



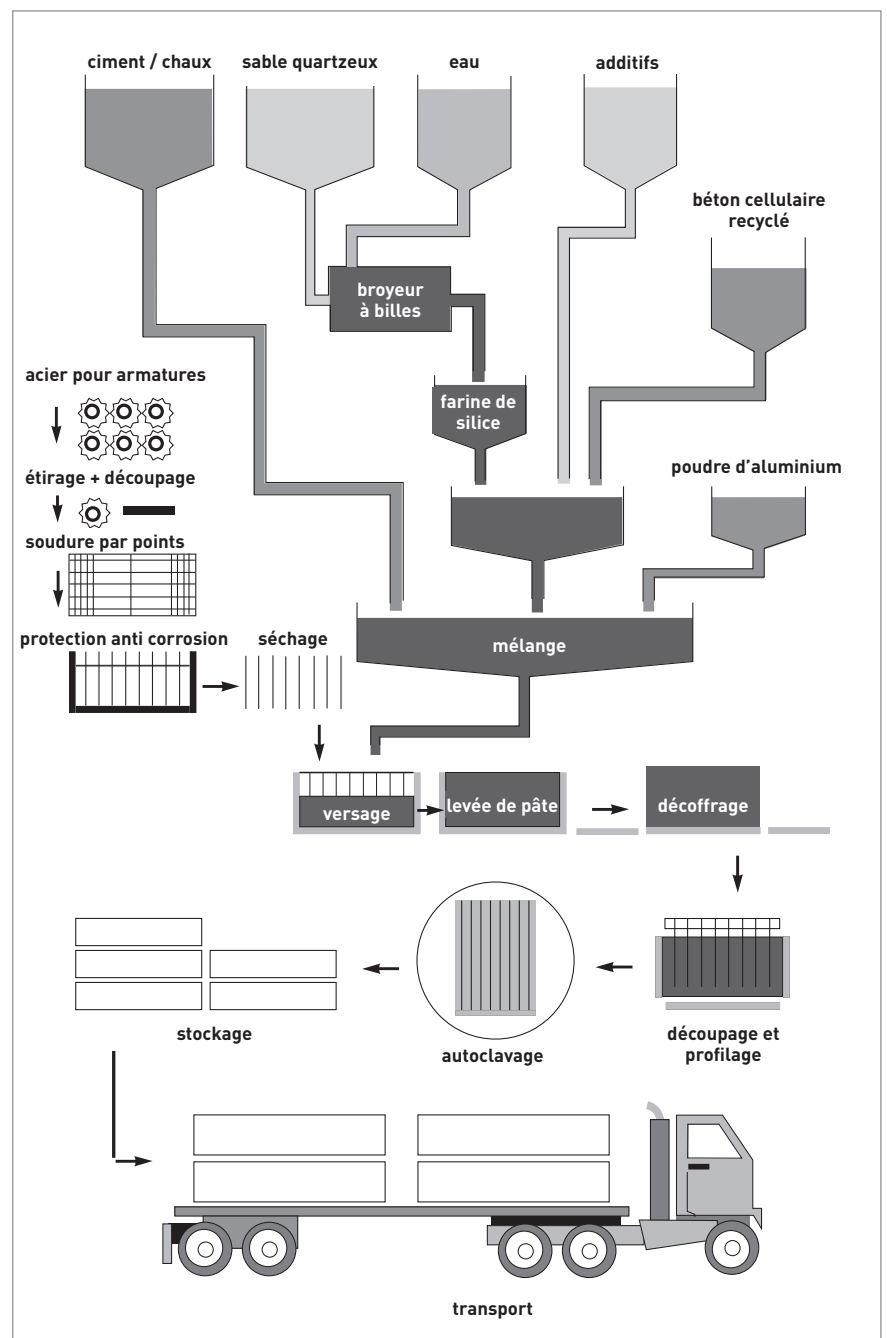
- P.0.1 Fabrication
- P.0.2 L'armature
- P.0.3 Aspect
- P.0.4 Masse volumique
- P.0.5 Dimensions
- P.0.6 Tolérances
- P.0.7 Retrait dû au séchage
- P.0.8 Coefficient de dilatation thermique
- P.0.9 Résistance à la compression
- P.0.10 Module d'élasticité
- P.0.11 Résistance à la traction par flexion
- P.0.12 Absorption d'eau
- P.0.13 Diffusion de vapeur
- P.0.14 Résistance au gel et dégel
- P.0.15 Coefficient de conductivité thermique
- P.0.16 Confort thermique
- P.0.17 Isolation acoustique
- P.0.18 Réparation
- P.0.19 Esthétique
- P.0.20 Protection du béton cellulaire dans des circonstances spéciales
- P.0.21 Tableau sommaire des caractéristiques principales du matériau

P0 Généralités



P.0.01 Fabrication

Les dalles Hebel appartiennent aux éléments de béton cellulaire autoclavé armé, selon la norme EN 12602. Les matières premières - le ciment Portland, la chaux de haute qualité et le sable finement moulu dans un broyeur à billes - sont d'abord dosées et ensuite soigneusement mélangées. L'eau, la poudre d'aluminium et la matière recyclée sont ensuite ajoutées, après quoi le mélange est coulé dans de grands moules. L'armature, ayant préalablement subi un traitement anticorrosion, est ensuite positionnée dans les moules. Une réaction chimique provoque un dégagement gazeux, constituant la base de la structure cellulaire. Arrivée à consistance suffisante, la pâte ainsi formée est débitée en dalles aux dimensions requises, ne présentant que de faibles tolérances dimensionnelles. L'excédent de matériau y résultant, appelé la croûte, est récupéré et entre à nouveau dans le cycle de production. Les produits ainsi obtenus passent alors dans l'autoclave où ils sont soumis à une température de 180°C et à une pression de 10 atmosphères; ils acquièrent ainsi leur dureté et stabilité. Enfin ils sont stockés, prêts à la livraison et à la mise en place.



P.0.02 L'armature

L'armature est formée, soit de deux treillis, soit d'un treillis plié, en fils d'acier soudés par points, de qualité supérieure BE 500 S. Avant leur mise en place, ces treillis subissent un traitement anti-corrosion (protection à l'aide d'une peinture de dispersion écologique).

P.0.03 Aspect

Texture: structuré lisse
Couleur: blanc

P.0.04 Masse volumique

Catégorie	AAC 2/400	AAC 3/450	AAC 4,5/550
Masse volumique apparente à l'état sec (kg/m ³)	350 < ρ < 400	400 < ρ < 450	500 < ρ < 550
Valeur de calcul, armature comprise	475 kg/m ³	525 kg/m ³	625 kg/m ³
Valeur de transport, armature comprise	615 kg/m ³	665 kg/m ³	765 kg/m ³

Poids des dalles en kg/m ²	AAC 2/400		AAC 3/450				AAC 4,5/550			
Epaisseur en mm	365	400	175	200	240	300	125	150	175	200
Valeur de calcul	173,4	190	91,9	105	126	157,5	78,1	93,8	109,4	125
Valeur de transport	224,5	246	116,4	133	156	199,5	95,6	114,8	133,9	153

(volgens EN 12602)

P.0.05 Dimensions

Production standard

- Largeur: 600 ou 750 mm
- Epaisseur: 125 - 150 - 175 - 200 - 240 - 300 - 365 - 400 mm
- Longueur: 6750 mm maximum

P.0.06 Tolérances

Longueur:

+ ou - 5 mm pour $L \leq 1200$ mm
 + ou - 0,0025 L pour $L > 1200$ mm

Largeur:

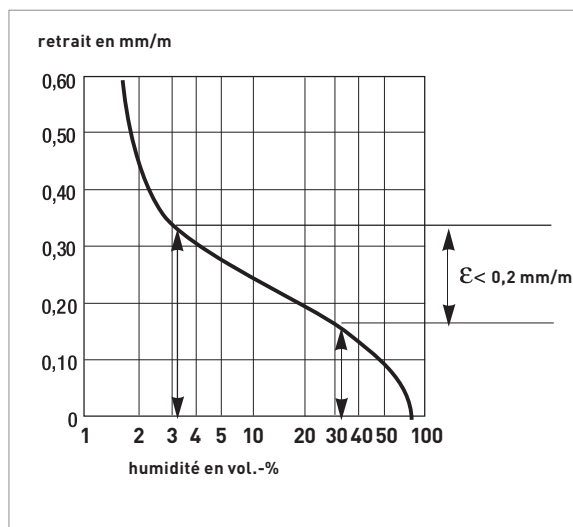
+ ou - 3 mm

Epaisseur:

+ ou - 3 mm

P.0.07 Retrait dû au séchage

Pour le béton cellulaire, le retrait dû au séchage ne dépasse pas 0,2 mm/m (voir tableau ci-après).



P.0.08 Coefficient de dilatation thermique

Le coefficient de dilatation linéaire d'un matériau est la variation de longueur d'un élément de 1 mètre par 1°K de variation de température.

Le coefficient de dilatation linéaire pour le béton cellulaire est de $8 \cdot 10^{-6}$ m/mK.

(selon la norme NBN B 21-004).

P.0.09 Résistance à la compression

Catégorie AAC 2/400:

classe de résistance en compression AAC 2,0 (EN 679)

$f_{ck} \geq 2,00$ N/mm²
 (valeur caractéristique)

Catégorie AAC 3/450:

classe de résistance en compression AAC 3,0 (EN 679)

$f_{ck} \geq 3,00$ N/mm²
 (valeur caractéristique)

Catégorie AAC 4,5/550:

classe de résistance en compression AAC 4,5 (EN 679)

$f_{ck} \geq 4,50$ N/mm²
 (valeur caractéristique)

P.0.10 Module d'élasticité

Catégorie AAC 2/400: 1165 N/mm²

Catégorie AAC 3/450: 1500 N/mm²

Catégorie AAC 4,5/550: 2000 N/mm²

P.0.11 Résistance à la traction par flexion

AAC 2/400:

$$f_{ck} = 2$$

$$f_{cflk}; 0,05 = 0,18 \times f_{ck} = 0,36$$

$$f_{cflk}; 0,95 = 0,36 \times f_{ck} = 0,72$$

AAC 3/450:

$$f_{ck} = 3$$

$$f_{cflk}; 0,05 = 0,18 \times f_{ck} = 0,54$$

$$f_{cflk}; 0,95 = 0,36 \times f_{ck} = 1,08$$

AAC 4,5/550:

$$f_{ck} = 4,5$$

$$f_{cflk}; 0,05 = 0,18 \times f_{ck} = 0,81$$

$$f_{cflk}; 0,95 = 0,36 \times f_{ck} = 1,62$$

P.0.12 Absorption d'eau

En contact direct avec l'eau (y compris l'eau de pluie) les matériaux absorbent l'eau par capillarité suivant la formule:

$$m(t) = A \cdot \sqrt{t_w}$$

m(t) = eau absorbée par unité de surface (kg/m²) pour une période t
A = coefficient d'absorption d'eau (kg/m²•s^{0,5})
t_w = temps de contact avec l'eau (secondes)

La valeur A du béton cellulaire varie entre $70 \cdot 10^{-3}$ et $130 \cdot 10^{-3}$ (kg/m²•s^{0,5}). Elle est nettement inférieure à celle de la terre cuite ou du plâtre. Dans le cas du béton cellulaire, grâce aux cellules fermées, le transfert de l'eau ne peut se faire que par la matière solide dont le matériau est composé. Cette matière ne représente que 20% du volume, ce qui ralentit très sensiblement la progression d'absorption d'eau.

P.0.13 Diffusion de vapeur

La diffusion de vapeur à travers une paroi poreuse est provoquée par la différence de pression de vapeur entre les 2 côtés de cette paroi. Cette différence de pression n'a aucune action mécanique, mais permet la diffusion de vapeur dans la direction de la chute de pression.

Tout matériau de construction oppose une certaine résistance à cette diffusion de vapeur, dénommée «coefficient de résistance à la diffusion de vapeur» de valeur μ . La valeur μ de l'air est de 1. La valeur μ d'un matériau indique combien de fois la résistance à la diffusion de vapeur de ce matériau est supérieure à celle d'une couche d'air de la même épaisseur.

Pour le béton cellulaire, la valeur μ varie entre 5 et 10 en fonction de sa masse volumique.

Catégorie	AAC 2/400	AAC 3/450	AAC 4,5/550
Coefficient de résistance à la diffusion μ	5/10	5/10	5/10

(valeurs EN 12602)

P.0.14 Résistance au gel et dégel

En général, les cycles gel et dégel ne causent pas de dégâts au béton cellulaire. Certaines précautions doivent être prises uniquement pour quelques types de constructions spéciales, par exemple, pour la construction de chambres froides. En général, les matériaux poreux ne résistent pas au gel au-dessus d'une teneur en humidité critique. Ceci est le cas tant pour le béton lourd que pour le béton cellulaire. Ce seuil d'humidité critique pour un béton cellulaire de type C4 n'est atteint qu'au taux de 45% du volume. En principe, ce taux n'est jamais atteint sur chantier. Peu après l'occupation de la construction, le taux se stabilise entre 2 et 4% d'humidité en volume. Dans le cas où les murs extérieurs en béton cellulaire ne sont pas protégés ou traités, ce taux peut atteindre 10%.

Si un revêtement de type peinture ou quartz est appliqué sur les dalles Hebel, il est nécessaire de réaliser correctement les joints extérieurs pour éviter toute pénétration d'eau par les joints. Ces joints doivent être inspectés régulièrement. Une pénétration d'eau par les joints peut mener à la ruine du revêtement par les cycles de gels et dégels.

Il est toujours nécessaire de placer un couvre-mur sur les murs en panneaux Hebel.

P.0.15 Coefficient de conductivité thermique

Classe selon EN12602	AAC 2/400	AAC 3/450	AAC 4,5/550
Coeff. de conductivité thermique λ_{U_i} (W/mK)	0,100	0,115	0,145

Indice λ_{U_i} :

Cet indice est utilisé pour des matériaux qui sont protégés contre la pénétration de pluie ou d'humidité, tels que par exemple les murs intérieurs ou les murs extérieurs protégés par une couche de finition ou un revêtement étanche (bardage).

Indice λ_{U_e} :

Cet indice est appliqué pour des matériaux qui peuvent être mouillés par la pluie ou autres sources d'humidité.

P.0.16 Confort thermique

Inertie thermique

GENERALITES

Outre l'isolation thermique d'un bâtiment, d'autres paramètres vont influencer le confort thermique général. Ces différents paramètres sont la capacité thermique, le temps de refroidissement, la température de surface, l'amortissement thermique et le déphasage.

Comme nous allons le voir, ci-après, le béton cellulaire combine de façon optimale ces différents paramètres, et offre ainsi un excellent confort de vie.

CAPACITE THERMIQUE

Tout matériau de construction absorbe une certaine quantité de chaleur quand la température environnante s'élève.

Cette quantité de chaleur qu'un matériau absorbe par m² et par degré d'augmentation de température est appelée capacité thermique:

$$Q_s = c \cdot \rho \cdot e \text{ (J/m}^2\text{K)}$$

Q_s = la capacité thermique

c = la chaleur spécifique (J/kg•K)

ρ = la masse volumique sèche (kg/m³)

e = l'épaisseur (m)

Le tableau ci-dessous compare la capacité thermique de différents matériaux pour une épaisseur identique de 300 mm.

Cette affirmation n'est pas correcte. Ainsi, par exemple, pour un mur extérieur, une partie de la chaleur emmagasinée est évacuée vers l'extérieur lors des baisses de température. Cette chaleur ne peut donc pas participer à la régulation thermique du bâtiment.

Pour compenser les fluctuations thermiques, il est important d'avoir une capacité thermique élevée, mais également un coefficient de conductivité thermique λ faible.

Ainsi, non seulement le mur peut emmagasiner la chaleur, mais il peut la "stocker" pour la restituer au moment le plus opportun.

Pour étayer cette affirmation, introduisons la notion de «temps de refroidissement».

Matériau	c(J/kg K)	ρ (kg/m ³)	e (m)	Q _s (J/m ² K)	λ (W/mK)	A (h)
Béton cellulaire	1000	400	0,3	120000	0,11	91
Béton cellulaire	1000	500	0,3	150000	0,13	96
Béton cellulaire	1000	600	0,3	180000	0,15	94
Brique	1000	1800	0,3	540000	0,73	62
Béton	1000	2000	0,3	600000	2,1	24
Polystyrène expansé	1450	20	0,3	8700	0,04	18

En examinant le tableau ci-dessus, on constate que la capacité thermique d'un matériau de construction est d'autant plus élevée que la masse volumique est élevée. Ainsi, un béton armé aura une très bonne capacité thermique (Q_s). On entend souvent dire qu'une capacité thermique élevée garantit une meilleure régulation thermique dans un bâtiment.

TEMPS DE REFROIDISSEMENT

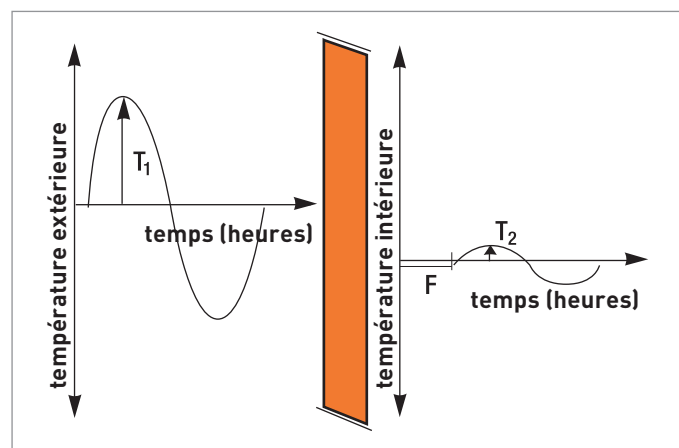
Le refroidissement d'un mur dépend du rapport entre sa capacité thermique Q_s et son coefficient d'isolation.

$$\text{Ainsi, on a } A = \frac{Q_s \cdot e}{\lambda \cdot 3600} \text{ (u)}$$

Avec A, le temps de refroidissement est exprimé en heures. Plus le facteur A est élevé, plus le mur mettra longtemps à refroidir. Les fluctuations externes de température se feront également ressentir plus tard à l'intérieur. Le tableau, ci-après, montre qu'à épaisseur égale, le coefficient A est plus important pour le béton cellulaire que pour les autres matériaux usuels de construction. Ceci car le béton cellulaire combine deux éléments essentiels pour obtenir un bon coefficient A, c'est-à-dire, une masse non négligeable ainsi qu'une bonne valeur d'isolation thermique

AMORTISSEMENT THERMIQUE ET DEPHASAGE

Durant les mois d'été, les bâtiments sont soumis aux heures chaudes à des températures externes relativement importantes dues aux radiations solaires. Ces hausses de température extérieure peuvent mener à des hausses de température intérieure désagréables pour les occupants du bâtiment. Un bon amortissement thermique du mur, ainsi qu'un déphasage important vont permettre de diminuer, à l'intérieur d'une construction, l'influence de la hausse de température extérieure.



Le déphasage F est le décalage en heures entre les maxima de température extérieure et intérieure. L'amortissement μ est le rapport entre l'amplitude maximale de température extérieure et l'amplitude maximale de température intérieure: $\mu = T_1/T_2$

Le déphasage et l'amortissement peuvent être calculés selon la méthode de Hauser/Gertis, en faisant appel aux transformées de Fourier.

On obtient ainsi les résultats repris au tableau ci-après.

Matériau	ρ (kg/m ³)	λ (W/mk)	e (m)	μ amortissement	déphasage (h)
Maçonnerie de béton cellulaire	400	0,11	0,24	9,09	11,4
Dalles de bardages et de toiture en béton cellulaire	600	0,15	0,24	7,14	9,7
	500	0,13	0,20	8,06	8,7
Matériau isolant pur	20	0,04	0,10	1,43	2,1
	20	0,04	0,15	1,49	3,1
Béton	2400	2,1	0,20	1,61	4,0
	2400	2,1	0,25	2,27	6,0
Bois	600	0,13	0,10	2,50	6,0

De ce tableau, il ressort que:

- 1 Pour le béton cellulaire, l'amortissement est important. Au plus grand est l'amortissement, au plus basse sera la température intérieure. Ainsi, par forte chaleur, la température intérieure sera plus faible avec le béton cellulaire qu'avec beaucoup d'autres matériaux.
- 2 Le déphasage est également plus important avec le béton cellulaire. L'avantage d'un déphasage important est que le pic de température extérieure atteint vers midi (les heures les plus chaudes de la journée) ne se fera ressentir qu'en fin de journée. Il suffira alors d'une simple ventilation en soirée pour rafraîchir l'atmosphère.
- 3 Les matériaux isolants purs présentent un déphasage et un amortissements faibles. Si le soleil frappe à midi sur une toiture composée d'éléments non massifs, et d'isolant pur, la température intérieure deviendra vite insupportable sans air conditionné. C'est ce qu'on appelle l'effet caravane (bonne isolation thermique, mais inertie thermique nulle).

Le béton cellulaire offre donc non seulement un excellent confort en hiver, mais également un excellent confort en été, en conservant la fraîcheur à l'intérieur du bâtiment. En construction industrielle ou à vocation commerciale, ce confort thermique est tout aussi facilement atteint en réalisant les toitures et les bardages en dalles armées de béton cellulaire. A l'usage, ce confort est d'autant plus apprécié si l'on compare un bâtiment en béton cellulaire à un autre, recouvert de matériaux non massifs (par exemple tôle métallique)

ATTENTION

Les surfaces vitrées sont sources de surchauffe intérieure et atténuent le bénéfique "confort" engendré par le béton cellulaire. Il est donc toujours souhaitable de protéger, par l'extérieur, les fenêtres des rayons solaires.

Pas de ponts thermiques

Un pont thermique est une zone où l'isolation de la construction est manifestement moindre ou inexistante. Ce pont thermique et les problèmes de condensation et la perte de chaleur qu'il entraîne peuvent être tout simplement évités en employant les produits Hebel.

P.0.17 Isolation acoustique

Fondamentalement, une distinction doit être opérée entre les bruits aériens et les bruits d'impact pour l'isolation acoustique des éléments de construction.

Le bruit aérien provient d'une source qui fait vibrer l'air directement (ex: radio, TV). Le bruit d'impact provient d'une source qui fait vibrer une partie de la construction, le bruit est ensuite transmis aux locaux voisins et fait donc vibrer l'air de manière indirecte (p. ex. vibration dans les canalisations de chauffage central).

L'isolation des bruits d'impact doit être prévue dès la conception. Il est très important, de ce point de vue, de prévoir les dispositions nécessaires entre les locaux

silencieux et les locaux bruyants. L'isolation acoustique que nous décrivons plus loin tient uniquement compte du bruit aérien et non du bruit d'impact. Dans la pratique journalière, on confond souvent "l'isolation contre le bruit aérien" avec "l'absorption du bruit". Ces principes sont expliqués ci-après. Les produits absorbants acoustiques servent à limiter le temps de réverbération et à ajuster le confort acoustique dans le local, tandis que, par isolation acoustique, l'on comprend la réduction de l'intensité acoustique transmise d'un local à l'autre.

P.0.17a Isolation contre le bruit

En pratique, le bruit entre deux locaux ne se propage pas uniquement par voie directe (c.-à.-d. à travers la paroi de séparation), mais également par voie indirecte (murs latéraux, plafonds, sols...). L'isolation acoustique tenant compte aussi bien de la voie directe que de la voie indirecte, est appelée l'isolation au bruit aérien brute; il s'agit d'une valeur réelle qui peut être mesurée sur chantier.

Par contre, l'indice d'affaiblissement acoustique d'un matériau est une valeur mesurée en laboratoire qui tient uniquement compte de la transmission directe du bruit à travers la paroi de séparation.

Elle est exprimée en dB.

La norme NBN définit l'index de l'amortissement acoustique R pour des bruits aériens lorsque le mesurage se fait en laboratoire. En mur massif on obtient l'indice d'amortissement acoustique R suivant :

Hebel	Epaisseur	Joints	Finition	Densité	Norme	Valeur R
Paroi	200 mm	collé	sans enduit	450 kg/m ³	NBN S 01-005	42db
Paroi	200 mm	collé	avec enduit	450 kg/m ³	NBN S 01-005	49db

Des essais réalisées suivant DIN 52 210 - 75 à l'Université Technique Braunschweig (die Technische Universität Braunschweig), donnent les résultats suivants:

Hebel	Epaisseur	Finition	Densité	Valeur R
Dalle de toiture	200 mm	deux couches de roofing de 4 mm d'épaisseur	700 kg/m ²	46 dB
Dalle de toiture	200 mm	deux couches de roofing de 4 mm d'épaisseur + 50 mm de gravier	700 kg/m ³	53 dB

Selon la norme DIN 4109, on peut déduire d'une masse surfacique de parois rigides simples ou de plafonds, une valeur chiffrée pour l'isolation acoustique brute ($R'_{w,R}$).

On part d'une construction avec des joints fermés ou avec une finition étanche aux bruits.

Le tableau ci-dessous donne quelques-unes de ces valeurs chiffrées en fonction de la masse surfacique.

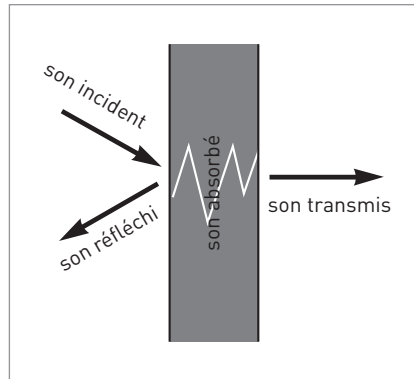
Masse surfacique (kg/m ²)	Valeur chiffrée d'isolation acoustique brute (dB)
115	38
135	40
150	41
160	42
175	43
190	44
210	45
230	46
250	47

REMARQUE

Pour le béton cellulaire avec une densité de 800 kg/m³ et avec une masse surfacique jusqu'à 250 kg/m², on peut augmenter de 2 dB la valeur chiffrée de l'indice d'affaiblissement acoustique.

P.0.17b Absorption du bruit

Les ondes sonores qui heurtent une paroi, sont partiellement réfléchies, partiellement absorbées et partiellement transmises.



Selon la norme belge NBN S 01-009, l'absorption acoustique est exprimée par un coefficient d'absorption α , celui-ci n'a pas d'unité et a une valeur entre 0 et 1.

La grandeur du coefficient α (facteur d'absorption acoustique selon Sabine) dépend de la fréquence du son incident et de la structure surfacique de l'élément de construction.

Le facteur d'absorption (α) d'une paroi est:

$$\alpha = \frac{\text{énergie sonore transmise + absorbée}}{\text{énergie sonore incidente}}$$

$\alpha = 1$ signifie que tous les bruits sont absorbés ou transmis

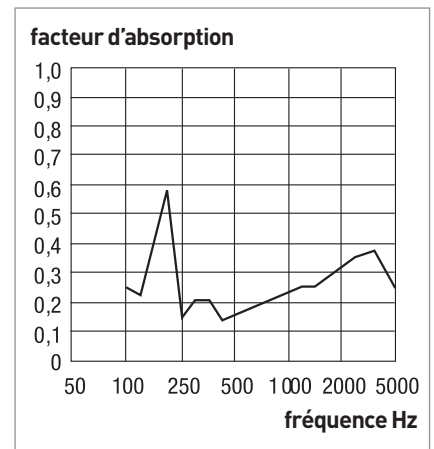
$\alpha = 0$ signifie que tous les bruits sont réfléchis

Une réverbération a lieu dans un local quand le bruit incident est réfléchi et absorbé en moindre mesure.

L'absorption acoustique d'un élément de construction empêche la réverbération dans un local. Au cas où toute l'énergie sonore est parfaitement absorbée, la valeur de ce coefficient est 1.

De par sa structure alvéolée en surface, le béton cellulaire présente une capacité d'absorption sonore 5 à 10 fois supérieure à celle des matériaux lisses.

Hebel absorbe $\pm 25\%$ du bruit. (Voir graphique ci-dessus).



P.0.18 Réparation

Les réparations s'effectuent à l'aide du produit Ytorep (Ausbesserungsmörtel), livré par Xella BE nv/sa (voir chapitre P.5 Produits auxiliaires + accessoires).

P.0.19 Esthétique

Le béton cellulaire est un matériau fabriqué à partir de matières premières naturelles. Des légères différences de teintes sont donc possibles.

Les coups éventuels dans les panneaux peuvent être très aisément réparés. Il se peut cependant que ces réparations restent visibles. Si un aspect fini parfait est exigé, il est donc conseillé de prévoir une finition extérieure et/ou intérieure.

Les dalles en béton cellulaire provenant d'usines différentes n'auront pas exactement le même aspect et la même teinte.

P.0.20 Protection du béton cellulaire dans des circonstances spéciales

Parfois, dans des circonstances spéciales, la nature de l'air ambiant ou les conditions de l'environnement (vapeurs agressives) imposent un traitement spécial de surface. En pareil cas, il faut absolument veiller à ce que tous les joints horizontaux et verticaux ainsi que tous les joints de jonction soient parfaitement fermés.

Dans les bâtiments où la teneur en CO₂ est importante (stockage de pommes de terre, de fruits, présence de levure, ...) et qui sont non suffisamment ventilés, les dalles doivent être protégées à l'aide d'un enduit approprié pour éviter le risque de carbonatation.

Pour toutes questions à ce sujet, veuillez nous contacter.

P.0.21 Tableau sommaire des caractéristiques principales du matériau

Catégorie	AAC 2/400	AAC 3/450	AAC 4,5/550
Masse volumique apparente à l'état sec (kg/m ³)	400	450	550
Résistance à la compression f_{ck} (valeur caractéristique) en N/mm ²	≥ 2,00	≥ 3,00	≥ 4,50
Module d'élasticité (N/mm ²)	1165	1500	2000
Résistance de traction à la flexion f_{ctlk} (valeur caractéristique) (N/mm ²)			
$f_{ctlk}; 0,05$	0,36	0,54	0,81
$f_{ctlk}; 0,95$	0,72	1,08	1,62
Retrait max. (mm/m) ϵ (retrait dû au séchage)	0,2	0,2	0,2
Coefficient de dilatation thermique (par K)	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$
Coefficient de conductivité thermique $\lambda_{U,i}$ (W/mK)	0,100	0,115	0,150
Coefficient de diffusion de vapeur μ	5/10	5/10	5/10