'ils sont construits conformément aux exigences des normes CSA complémentaires sur la maçonnerie, permettront d'obtenir la résistance en compression requise pour la maçonnerie. Pendant des décennies, ces données ont été utilisées de manière sûre et efficace pour la calcul des ouvrages en maçonnerie.

En examinant les données du tableau, quelques relations très utiles apparaissent rapidement :

1. Le type de mortier (et donc la résistance en compression du mortier) a peu d'incidence sur la résistance en compression prescrite pour les éléments de maçonnerie en bloc de béton creux et jointoyés. Selon la norme CSA A179, « *Mortier et coulis pour la maçonnerie d'éléments* », les résistances en compression minimales requises sur le terrain pour les mortiers de type N et de type S sont respectivement de 3,5 MPa et de 8,5 MPa. Pour la maçonnerie creuse construite avec des blocs de béton ayant une résistance en compression prescrite de 15 MPa, en utilisant les données du tableau, on constate qu'une augmentation de la résistance du mortier de 3,5 MPa (type N) à 8,5 MPa (type S) n'augmente que marginalement la résistance en compression prescrite de la maçonnerie, f'_m, de 8 MPa à 9,8 MPa. Une diminution de 60 % de la résistance en compression du mortier entraîne une réduction de la résistance de la maçonnerie de seulement 18 % environ.

2. La résistance du coulis a si peu d'importance sur la résistance en compression de la maçonnerie que, pour le calcul, la norme S304.1 ne reconnaît pas une augmentation de la résistance en compression de la maçonnerie, f'_m, avec une augmentation de la résistance

du coulis; une telle relation n'est pas proposée dans la norme pour considération. Des résistances à la compression du coulis de l'ordre de 10 à 12,5 MPa, considérées comme relativement « faibles » par la pratique du béton, sont reconnues par les normes A179 et S304.1 comme suffisantes et acceptables. Dans le calcul des ouvrages de maçonnerie, le remplissage complet des vides destinés à être remplis est plus important pour le rendement structural qu'une résistance élevée à la compression du coulis (bien sûr, le coulis augmente la section utile de la maçonnerie, ce qui augmente sa résistance à la charge).

3. La résistance des blocs a une incidence importante sur la résistance en compression de la maçonnerie et, à l'exception des éléments à très haute résistance (> 30 MPa), il existe une relation directe et linéaire entre ces deux caractéristiques. Lorsque la résistance en compression prescrite de l'élément en béton augmente de 15 MPa à 20 MPa (augmentation de 33 % de la résistance des blocs), la résistance de la maçonnerie utilisant le mortier de type S augmente : (a) pour la maçonnerie creuse, de 9,8 MPa à 13 MPa (33 %), et (b) pour la maçonnerie entièrement jointoyée, de 7,5 MPa à 10 MPa (33 %). D'après les données présentées, lorsque la résistance des blocs double, il en va de même pour la résistance en compression de la maçonnerie.

Selon la norme S304.1, le concepteur peut utiliser la méthode « Prisme » pour établir la résistance en compression prescrite de la maçonnerie, f'_m, comme solution de rechange à la méthode « Élément et mortier ». Par cette méthode, avant de commencer le calcul des ouvrages, de petits assemblages de maçonnerie appelés prismes sont testés en compression avec des matériaux destinés à la construction. Pour une résistance en compression prescrite d'un élément de maçonnerie en béton et un type de mortier donnés, l'essai des prismes augmente invariablement la résistance en compression de la maçonnerie de conception au-dessus de celle qui est prévue pour être utilisée par la méthode « Élément et mortier ». Malgré cet avantage, cette méthode est rarement utilisée en raison du coût élevé des essais et de la programmation, mais elle est récompensée par l'économie de la conception. Pour obtenir la résistance en compression prescrite de la maçonnerie souhaitée en utilisant cette méthode, la construction nécessitera l'utilisation d'éléments de béton ayant une résistance en compression prescrite non inférieure à la résistance en compression prescrite des éléments utilisés lors des essais.

Durabilité

Outre son importance dans le calcul de la structure visant les ouvrages en maçonnerie, la résistance en compression d'un élément de maçonnerie en bloc de béton est également utilisée comme mesure de la durabilité de l'élément. Dans des conditions d'exposition sévères où les éléments sont saturés ou presque saturés d'eau, et soumis simultanément à des températures de gel et de dégel cycliques répétées, les constituants de béton sont potentiellement susceptibles de se détériorer en raison de l'expansion par le gel de l'eau à l'intérieur des vides de l'élément. L'exposition simultanée aux sels de déglaçage exacerbera ce potentiel.

On sait que la résistance d'un élément de maçonnerie à ces types de détérioration est liée à un certain nombre de caractéristiques de l'élément, notamment sa teneur en air et en vides de compactage, sa densité, sa résistance en compression, son absorption sur 24 heures, etc. Parmi celles-ci, la résistance en compression, ou d'autres caractéristiques liées à la résistance en compression présente une forte corrélation avec la résistance. Les éléments offrant une résistance en compression élevée avec de faibles taux d'absorption présentent une meilleure résistance dans des conditions d'exposition sévères.

Pour que des risques de dommages se produisent, des conditions cycliques de gel et de dégel et une source constante d'humidité doivent être présentes. Pour les structures typiques de maçonnerie en bloc de béton, les surfaces verticales sont rarement exposées à des conditions aussi sévères. Au Canada, les éléments ayant une résistance en compression d'au moins 15 MPa ont fait leurs preuves sur le terrain lorsqu'ils sont utilisés avec des stratégies de gestion de l'eau appropriées et de bons détails.

4.2.1.2.2 Échantillonnage et essai de résistance en compression de l'élément

La norme CSA A165.1 fait référence à la norme ASTM C140 comme méthode d'essai normalisée pour déterminer la résistance en compression d'un élément. Par cette méthode, les éléments complets ou les échantillons coupés à la scie sont séchés à la température et à l'humidité relative ambiantes, recouverts sur leurs surfaces d'assise avec des matériaux de fixation à haute résistance conformément à la norme ASTM C 1552, « *Standard Practice for Capping Concrete Masonry units, Related Units, and Masonry Prisms for Compression Testing* », et testés jusqu'à la rupture sous compression concentrique. Les spécimens coupés à la scie, au lieu des échantillons complets, sont utilisés lorsqu'un élément de maçonnerie en béton autre que standard est testé (un échantillon ayant une taille ou une forme inhabituelle), ou lorsque la capacité de la machine d'essai risque d'être dépassée.

La *résistance en compression de la section nette* d'un échantillon est basée sur la *section nette moyenne* du spécimen et la charge maximale qu'il supporte pendant l'essai, P_{max}. La résistance est calculée en utilisant le principe d'ingénierie simple de la charge/section :

> *Résistance en compression de la section nette* = P_{max}/*(section nette moyenne* de l'échantillon)

4.2.1.2.3 Détermination de la résistance en compression prescrite d'un élément de maçonnerie en bloc de béton selon la norme CSA A165.1

La *résistance en compression prescrite* d'un élément de maçonnerie en bloc de béton est établie par le producteur de cet élément, et est basée sur des essais directs du produit et un calcul ultérieur utilisant les résultats des essais effectués. Elle peut être communiquée directement au

concepteur de structures pour un projet de construction particulier ou, plus souvent, elle est indiquée dans la documentation technique publiée par le producteur.

Le concepteur de structures est rarement amené à effectuer les calculs nécessaires pour établir la résistance en compression prescrite d'un élément. Cependant, il peut être nécessaire de comprendre la base de sa dérivation pour un projet spécifique. Par exemple, les essais et les calculs visant à établir la résistance en compression prescrite d'un élément peuvent être effectués par le concepteur lorsque la résistance en compression prescrite de la maçonnerie, f'_m, est déterminée à l'aide de la méthode de prisme selon la norme CSA S304.1. Le personnel des laboratoires d'essai doit comprendre à la fois les procédures d'essai et de calcul.

Dans le processus de conception, la *résistance en compression prescrite* d'un élément de maçonnerie est censée être établie avant d'entreprendre le calcul des ouvrages en maçonnerie. Pour cette raison, et pour assurer une disponibilité immédiate pour le concepteur, le producteur de l'élément de maçonnerie en béton (pré)établit la résistance en compression prescrite pour les matériaux de maçonnerie dans son inventaire.

Les échantillons sélectionnés pour les essais de compression sont considérés comme représentatifs du *lot* d'éléments, c'est-à-dire comme représentatifs de la population des éléments. Le terme *lot* désigne un nombre quelconque d'éléments de n'importe quelle configuration ou dimension fabriqués à l'aide des mêmes matériaux, de la même formule de dosage du béton, du même procédé de fabrication et de la même méthode de cure. Selon la norme CSA A165.1, pour établir la *résistance en compression prescrite* d'un *lot*, au moins cinq échantillons doivent être mis à l'essai, et au moins 10 échantillons doivent être mis à l'essai si le coefficient de variation des résultats des essais dépasse 15 %. De cette manière, la norme CSA A165.1 diffère de la norme ASTM C140, cette dernière n'exigeant que 3 échantillons. En général, les résistances en compression des éléments de maçonnerie prélevés dans le même *lot* présentent un coefficient de variation nettement inférieur à 15 %, et généralement inférieur à environ 5 %.

Conformément à la théorie structurale de calcul aux états limites sur laquelle repose la norme CSA S304.1, il faut limiter la probabilité d'utilisation de matériaux à résistance insuffisante dans la construction. L'objectif de la norme CSA A165.1 est d'obtenir une résistance en compression pour l'élément de maçonnerie qui dépassera la *résistance en compression prescrite* dans 95 % des cas.

Le calcul pour déterminer la *résistance en compression prescrite* d'un *lot* d'éléments est basé sur une distribution normale réduite, dans laquelle la surface sous cette courbe de distribution représente la probabilité d'occurrence. La surface complète sous la courbe est de 1,0 (unitisée), et la probabilité que la résistance en compression d'un élément dépasse sa résistance moyenne rapportée moins 1,64 écart-type (1,64 s) est de 0,95 (95 %), c'est-à-dire que la surface unitisée sous la courbe représentant les résistances supérieures à cette résistance moyenne statistiquement réduite est de 0,95. Cette situation est illustrée à la figure 4.3.

À la lumière de ce qui précède, la *résistance en compression prescrite* d'un élément de maçonnerie en béton, adaptée à l'utilisation du calcul aux états limites et basée sur des essais conformes à la norme ASTM C140, est calculée comme suit :

$$f'_{bl} = f_{av}(1-1.64v) = f_{av} - 1.64s$$

where

f'_{bl} = specified compressive strength, MPa
f_{av} = mean compressive strength of the test results, MPa
v = coefficient of variation = s/f_{av}

$$s = \text{standard deviation} = \sqrt{\frac{\Sigma(x-x_m)^2}{n-1}}$$

where

x = an individual test result
$x_m = f_{av}$ = mean (average) of individual test results
n = number of masonry units tested

Exemple 3 : Calcul de la résistance en compression prescrite des éléments de maçonnerie en bloc de béton

Un laboratoire d'essai effectue des essais de résistance en compression pour le contrôle de la qualité de l'usine. Il détermine que cinq échantillons d'essai d'éléments de maçonnerie en bloc de béton ont des résistances moyennes à la compression de section nette de :

1. 11,58 MPa
2. 13,65 MPa
3. 15,51 MPa
4. 10,23 MPa
5. 12,16 MPa

Conformément à la norme CSA A165.1, calculer la résistance en compression prescrite des éléments.

Solution :

$f_{av} = x_m$ = résistance moyenne en compression des résultats des essais
$f_{av} = x_m = (11,58 + 13,65 + 15,51 + 10,23 + 12,16)/n = 63,13 \text{ MPa}/5$
$f_{av} = x_m = 12,63$ MPa

s = écart-type

$$s = \sqrt{\frac{(11,58 - 12,63)^2 + (13,63 - 12,63)^2 + (15,51 - 12,63)^2 + (10,23 - 12,63)^2 + (12,16 - 12,63)^2}{(5 - 1)}}$$

s = 2,02 MPa

v = coefficient de variation = s/f_{av} = 2,02 MPa/12,63 MPa = 0,16 = 16 %

Le coefficient de variation dépasse 15 %, par conséquent la résistance en compression prescrite de l'élément ne peut être déterminée à partir des résultats des essais disponibles. Un total de dix échantillons d'essai est donc nécessaire pour calculer la résistance en compression prescrite.

Exemple 4 : Calcul de la résistance en compression prescrite des éléments de maçonnerie en bloc de béton

Cinq échantillons d'essai d'éléments de maçonnerie en bloc de béton présentent des résistances en compression de section nette moyenne de :

1. 11,58 MPa
2. 12,15 MPa
3. 11,36 MPa
4. 10,98 MPa
5. 11,63 MPa

Conformément à la norme CSA A165.1, calculer la résistance en compression prescrite des éléments.

Solution :

$f_{av} = x_m$ = résistance moyenne en compression des résultats des essais

$f_{av} = x_m = (11,58 + 12,15 + 11,36 + 10,98 + 11,63)/n = 57,7$ MPa/5

$f_{av} = x_m$ = 11,54 MPa

s = écart-type

$$s = \sqrt{\frac{(11,58 - 11,54)^2 + (12,15 - 11,54)^2 + (11,36 - 11,54)^2 + (10,98 - 11,54)^2 + (11,63 - 11,54)^2}{(5 - 1)}}$$

s = 0,43 MPa

v = coefficient de variation = s/f_{av} = 0,43 MPa/11,54 MPa = 0,63 = 3,7 %

f'_{bl} = résistance en compression prescrite = f_{av} - 1,64 s = 11,54 - (1,64 x 0,43)

f'_{bl} = 10,8 MPa

La résistance en compression prescrite des éléments est de 10,8 MPa.

4.2.1.2.4 Fréquence des essais et détermination de la résistance en compression de l'élément

Essais de production

La *résistance en compression prescrite* d'un *lot* est déterminée périodiquement par le fabricant pendant la production de l'élément. La fréquence requise des essais par un laboratoire indépendant engagé par le producteur est prescrite dans la norme ASTM C140. De plus, la norme CSA A165.1 détermine la fréquence des essais par un laboratoire indépendant à au moins une fois par an. Dans le cadre d'une stratégie complémentaire visant à s'assurer que les résistances en compression minimales sont atteintes pendant la production, et à fournir des garanties continues d'uniformité et d'acceptabilité des éléments fabriqués selon ce dosage du mélange, les fabricants d'éléments de maçonnerie en bloc de béton devraient maintenir des programmes de contrôle de la qualité internes et continus qui comprennent des essais en usine des éléments pour déterminer leur résistance en compression.

Lorsque des éléments « spéciaux » sont produits en utilisant les mêmes matériaux, le même dosage du mélange, les mêmes procédés de production et la même cure que pour les éléments standard, c'est-à-dire que les éléments spéciaux et les éléments standard proviennent du même lot, les éléments spéciaux sont généralement considérés comme ayant les mêmes caractéristiques des matériaux (résistance en compression, densité, absorption, retrait linéaire au séchage) que celles de l'élément standard. Toutefois, la résistance en compression de l'élément spécial lui-même peut différer de celle de l'élément standard en raison d'une configuration physique différente.

Essais pendant la construction

Alors que les procédures requises par la norme CSA A165.1 sont utilisées pour déterminer la *résistance en compression prescrite* de l'élément de maçonnerie, elles ne sont pas les procédures utilisées pour vérifier la conformité de la résistance du produit, sur place, pendant la construction.

Les exigences d'essai pour vérifier la résistance en compression des éléments pendant la construction sont contenues dans la norme CSA S304.1. Elles sont destinées à être séparées et distinctes des exigences d'essai avant construction (production) respectées par les producteurs dans la norme CSA A165.1.

Comme les essais avant construction, les essais effectués sur place pour la résistance en compression utilisent les procédures d'échantillonnage et d'essai de la norme ASTM C140. Cependant, contrairement aux essais avant construction, une « résistance en compression prescrite » des éléments échantillonnés n'est pas calculée. Pour établir la conformité, la résistance en compression moyenne de cinq échantillons d'essai ne doit pas être inférieure à la résistance en compression prescrite. De plus, aucun résultat d'essai individuel ne peut être inférieur à 85 % de la résistance en compression prescrite de l'élément.

Exemple 5 : Établir la conformité pendant la construction pour la résistance en compression

Cinq éléments de maçonnerie en bloc de béton sont échantillonnés sur un chantier de construction. Les échantillons d'essai présentent des résistances à la compression de section nette moyenne de :

1. 15,78 MPa
2. 16,32 MPa
3. 16,85 MPa
4. 15,13 MPa
5. 12,57 MPa

La résistance en compression prescrite pour les éléments est de 15 MPa. À l'aide des exigences énoncées dans la norme CSA S304.1, déterminer si ces éléments satisfont à la spécification de résistance.

Solution :

$f_{av} = x_m = (15{,}78 + 16{,}32 + 16{,}85 + 15{,}13 + 12{,}57)/n = 76{,}65 \text{ MPa}/5$
$f_{av} = 15{,}33 \text{ MPa}$
$x_5 = 12{,}57/15{,}0 = 0{,}838$

Alors que la résistance en compression moyenne des cinq échantillons dépasse la résistance en compression prescrite de 15 MPa, la résistance de l'échantillon 5 est inférieure à 85 % de la résistance en compression prescrite. Par conséquent, ces éléments ne sont pas conformes aux spécifications.

Les exigences relatives à la fréquence des essais en cours de construction sont également contenues dans la norme CSA S304.1. De plus, selon la norme S304.1, les essais de contrôle des éléments sur place peuvent être supprimés à la discrétion du concepteur lorsque la résistance en compression prescrite pour les éléments utilisés dans la conception de la maçonnerie n'est pas supérieure à 15 MPa. Cette résistance en compression prescrite est utilisée pour la grande majorité des constructions au Canada.

4.2.1.2.5 Identification visuelle de la résistance en compression prescrite d'un élément

Dans de nombreuses régions du Canada, il est courant de placer des « autocollants » sur l'emballage rétractable des palettes de blocs pour indiquer la taille des blocs, la résistance en compression prescrite et toute autre propriété importante propre à l'élément. Cela permet d'identifier facilement les stocks dans la cour d'entreposage du producteur et de s'assurer que les bons éléments sont expédiés sur le chantier de construction.

Sur le chantier, après la dépalettisation des éléments, il n'est pas possible d'identifier visuellement la résistance en compression d'un élément de maçonnerie en béton sans marquage individuel. Un élément de 15 MPa et un élément de 25 MPa peuvent sembler identiques.

En marquant individuellement chaque bloc, on augmente la probabilité que la résistance en compression prescrite de l'élément installé soit correctement adaptée par le maçon à la résistance en compression prescrite de l'élément requis pour l'élément de maçonnerie. Les éléments à haute résistance seront installés dans les éléments de maçonnerie qui doivent être équipés d'éléments à haute résistance, ce qui est particulièrement important lorsque des éléments à résistance mixte sont utilisés sur un chantier pour des raisons d'économie de conception et de construction.

À cette fin, la norme CSA A165.1 exige le marquage individuel des éléments de maçonnerie en bloc de béton. Chaque élément ayant une résistance en compression prescrite supérieure à 15 MPa doit avoir sa résistance identifiée sur une ou plusieurs de ses surfaces. L'inspection et la vérification sur place sont simplifiées et économisées. Les éléments de 15 MPa sont les éléments standard pour la conception et la construction et sont exclus de cette exigence.

Bien que le marquage des éléments n'ait pas été normalisé dans la norme CSA A165.1, les producteurs membres de l'ACPMB utilisent le système d'identification illustré à la figure 4.4.

4.2.1.3 Type de béton

Les éléments de maçonnerie en bloc de béton sont classés selon leur *type de béton*, qui est lié à leur densité et à leur absorption.

Densité unitaire

Le type de béton est établi en connaissant la *densité à l'état sec* du béton utilisé dans la fabrication d'un élément. La densité à l'état sec est déterminée par un essai conforme à la norme ASTM C140. Le *type de béton* pourrait être autrement et de façon plus appropriée appelé *classification de la densité* dans la norme CSA A165.1. Ainsi, il ne serait plus nécessaire de différencier le « type de béton » utilisé par la norme CSA A165.1 de ce même terme, mais de cette propriété (légèrement) différente utilisée par le Code national du bâtiment du Canada pour établir le degré de résistance au feu des blocs de maçonnerie et du béton (chapitre 5).

La norme CSA A165.1 identifie quantitativement (essentiellement) quatre types de béton (ou classifications de densité), cependant, dans la pratique de la construction, ces types de béton sont plus simplement identifiés par leur nom, comme suit :

Type de béton	Densité du béton	Nom commun en construction
A	Plus de 2 000 kg/m^3	« Normal »
B	1 800 à 2 000 kg/m^3	« Moyen »
C	1 700 à 1 800 kg/m^3	« Moyen » ou « mi-léger »

D	Moins de 1 700 kg/m^3	« Léger »
N	Aucune limite	--

Le type de béton est le résultat direct du type de granulat utilisé dans la fabrication de l'élément. En fait, les termes courants « normal » et « léger » sont dérivés de la densité des agrégats. En général, le sable et le gravier et la pierre concassée sont utilisés comme agrégats de poids normal, et le schiste et l'argile expansés ou d'autres matériaux naturels sont utilisés comme agrégats légers. Les éléments de poids moyen sont produits en utilisant divers mélanges de ces agrégats légers et de poids normal. Les spécifications pour les agrégats sont couvertes par la norme CAN/CSA A23.1 pour les matériaux de poids normal et C331 pour les matériaux légers.

Le document Tek 2-6, « *Density-Related Properties of Concrete Masonry Assemblies* » de la NCMA est un excellent traité sur les diverses propriétés des éléments et de la maçonnerie influencées par la densité des éléments, et fournit des références pour des lectures supplémentaires. Il est important de noter qu'à quelques exceptions près, les diverses classifications de la *résistance en compression prescrite* dans la norme A165.1 peuvent toutes être satisfaites par des produits de poids normal, moyen et léger en ajustant le dosage du mélange. La densité des éléments de maçonnerie en bloc de béton plus légers augmente généralement avec la résistance en compression. Les éléments de maçonnerie en bloc de béton dont la résistance prescrite est supérieure à 20 MPa peuvent ne pas être disponibles dans le béton de type C et D.

L'utilisation d'un type de granulat particulier par un fabricant dépend localement de sa disponibilité. Les éléments de poids normal sont couramment utilisés par les fabricants de blocs de l'est du Canada, tandis que les éléments légers sont typiques de l'ouest du pays. Les éléments de poids moyen produits au Canada se situent généralement dans la catégorie de densité de 1 700 à 1 800 kg/m^3, mais ce n'est pas le cas pour toutes les régions. Le choix de la densité par le concepteur dépend de la disponibilité et des caractéristiques requises pour la maçonnerie. Le choix est rarement lié à l'obtention d'une certaine résistance en compression prescrite, et est le plus souvent lié aux exigences en matière de contrôle du feu et du bruit (voir les chapitres 5 et 7 de ce manuel; pour une densité donnée, la masse solide d'un élément peut être modifiée afin de répondre aux exigences en matière de feu et de bruit). Le concepteur doit communiquer avec les producteurs locaux pour connaître leur disponibilité avant de spécifier un type de béton particulier.

Le poids individuel d'un élément de maçonnerie en béton est influencé par son type de béton et son volume net [= largeur (réelle) x matière].

En général, les fabricants fournissent des renseignements sur les densités et les poids exacts de leurs produits.

Absorption de l'élément

Selon la norme A165.1, une absorption d'eau maximale admissible est attribuée à chaque type de béton. L'absorption est déterminée par un essai conforme à la norme ASTM C140, et est calculée à partir de la différence de poids par élément de volume entre les éléments saturés et les éléments secs. Il s'agit d'une mesure de l'eau totale absorbée par un élément après 24 heures d'immersion (avec une pression de refoulement nominale), et par conséquent, c'est une mesure des vides (volume des pores accessibles) dans le volume net du béton, y compris les vides dans le granulat lui-même.

L'absorption sur 24 heures diffère du taux d'absorption (ou taux d'absorption initial), qui est une propriété mesurée par un essai normalisé pour les éléments en terre cuite. Il n'existe pas d'essai normalisé de ce type pour les matériaux de maçonnerie en béton.

Selon la norme CSA A165.1, les limites d'absorption maximales suivantes sont attribuées à chaque densité de béton :

Type de béton	Densité du béton	Nom commun en construction
A	Plus de 2 000 kg/m^3	175 kg/m^3
B	1 800 à 2 000 kg/m^3	200 kg/m^3
C	1 700 à 1 800 kg/m^3	225 kg/m^3
D	Moins de 1 700 kg/m^3	300 kg/m^3
N	Aucune limite	Aucune limite

Ces limites sont liées à une mesure du compactage de l'élément pendant la fabrication et à son espace vide. L'essai d'absorption mesure les vides dans les granulats eux-mêmes ainsi que dans la pâte de ciment autour. Étant donné que les agrégats légers contiennent plus d'espace vide que les agrégats de poids normal, une classification de densité inférieure est autorisée à avoir une valeur d'absorption plus élevée qu'une classification de densité supérieure pour le même niveau de compactage.

L'absorption d'un élément, comme sa résistance en compression, est utilisée comme indicateur de sa résistance à la détérioration due au gel et au dégel. Au lieu d'effectuer des essais directs de gel/dégel sur les éléments, ces caractéristiques servent de prédicteurs de substitution de la résistance. Les murs de soutènement segmentaires, qui sont des éléments en ciment moulés à sec similaires aux blocs de béton et souvent fabriqués par les mêmes producteurs, sont facilement exposés à l'eau, à la neige, à la glace, au sol et au sel et sont utilisés dans des environnements nettement plus sévères que les blocs de béton inclus dans les structures des bâtiments. Les recherches menées sur le terrain et en laboratoire sur les éléments des murs de soutènement segmentaires montrent que les éléments offrant une résistance en compression élevée et une

densité élevée avec de faibles absorptions présentent généralement une meilleure résistance dans des conditions d'exposition sévères.

Les limites d'absorption sur 24 heures énoncées dans la norme A165.1 pour les éléments de maçonnerie en bloc de béton sont utilisées depuis des décennies. Les éléments conformes ont fait la preuve de leur bonne performance dans la construction de bâtiments au Canada. Cela suggère que ces limites sont effectivement inférieures aux valeurs seuils nécessaires pour les environnements d'exposition auxquels la maçonnerie en bloc de béton est généralement soumise.

Les limites d'absorption indiquées sont parfois interprétées à tort par les utilisateurs comme une mesure de la résistance à la pénétration de l'eau en service pour les éléments de maçonnerie. Les limites d'absorption plus élevées autorisées pour les éléments de maçonnerie en bloc de béton de densité inférieure ne sont en aucun cas destinées à impliquer que la maçonnerie construite avec des éléments de densité inférieure offre comparativement moins de résistance à la pénétration de l'eau.

4.2.1.4 Teneur en humidité

Les éléments de maçonnerie en bloc de béton sont classés en fonction de leur *teneur en humidité*, qui est liée à leurs caractéristiques de *retrait linéaire*.

Le béton perd ou absorbe de l'humidité en fonction des variations de la teneur en humidité ou de l'humidité relative de l'air ambiant. La pâte de ciment peut gagner en humidité et donc « gonfler », ou perdre de l'humidité et « rétrécir » avant d'atteindre un état d'équilibre sec à l'air. Il n'y aura aucune modification dimensionnelle lorsque la teneur en humidité du béton est en équilibre avec l'humidité relative du milieu environnant.

La norme ASTM C426, « *Standard Test Method for Linear Drying Shrinkage of Concrete Masonry Units* », est référencée par la norme CSA A165.1. Il s'agit de la méthode d'essai standard utilisée pour déterminer le changement total de la dimension linéaire d'un élément de maçonnerie en bloc de béton lorsqu'il sèche d'un état saturé à un poids et une longueur à sec dans des conditions de séchage accéléré. Ces conditions sont destinées à reproduire l'ensemble des conditions de séchage représentatives des environnements de service de la maçonnerie en béton au Canada. Bien entendu, aucun des deux extrêmes n'est rencontré en service. Les éléments de maçonnerie ne sont jamais livrés sur un chantier à l'état saturé, et ne pourraient d'ailleurs pas être posés dans cet état.

Si des éléments d'une humidité inacceptable sont posés dans un mur au moment de la construction, et que ce retrait inhérent est limité en service, des contraintes se développent dans la maçonnerie et peuvent provoquer des fissures, ce qui peut nuire à la performance requise de la maçonnerie. Une solution pour minimiser la probabilité de fissuration associée à la variation du volume d'humidité des éléments est d'exiger que tout le retrait des éléments, ou une partie de

celui-ci, ait lieu avant leur pose, de sorte que leur mouvement résiduel dans le mur soit limité de manière appropriée.

Comme l'humidité atmosphérique peut changer continuellement, en particulier pour les expositions extérieures, la teneur en humidité du béton est également affectée et varie constamment pour tenter de rester en équilibre. L'approche pratique pour limiter le changement de volume de l'élément une fois inclus dans un mur est de fournir des éléments de maçonnerie en béton qui sont séchés jusqu'à un niveau d'humidité en équilibre avec une humidité relative au moins aussi basse que la moyenne pour l'emplacement particulier et le service prévu. Après la pose, des taux d'humidité plus ou moins élevés peuvent alors produire quelques changements de volume et des contraintes, mais ceux-ci disparaîtront lorsque l'humidité relative reviendra à un état « normal ».

Cette solution proposée pour la variation du volume d'humidité de la maçonnerie en béton est la solution sur laquelle repose la norme CSA A165.1. Selon cette norme, le retrait linéaire des éléments de maçonnerie en bloc de béton, exprimé en pourcentage de leur longueur initiale (saturée d'humidité), est regroupé en trois classifications de retrait. Ce regroupement est quelque peu arbitraire et n'a pas pour but de suggérer des limites de retrait, ou de suggérer que les éléments ayant un retrait caractéristique plus faible sont préférables. Pour chaque classification de retrait, une limite de la teneur en humidité de l'élément est indiquée, exprimée en pourcentage de l'absorption sur 24 heures de l'élément. Les limites indiquées dans la norme CSA A165.1 dépendent de l'humidité relative (HR) de l'environnement de service prévu :

Teneurs maximales en humidité pour les éléments de maçonnerie en bloc de béton (adapté de la réf. 3)

	Teneur en humidité maximale (% de l'absorption totale)	
Retrait linéaire, %	**HR supérieure à 75 %**	**HR inférieure à 75 %**
< 0,03	45	40
0,03 à 0,045	40	35
> 0,045	35	30

Les limites de la teneur en humidité varient en fonction des caractéristiques de retrait de l'élément. Les valeurs ont été choisies pour égaliser le potentiel de retrait résiduel entre les trois classifications de retrait linéaire. Ces limites représentent la quantité nécessaire de séchage ou de préconditionnement d'un élément. Pour un environnement de service donné (HR), les éléments ayant un retrait linéaire total au séchage plus important doivent être relativement plus secs au moment de la livraison sur un chantier de construction. De même, les éléments doivent être relativement plus secs lorsqu'ils sont livrés dans des environnements de service ayant une humidité relative inférieure. À titre d'éclaircissement, l'humidité relative indiquée fait référence

en fait à l'humidité au point de fabrication de l'élément, et non à l'humidité relative sur un chantier de construction. Au Canada, les éléments sont fabriqués pour les marchés locaux, et il existe une hypothèse inhérente selon laquelle l'humidité relative au point de fabrication ne diffère pas de manière significative de l'humidité relative de l'exposition extérieure en service, par exemple.

Pour déterminer la teneur en humidité maximale admissible d'un élément de maçonnerie en bloc de béton à l'aide de la norme CSA A165.1, le fabricant doit connaître le retrait linéaire total de l'élément produit et la condition d'humidité relative moyenne au point de fabrication. Cette dernière est obtenue à partir des données sur l'humidité relative annuelle moyenne recueillies par le bureau météorologique, qui sont fréquemment déposées ou présentées sous forme de cartes à usage général par Environnement Canada. La première est déterminée par un essai utilisant la norme ASTM C426, avec un échantillonnage d'éléments et une fréquence d'essai conformes à la norme ASTM C140.

Les éléments qui satisfont aux exigences relatives à la teneur en humidité sont appelés éléments à *humidité contrôlée*, bien que ce terme ne soit pas spécifiquement défini par la norme A165.1. Ces éléments sont identifiés par le système de désignation par facette comme des éléments « M » (voir 4.2.3). Les éléments à humidité contrôlée sont généralement spécifiés par un concepteur lorsque de grandes fluctuations d'humidité et d'humidité relative sont prévues dans l'environnement de service, comme pour les expositions extérieures.

Les éléments qui ne satisfont pas nécessairement aux exigences en matière de teneur en humidité sont appelés éléments *à humidité non contrôlée*, et ils peuvent également être spécifiés par un concepteur. Ces éléments sont identifiés par le système de désignation par facette comme des éléments « O » (voir 4.2.3). Pour les cloisons intérieures et pour les parois intérieures des murs creux qui sont convenablement protégées de l'humidité extérieure par une membrane pare-air/vapeur, il n'est pas nécessaire de spécifier des éléments de contrôle de l'humidité.

Le séchage des éléments de maçonnerie en béton n'améliore pas la stabilité humidité-volume si les éléments sont mouillés avant leur utilisation. Lorsque des éléments à humidité contrôlée sont spécifiés, une protection contre la pluie et les autres sources d'humidité doit être prévue pour les éléments, à la fois par le fabricant et par le maçon, afin que la teneur en humidité préconditionnée reste relativement inchangée avant la pose des éléments.

La limitation du retrait résiduel des éléments de maçonnerie en bloc de béton n'est qu'un des nombreux moyens dont dispose un concepteur pour limiter le mouvement de la maçonnerie, et le mouvement différentiel entre la maçonnerie et les éléments adjacents. Le mouvement est le résultat d'un certain nombre de déformations agissant généralement en combinaison et n'est pas imputable au seul mouvement de retrait. Le retrait n'est pas nécessairement le principal facteur de mouvement pour un environnement de service donné. Au Canada, il est probable que les

mouvements thermiques des murs soient plus importants que les mouvements de retrait sous les expositions extérieures.

Les limites de la teneur en humidité établissent des caractéristiques de retrait prévisibles pour la maçonnerie, de sorte que la fréquence requise pour la mise en place des joints de fractionnement dans une structure peut être considérée de manière réfléchie par un concepteur. La norme CSA S304.1 fournit des directives pour le calcul des mouvements en service raisonnablement anticipés dans la maçonnerie de blocs de béton. Le document Tek 10 de la NCMA (réf. 8) propose une approche à la fois empirique et technique de la mise en place des joints de fractionnement dans les constructions de maçonnerie en bloc de béton.

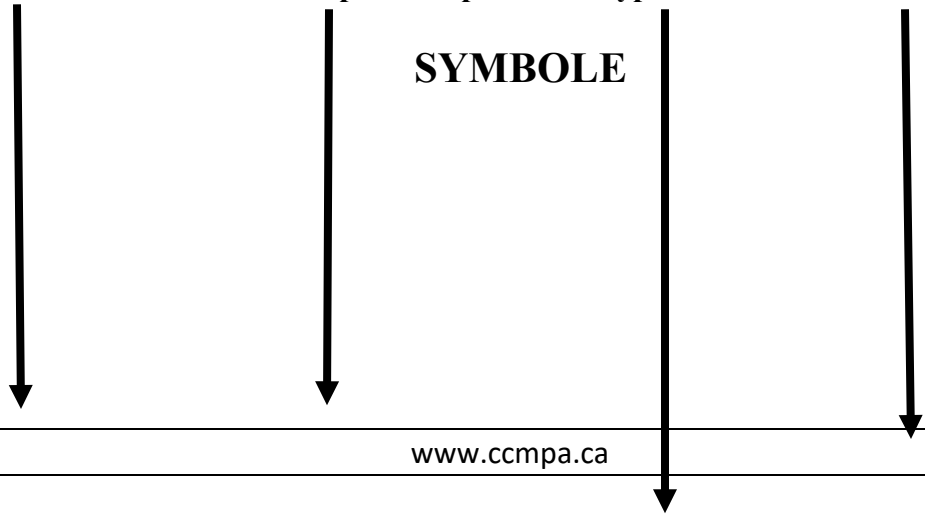
4.2.2 Le système de désignation par facette pour la spécification des éléments de maçonnerie en béton selon la norme CSA A165.1

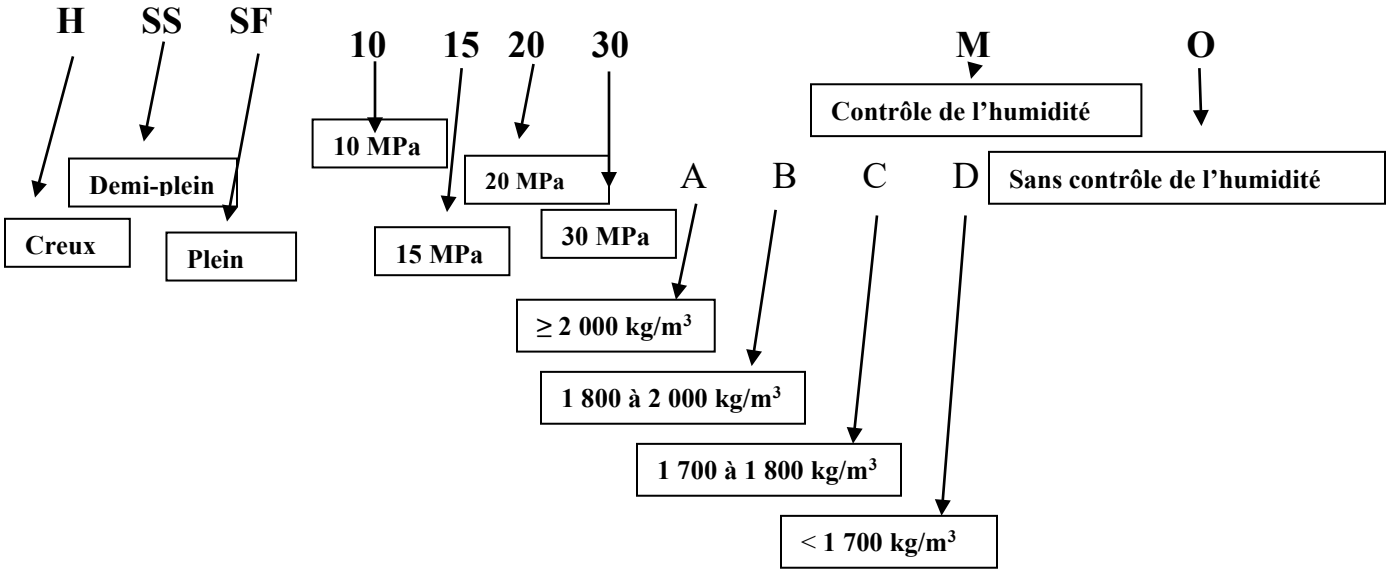
Le système de désignation par facette est unique à la série CSA A165. Il s'agit d'un moyen pratique et simple pour les utilisateurs de spécifier les caractéristiques souhaitées d'un élément de maçonnerie en bloc de béton nécessaire pour une application particulière.

Le système de désignation par facette utilise comme base chacune des quatre caractéristiques physiques identifiées dans la norme A165.1. Ces quatre caractéristiques physiques, qui comprennent (a) la matière, (b) la résistance en compression prescrite, (c) le type de béton et (d) la teneur en humidité, sont décrites en détail dans la section 4.2.1 du présent manuel. Chaque caractéristique est représentée par une facette. Chaque facette se voit attribuer différents symboles. Chaque symbole d'une facette représente une sous-propriété ou une identification particulière de l'élément. Le tableau 1 de la norme CSA A165.1, « Caractéristiques physiques », identifie la facette, le symbole et la propriété, et sert de base au système de désignation par facette. Pour démontrer son utilisation, le tableau 1 est adapté comme suit :

FACETTE (caractéristique physique)

Matière/Résistance en compression prescrite/Type de béton/Teneur en humidité





Pour classifier complètement, et donc spécifier complètement un élément de maçonnerie en bloc de béton, les quatre facettes doivent être utilisées en attribuant ce symbole à chaque caractéristique qui représente la sous-caractéristique de choix pour la conception.

Exemple 6 : Utilisation du système de désignation par facette

Spécifier un élément de maçonnerie en bloc de béton en utilisant le système de désignation par facette, ayant les caractéristiques suivantes :

- demi-plein;
- résistance en compression prescrite de 20 MPa;
- type de béton, ayant une densité comprise entre 1 700 et 1 800 kg/m^3;
- sans contrôle de l'humidité.

Solution :

SS/20/C/O

Les caractéristiques physiques spécifiées pour l'élément s'appliquent au point de fabrication et au moment de l'expédition par le fabricant.

Alors que de multiples combinaisons sont possibles dans le cadre du système de désignation par facette, un fabricant peut ne pas produire tous les éléments nécessaires pour répondre à toutes les combinaisons. Cependant, un fabricant est généralement positionné pour produire une large

gamme de produits, suffisante pour permettre à un concepteur de sélectionner un élément qui répondra à un besoin de conception particulier.

4.2.3 Caractéristiques physiques d'un élément de maçonnerie

La clause 7 de la norme CSA A165.1 impose des limites aux écarts admissibles des dimensions des éléments de maçonnerie en bloc de béton standard. Ces limites facilitent la pose des éléments, aident le maçon à construire la maçonnerie dans les tolérances appropriées identifiées dans la norme CSA A371, et contribuent à offrir une finition et un aspect esthétiques de la maçonnerie construite en limitant les facettes et les décalages entre les arêtes des éléments adjacents (dus à la fabrication des éléments).

La norme CSA A165.1 limite les tolérances dimensionnelles des éléments de maçonnerie en bloc de béton standard à :

1. Largeur : ±2 mm;
2. Hauteur : +2 mm, -3 mm
3. Longueur : ±3 mm.

Celles-ci fournissent une enveloppe de tolérance dans la taille de l'élément, à l'intérieur de laquelle des écarts de « faux équerrage et de gauchissement » et « dans les lots de travail » sont autorisés :

1. en cas de gauchissement et de faux équerrage, les variations dimensionnelles ne doivent pas dépasser 2 mm; et,
2. à l'intérieur d'un lot de travail, la variation maximale entre les éléments d'une dimension donnée ne doit pas dépasser 2 mm.

Bien que le terme « lot de travail » ne soit pas défini dans la norme CSA A165.1, il est compris comme un lot destiné à être utilisé dans le cadre d'un ouvrage (ou d'un projet) spécifique, composé d'éléments ayant la même configuration, la même matière et les mêmes dimensions nominales, y compris la couleur et le fini prévus.

En plus des limites indiquées sur les éléments standard dans un lot de travail :

(1) Pour les éléments de maçonnerie où les éléments d'un lot de travail sont nécessairement combinés avec des éléments d'un autre lot de travail, leur aptitude à l'emploi doit être évaluée. Par exemple, lorsque des éléments spéciaux doivent être inclus dans un élément de maçonnerie constitué d'éléments standard, il convient, avant de poser les éléments, de mesurer les dimensions des éléments spéciaux pour s'assurer qu'ils peuvent être utilisés avec les éléments standard.

(2) Il existe des limites pratiques au nombre d'éléments dans un lot de travail. L'approvisionnement à partir d'un lot unique ou d'un lot de travail peut ne pas être réalisable sur une période prolongée. Lorsqu'un temps considérable s'est écoulé avant la reprise des travaux sur un élément de maçonnerie partiellement construit, ou avant le début des travaux sur un élément de maçonnerie qui se raccorde à des éléments de

maçonnerie construits antérieurement, il convient, avant de poser les éléments, de vérifier si leurs dimensions conviennent à l'ouvrage existant.

Il est à noter que ces tolérances dimensionnelles concernent les éléments de maçonnerie en bloc de béton standard. Pour les éléments standard destinés à des applications architecturales, des tolérances dimensionnelles plus serrées peuvent être nécessaires, et les tolérances qui doivent nécessairement différer de celles énoncées dans la norme CSA A165.1 doivent être indiquées dans les spécifications du projet. Les tolérances dimensionnelles que l'on peut obtenir pour les éléments architecturaux ne sont pas indiquées dans la norme CSA A165.1; elles peuvent varier selon le type d'élément et le fabricant.

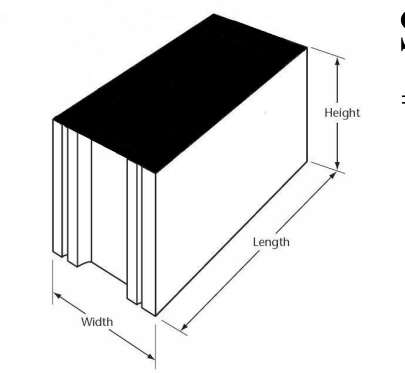
4.3 Caractéristiques physiques des éléments de maçonnerie en bloc de béton

Le tableau 4.2 présente les données sur les caractéristiques physiques des éléments de maçonnerie en bloc de béton standard qui sont conformes aux exigences de la norme CSA A165.1. Ces données sont représentatives du produit typique fabriqué par les producteurs membres de l'Association canadienne des producteurs de maçonnerie en béton.

4.4 Références

1. ASTM International. « Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units », ASTM C140, ASTM, Philadelphie, É.-U., 2003.
2. ASTM International. « Standard Test Method for Linear Drying Shrinkage of Concrete Masonry Units », ASTM C 426, Philadelphie, É.-U., 2003.
3. Association canadienne de normalisation, CSA A165.1. « Éléments de maçonnerie en bloc de béton », Série CSA A165, CSA, Mississauga, Ontario, Canada, 2004.
4. Association canadienne de normalisation, CSA A179. « Mortier et coulis pour la maçonnerie d'éléments », CSA A179, CSA, Mississauga, Ontario, Canada, 2004.
5. Association canadienne de normalisation, CSA A371. « Maçonnerie des bâtiments », CSA, Mississauga, Ontario, Canada, 2004.
6. Association canadienne de normalisation, CSA S304.1. « Calcul des ouvrages en maçonnerie », CSA, Mississauga, Ontario, Canada, 2004.
7. National Concrete Masonry Association. « Tek 2-6 Density-Related Properties of Concrete Masonry Assemblies », National Concrete Masonry Association, Herndon, Virginia, É.-U., 2008.
8. National Concrete Masonry Association. « Tek 10 Series, Movement Control », National Concrete Masonry Association, Herndon, Virginie, É.-U.

Figure 4.1 : Section brute, section nette et section nette moyenne

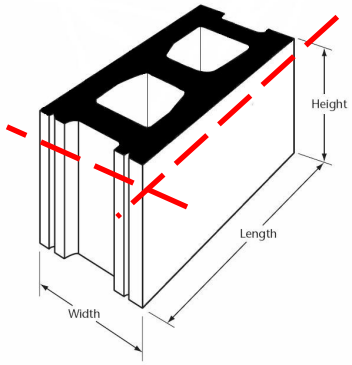


Section brute

= Largeur (réelle) x longueur (réelle)

Section nette

= Section pleine à toute section horizontale

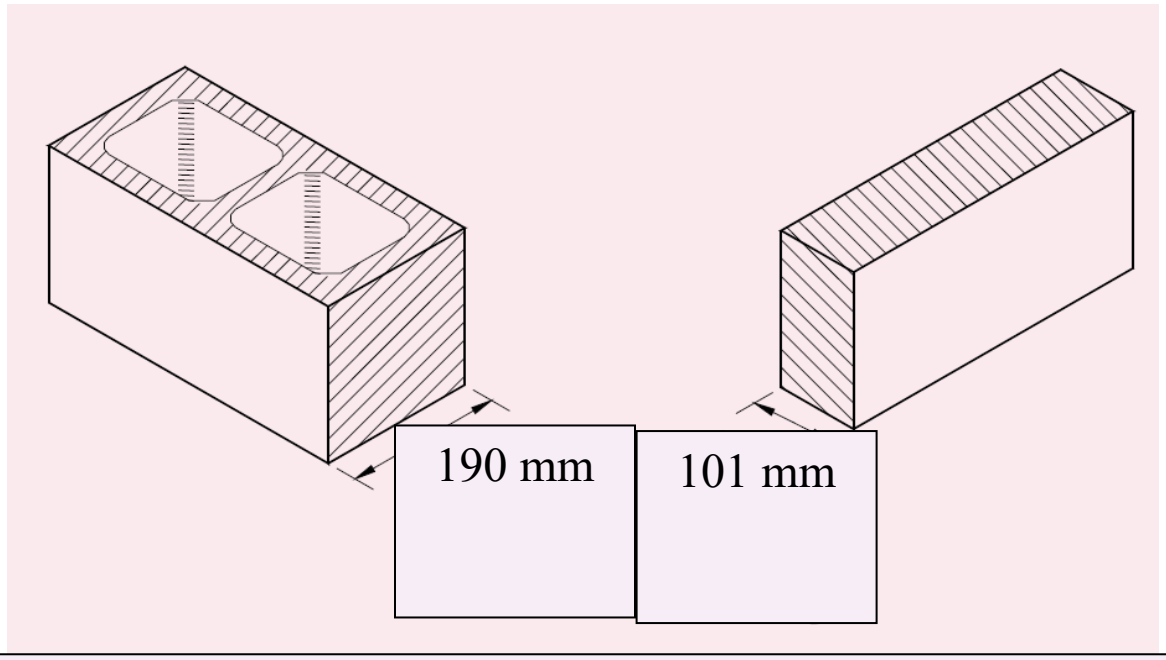


Section nette moyenne

= Volume net/hauteur

= % solide x section brute

Figure 4.2 : Épaisseur équivalente d'un élément de maçonnerie en bloc de béton



t_{ET} =*(section transversale nette moyenne)*/[longueur (réelle) x hauteur (réelle)]

OU

t_{ET} = *% solide* x largeur (réelle)

% solide = volume net/volume brut

Figure 4.3 : Probabilité d'occurrence d'éléments de maçonnerie en bloc de béton insuffisamment résistants

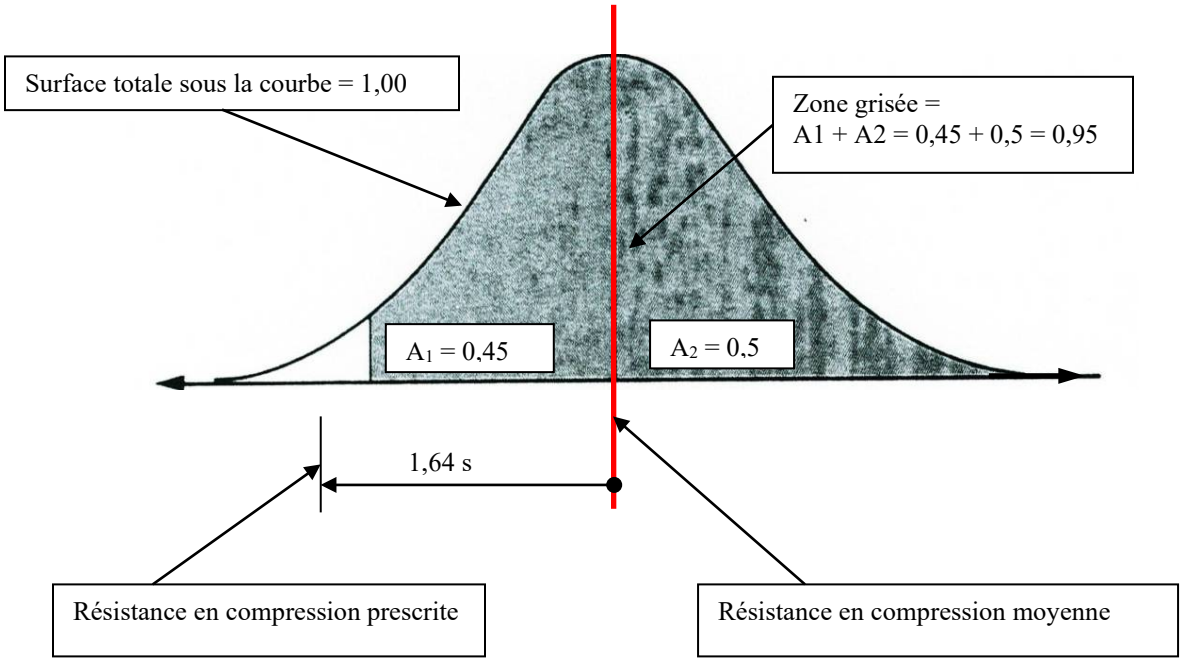


Figure 4.4 : Marquage unitaire pour la résistance en compression prescrite; adopté par l'ACPMB

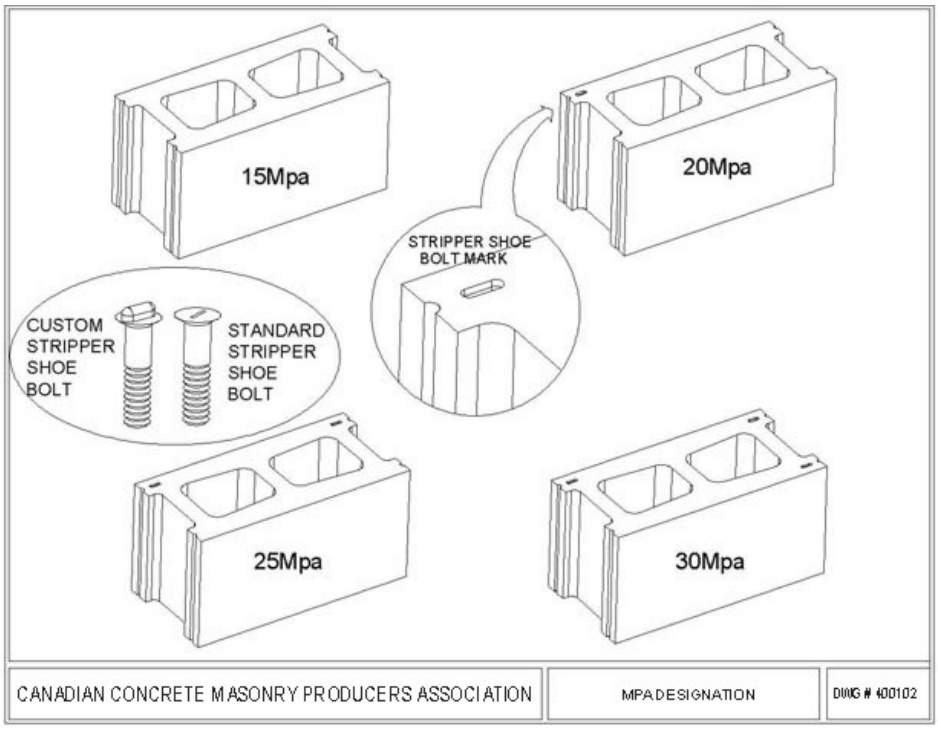
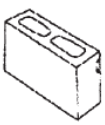
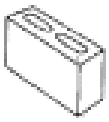
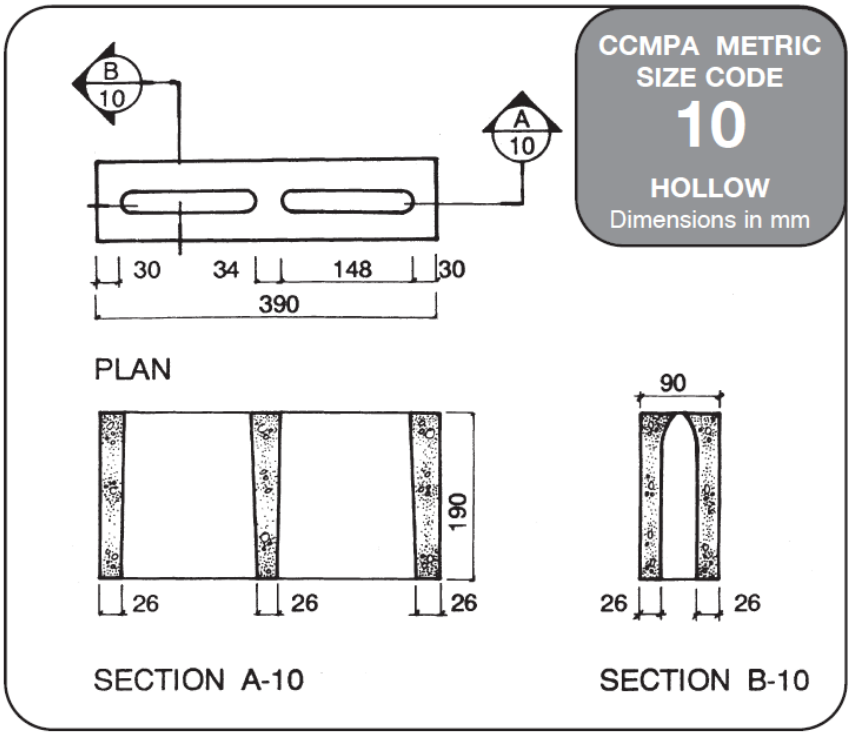


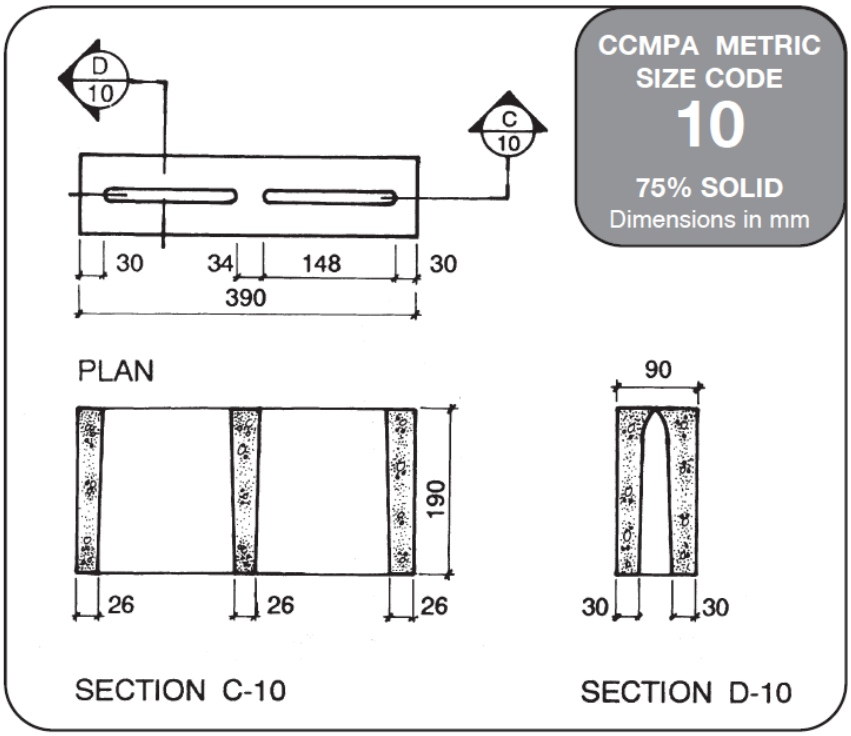
Tableau 4.2 : Les caractéristiques physiques du bloc de taille métrique standard

PHYSICAL PROPERTIES OF STANDARD METRIC SIZE BLOCK			SIZE CODE 10		
Dimensions réelles (mm) **Largeur : 90 Longueur : 390 Hauteur : 190**		**REMARQUES***	**CONFIGURATION STANDARD**		
			CREUX	**DEMI-PLEIN**	**PLEIN**
CARACTÉRISTIQUES					
Dimensions (mm)	Épaisseur minimale de la paroi de face Épaisseur minimale de l'âme Épaisseur équivalente	1 1 2	26 26 66	30 26 74	S. O. S. O. 90
Superficie (mm^2)	Section transversale brute Section transversale nette Section de la cellule (noyau)	3 4 5	$3{,}51 \times 10^4$ $2{,}56 \times 10^4$ $4{,}75 \times 10^3$	$3{,}51 \times 10^4$ $2{,}88 \times 10^4$ $3{,}15 \times 10^3$	$3{,}51 \times 10^4$ $3{,}51 \times 10^4$ S. O.
Volume (mm^3)	Volume brut Volume net	6 7	$6{,}669 \times 10^6$ $4{,}868 \times 10^6$	$6{,}669 \times 10^6$ $5{,}469 \times 10^6$	$6{,}669 \times 10^6$ $6{,}669 \times 10^6$
Pourcentage solide	Volume net/volume brut		73 %	82 %	100 %
Masse typique de l'élément (kg)	CSA « A » – Béton de type « A » (2 100 kg/m^3) CSA « B » – Béton de type « B » (1 900 kg/m^3) CSA « C » – Béton de type « C » (1 750 kg/m^3) CSA « D » – Béton de type « D » (1 650 kg/m^3)	8	10,2 9,2 8,5 8,0	11,5 10,4 9,7 9,0	14,0 12,7 11,7 11,0
Masse typique du mur (kg/m^2) (avec mortier)	CSA « A » – Béton de type « A » (2 100 kg/m^3) CSA « B » – Béton de type « B » (1 900 kg/m^3) CSA « C » – Béton de type « C » (1 750 kg/m^3) CSA « D » – Béton de type « D » (1 650 kg/m^3)		138 125 115 109	155 140 130 122	189 171 158 149
Résistance en compression prescrite (minimale) (MPa)	En fonction de la section nette En fonction de la section brute		15,0 10,95	15,0 12,3	15,0 15,0
Cote de résistance au feu (heures)	S ou N du CNB (poids normal) $L_2 20_S$ du CNB (léger)	9	0,8 1,1	1,1 1,3	1,4 1,8
Caractéristiques sonores	Indice de transmission du son (ITS)		43		47

	– Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	10	40	45 42	45
Caractéristiques thermiques (m² °C/W)	Valeur RSI – Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	11	0,17 0,24	S. O. S. O.	S. O. S. O.
Moment d'inertie (mm⁴)	Par bloc, I Par mètre, I_m		$22{,}69 \times 10^6$ $58{,}18 \times 10^6$	$23{,}25 \times 10^6$ $59{,}61 \times 10^6$	$23{,}69 \times 10^6$ $60{,}75 \times 10^6$
Module de section (mm³)	Par bloc, S Par mètre, S_m		$0{,}504 \times 10^6$ $1{,}293 \times 10^6$	$0{,}517 \times 10^6$ $1{,}324 \times 10^6$	$0{,}527 \times 10^6$ $1{,}350 \times 10^6$

Physical Properties



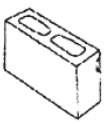
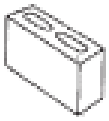
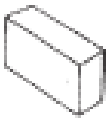


Canadian Concrete Masonry Producers' Association

Physical Properties

PHYSICAL PROPERTIES OF STANDARD METRIC SIZE BLOCK

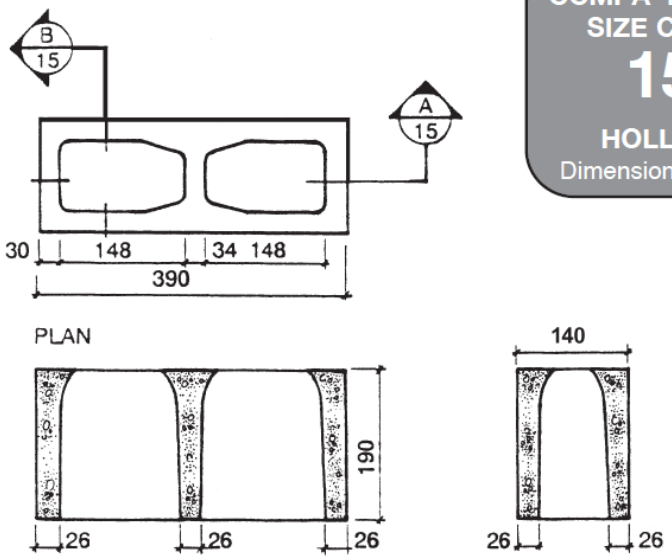
SIZE CODE 15

Dimensions réelles (mm) Largeur : 140 Longueur : 390 Hauteur : 190		REMARQUES*	CONFIGURATION STANDARD		
			CREUX	DEMI-PLEIN	PLEIN
CARACTÉRISTIQUES					
Dimensions (mm)	Épaisseur minimale de la paroi de face Épaisseur minimale de l'âme Épaisseur équivalente	1 1 2	26 26 81	44 30 112	S. O. S. O. 140
Superficie (mm^2)	Section transversale brute Section transversale nette Section de la cellule (noyau)	3 4 5	$5{,}46 \times 10^4$ $3{,}17 \times 10^4$ $1{,}145 \times 10^4$	$5{,}46 \times 10^4$ $4{,}37 \times 10^4$ $5{,}45 \times 10^3$	$5{,}46 \times 10^4$ $5{,}46 \times 10^4$ S. O.
Volume (mm^3)	Volume brut Volume net	6 7	$10{,}374 \times 10^6$ $6{,}017 \times 10^6$	$10{,}374 \times 10^6$ $8{,}299 \times 10^6$	$10{,}374 \times 10^6$ $10{,}374 \times 10^6$
Pourcentage solide	Volume net/volume brut		58 %	80 %	100 %
Masse typique de l'élément (kg)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)	8	12,6 11,4 10,5 9,9	17,4 15,8 14,5 13,7	21,8 19,7 18,2 17,1
Masse typique du mur (kg/m^2) (avec mortier)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)		170 154 142 134	235 213 196 185	294 266 245 231
Résistance en compression prescrite (minimale) (MPa)	En fonction de la section nette En fonction de la section brute		15,0 8,7	15,0 12,0	15,0 15,0
Cote de résistance au feu (heures)	S ou N du CNB (poids normal) $L_2 20_S$ du CNB (léger)	9	1,1 1,5	2,0 2,8	2,9 4+
Caractéristiques sonores	Indice de transmission du son (ITS) – Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	10	46 43	50 47	52 50

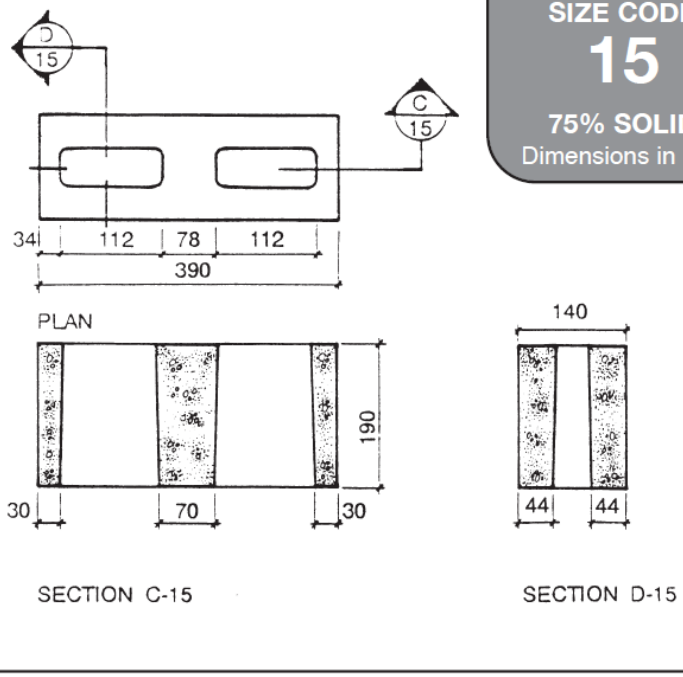
Caractéristiques thermiques (m^2 °C/W)	Valeur RSI – Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	11	 0,19 0,30	 S. O. S. O.	 S. O. S. O.
Moment d'inertie (mm^4)	Par bloc, I Par mètre, I_m		 74,07 x 10^6 189,9 x 10^6	 86,86 x 10^6 222,7 x 10^6	 89,18 x 10^6 228,7 x 10^6
Module de section (mm^3)	Par bloc, S Par mètre, S_m		 1,058 x 10^6 2,713 x 10^6	 1,241 x 10^6 3,182 x 10^6	 1,274 x 10^6 3,267 x 10^6

Physical Properties

CCMPA METRIC SIZE CODE
15
HOLLOW
Dimensions in mm



CCMPA METRIC SIZE CODE
15
75% SOLID
Dimensions in mm

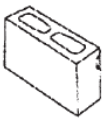
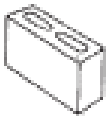
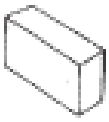


Canadian Concrete Masonry Producers' Association

Physical Properties

PHYSICAL PROPERTIES OF STANDARD METRIC SIZE BLOCK

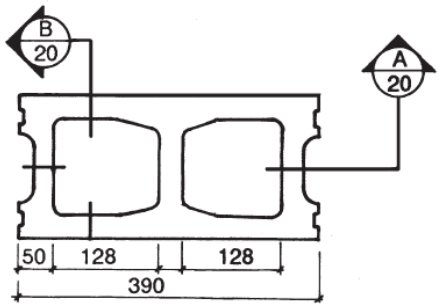
SIZE CODE **20**

Dimensions réelles (mm) **Largeur : 190 Longueur : 390 Hauteur : 190** **CARACTÉRISTIQUES**		**REMARQUES***	**CONFIGURATION STANDARD** **CREUX** 	**DEMI-PLEIN** 	**PLEIN** 
Dimensions (mm)	Épaisseur minimale de la paroi de face Épaisseur minimale de l'âme Épaisseur équivalente	1 1 2	32 26 106	60 30 148	S. O. S. O. 190
Superficie (mm^2)	Section transversale brute Section transversale nette Section de la cellule (noyau)	3 4 5	$7{,}41 \times 10^4$ $4{,}15 \times 10^4$ $1{,}53 \times 10^4$	$7{,}41 \times 10^4$ $5{,}78 \times 10^4$ $6{,}75 \times 10^3$	$7{,}41 \times 10^4$ $7{,}41 \times 10^4$ S. O.
Volume (mm^3)	Volume brut Volume net	6 7	$14{,}08 \times 10^6$ $7{,}88 \times 10^6$	$14{,}08 \times 10^6$ $10{,}97 \times 10^6$	$14{,}08 \times 10^6$ $14{,}08 \times 10^6$
Pourcentage solide	Volume net/volume brut		56 %	78 %	100 %
Masse typique de l'élément (kg)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)	8	16,6 15,0 13,8 13,0	23,0 20,9 19,2 18,2	29,6 26,8 24,6 23,3
Masse typique du mur (kg/m^2) (avec mortier)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)		223 202 186 176	311 282 259 245	399 361 333 314
Résistance en compression prescrite (minimale) (MPa)	En fonction de la section nette En fonction de la section brute		15,0 8,4	15,0 11,7	15,0 15,0
Cote de résistance au feu (heures)	S ou N du CNB (poids normal) $L_2 20_S$ du CNB (léger)	9	1,8 2,5	3,2 4+	4+ 4+
Caractéristiques sonores	Indice de transmission du son (ITS) – Béton de type « A » et « B » de la CSA	10	50 46	 53	56 53

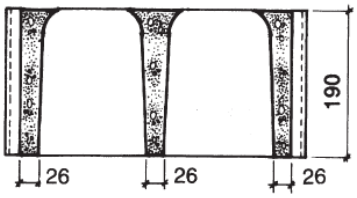
	– Béton de type « C » et « D » de la CSA			51	
Caractéristiques thermiques (m² °C/W)	Valeur RSI – Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	11	0,21 0,32	S. O. S. O.	S. O. S. O.
Moment d'inertie (mm⁴)	Par bloc, I Par mètre, I_m		$194{,}2 \times 10^6$ $498{,}0 \times 10^6$	$217{,}1 \times 10^6$ $556{,}6 \times 10^6$	$222{,}9 \times 10^6$ $571{,}6 \times 10^6$
Module de section (mm³)	Par bloc, S Par mètre, S_m		$2{,}045 \times 10^6$ $5{,}242 \times 10^6$	$2{,}285 \times 10^6$ $5{,}859 \times 10^6$	$2{,}347 \times 10^6$ $6{,}017 \times 10^6$

Physical Properties

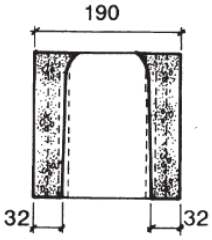
CCMPA METRIC SIZE CODE
20
HOLLOW
Dimensions in mm



PLAN

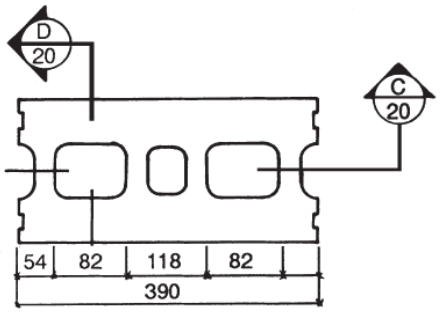


SECTION A-20

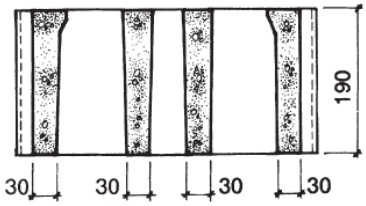


SECTION B-20

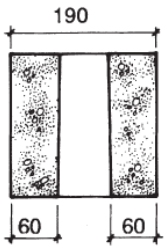
CCMPA METRIC SIZE CODE
20
75% SOLID
Dimensions in mm



PLAN



SECTION C-20

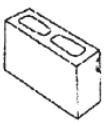
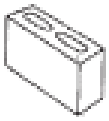
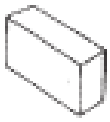


SECTION D-20

Physical Properties

PHYSICAL PROPERTIES OF STANDARD METRIC SIZE BLOCK

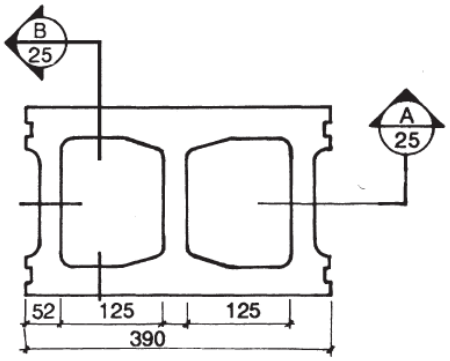
SIZE CODE 25

Dimensions réelles (mm) Largeur : 240 Longueur : 390 Hauteur : 190 CARACTÉRISTIQUES		REMARQUES*	CONFIGURATION STANDARD CREUX	DEMI-PLEIN	PLEIN
					
Dimensions (mm)	Épaisseur minimale de la paroi de face Épaisseur minimale de l'âme Épaisseur équivalente	1 1 2	35 28 127	75 30 187	S. O. S. O. 240
Superficie (mm^2)	Section transversale brute Section transversale nette Section de la cellule (noyau)	3 4 5	$9{,}36 \times 10^4$ $4{,}96 \times 10^4$ $2{,}06 \times 10^4$	$9{,}36 \times 10^4$ $7{,}30 \times 10^4$ $8{,}80 \times 10^3$	$9{,}36 \times 10^4$ $9{,}36 \times 10^4$ S. O.
Volume (mm^3)	Volume brut Volume net	6 7	$17{,}784 \times 10^6$ $9{,}43 \times 10^6$	$17{,}784 \times 10^6$ $13{,}87 \times 10^6$	$17{,}784 \times 10^6$ $17{,}784 \times 10^6$
Pourcentage solide	Volume net/volume brut		53 %	78 %	100 %
Masse typique de l'élément (kg)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)	8	19,8 17,9 16,5 15,6	29,2 26,4 24,2 22,9	37,3 33,8 31,1 29,3
Masse typique du mur (kg/m^2) (avec mortier)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)		267 242 223 210	393 356 328 309	504 456 420 396
Résistance minimale à la compression (MPa)	En fonction de la section nette En fonction de la section brute		15,0 7,9	15,0 11,7	15,0 15,0
Cote de résistance au feu (heures)	S ou N du CNB (poids normal) $L_2 20_S$ du CNB (léger)	9	2,4 3,5	4+ 4+	4+ 4+
Caractéristiques sonores	Indice de transmission du son (ITS) – Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	10	51 49	56 54	58 56

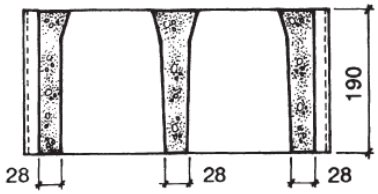
Caractéristiques thermiques (m² °C/W)	Valeur RSI – Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	11	 0,24 0,33	 S. O. S. O.	 S. O. S. O.
Moment d'inertie (mm⁴)	Par bloc, I Par mètre, I_m		 334,9 x 10^6 858,8 x 10^6	 437,0 x 10^6 1 131 x 10^6	 449,3 x 10^6 1 152 x 10^6
Module de section (mm³)	Par bloc, S Par mètre, S_m		 2,791 x 10^6 7,156 x 10^6	 3,642 x 10^6 9,338 x 10^6	 3,744 x 10^6 9,600 x 10^6

Physical Properties

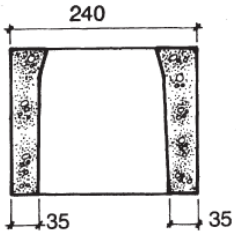
CCMPA METRIC SIZE CODE
25
HOLLOW
Dimensions in mm



PLAN

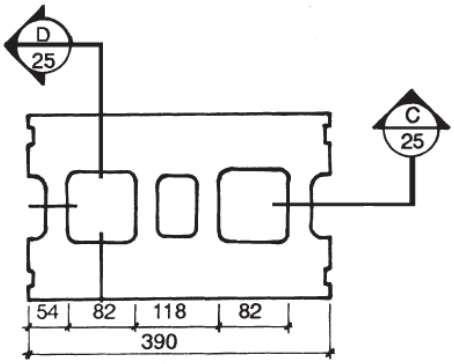


SECTION A-25

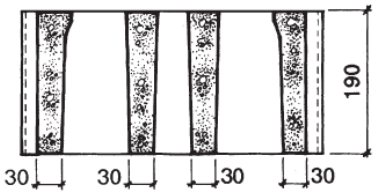


SECTION B-25

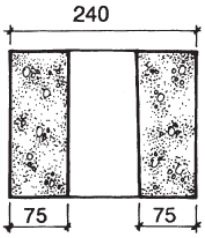
CCMPA METRIC SIZE CODE
25
75% SOLID
Dimensions in mm



PLAN



SECTION C-25



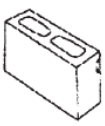
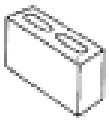
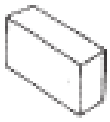
SECTION D-25

Canadian Concrete Masonry Producers' Association

Physical Properties

PHYSICAL PROPERTIES OF STANDARD METRIC SIZE BLOCK

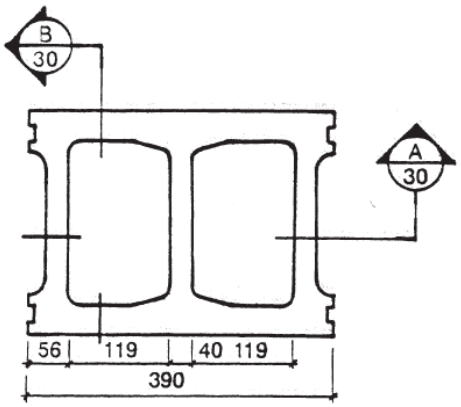
SIZE CODE 30

Dimensions réelles (mm) Largeur : 290 Longueur : 390 Hauteur : 190 CARACTÉRISTIQUES		REMARQUES*	CONFIGURATION STANDARD CREUX	DEMI-PLEIN	PLEIN
					
Dimensions (mm)	Épaisseur minimale de la paroi de face Épaisseur minimale de l'âme Épaisseur équivalente	1 1 2	38 32 148	90 30 227	S. O. S. O. 290
Superficie (mm^2)	Section transversale brute Section transversale nette Section de la cellule (noyau)	3 4 5	$11,31 \times 10^4$ $5,77 \times 10^4$ $2,50 \times 10^4$	$11,31 \times 10^4$ $8,82 \times 10^4$ $1,07 \times 10^4$	$11,31 \times 10^4$ $11,31 \times 10^4$ S. O.
Volume (mm^3)	Volume brut Volume net	6 7	$21,489 \times 10^6$ $10,96 \times 10^6$	$21,489 \times 10^6$ $16,76 \times 10^6$	$21,489 \times 10^6$ $21,489 \times 10^6$
Pourcentage solide	Volume net/volume brut		51 %	78 %	100 %
Masse typique de l'élément (kg)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)	8	23,0 20,8 19,2 18,1	35,2 31,8 29,3 27,7	45,1 40,8 37,6 35,5
Masse typique du mur (kg/m^2) (avec mortier)	CSA « A » – Béton de type « A » ($2\,100\ kg/m^3$) CSA « B » – Béton de type « B » ($1\,900\ kg/m^3$) CSA « C » – Béton de type « C » ($1\,750\ kg/m^3$) CSA « D » – Béton de type « D » ($1\,650\ kg/m^3$)		311 281 259 244	475 430 396 373	609 551 508 479
Résistance en compression prescrite (minimale) (MPa)	En fonction de la section nette En fonction de la section brute		15,0 7,6	15,0 11,7	15,0 15,0
Cote de résistance au feu (heures)	S ou N du CNB (poids normal) $L_2 20_S$ du CNB (léger)	9	3,2 4+	4+ 4+	4+ 4+
Caractéristiques sonores	Indice de transmission du son (ITS)				

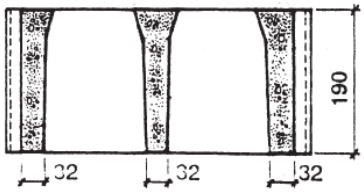
	– Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	10	53 50	58 56	58 58
Caractéristiques thermiques (m² °C/W)	Valeur RSI – Béton de type « A » et « B » de la CSA – Béton de type « C » et « D » de la CSA	11	0,26 0,41	S. O. S. O.	S. O. S. O.
Moment d'inertie (mm⁴)	Par bloc, I Par mètre, I_m		570,4 x 10^6 1 463 x 10^6	771,0 x 10^6 1 977 x 10^6	792,6 x 10^6 2 032 x 10^6
Module de section (mm³)	Par bloc, S Par mètre, S_m		3,934 x 10^6 10,09 x 10^6	5,317 x 10^6 13,63 x 10^6	5,466 x 10^6 14,02 x 10^6

Physical Properties

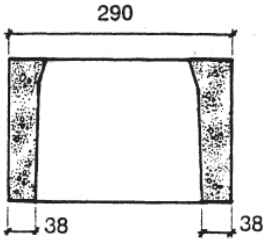
CCMPA METRIC SIZE CODE
30
HOLLOW
Dimensions in mm



PLAN

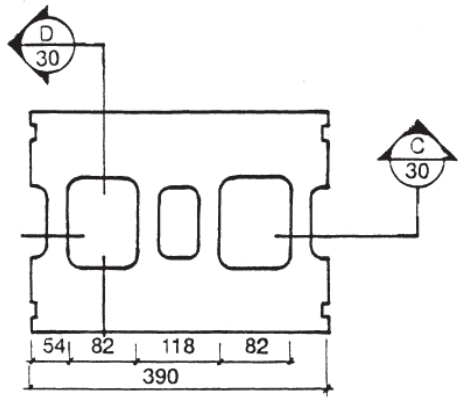


SECTION A-30

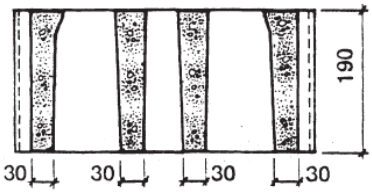


SECTION B-30

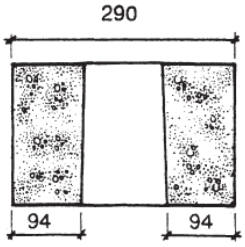
CCMPA METRIC SIZE CODE
30
75% SOLID
Dimensions in mm



PLAN



SECTION C-30



SECTION D-30

Notes explicatives

Numéro	Description
1	Les dimensions réelles peuvent dépasser les exigences minimales.
2	par exemple, le calcul de l'épaisseur équivalente : Bloc de béton creux de 20 cm Pourcentage solide de 56 % selon les spécifications de l'ACPMB Épaisseur équivalente = Largeur réelle x pourcentage solide = 190 mm x 56/100 Épaisseur équivalente = 106 mm
3	La section transversale brute déclarée, définie par la norme CSA-A165.1, est la superficie de la maçonnerie sur un plan parallèle à la surface d'appui de l'élément, déterminée en multipliant la largeur réelle x la longueur réelle de l'élément.
4	La section transversale nette déclarée est la superficie nette à mi-hauteur de l'élément. Pour les éléments creux et demi-pleins, cela diffère légèrement de la section transversale nette moyenne de l'élément.
5	La section déclarée de la cellule (noyau) est la superficie totale de la cellule mesurée à mi-hauteur de l'élément.
6	Le volume brut déclaré est le produit de (largeur réelle) x (hauteur réelle) x (longueur réelle) de l'élément.
7	Volume net, tel que défini par le Code national du bâtiment du Canada, CNB-10, D-1.6.1.(4) : « déterminé à l'aide d'une méthode de déplacement qui ne dépend pas de la porosité des éléments. »
8	Volume brut, tel que défini par le Code national du bâtiment du Canada, CNB-10, D-1.6.1.(5) : « doit correspondre à la longueur de l'élément, multipliée par sa hauteur et par son épaisseur. »
9	Les cotes d'incendie sont basées sur « Annexe D – Comportement au feu des matériaux de construction » du Code national du bâtiment CNB-10. Pour obtenir de plus amples renseignements, consulter le chapitre 5 – Résistance au feu.
10	Consulter le chapitre 7 – Performances sonores, pour obtenir des renseignements détaillés.
11	Consulter le chapitre 6 – Performances thermiques, pour obtenir des renseignements détaillés.