FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ACOUSTIQUE : CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE

PRINTEMPS 2021

Réverbération et absorption acoustique
Solutions pratiques et matériaux

Manuel VAN DAMME
Acoustical Expert – www.buildsilence.be

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

Build Silence
Acoustical Experts & Engineers

Objectif(s) de la présentation

- Comprendre et appliquer correctement les différents types d’absorbants acoustiques

Plan de l'exposé

- Mécanismes de l'absorption acoustique,
- Absorbants poreux,
- Membranes,
- Résonateurs,
- Systèmes mixtes,
- Acoustique des salles.

Acoustique du Bâtiment – Correction acoustique des salles
www.buildsilence.be

www.vkgroup.be

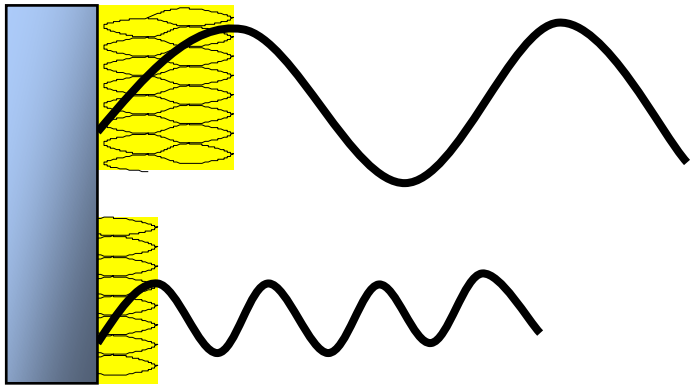
La pratique de la correction acoustique des salles

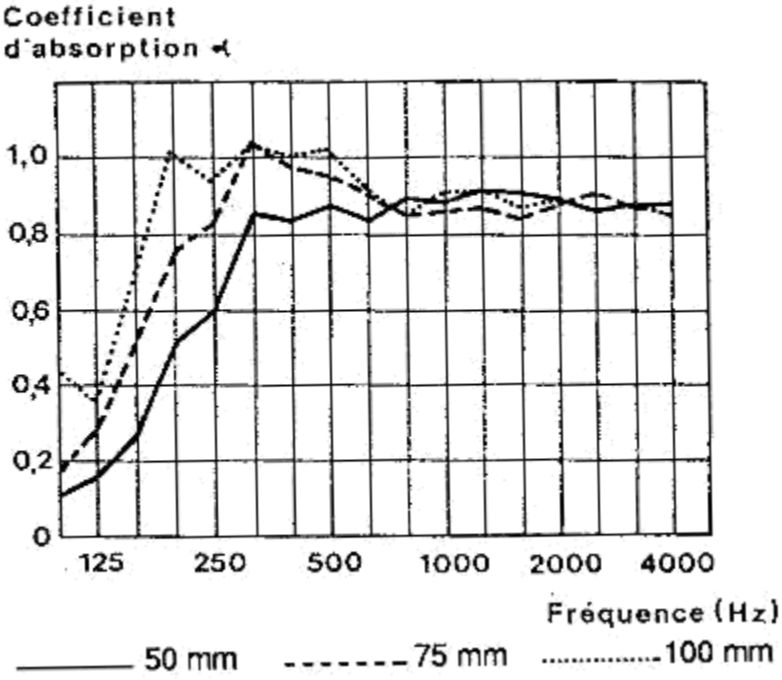
Matériaux pour la correction acoustique : les absorbants poreux – principes de l'absorption

Pour être efficace, la couche de matériau poreux doit être égale au moins à un quart de la longueur d'onde λ (λ = 340/f).

Très efficace pour les hautes fréquences.

Problème pour les basses fréquences : à 100 Hz il faudrait donc 85 cm d'épaisseur d'absorbant…



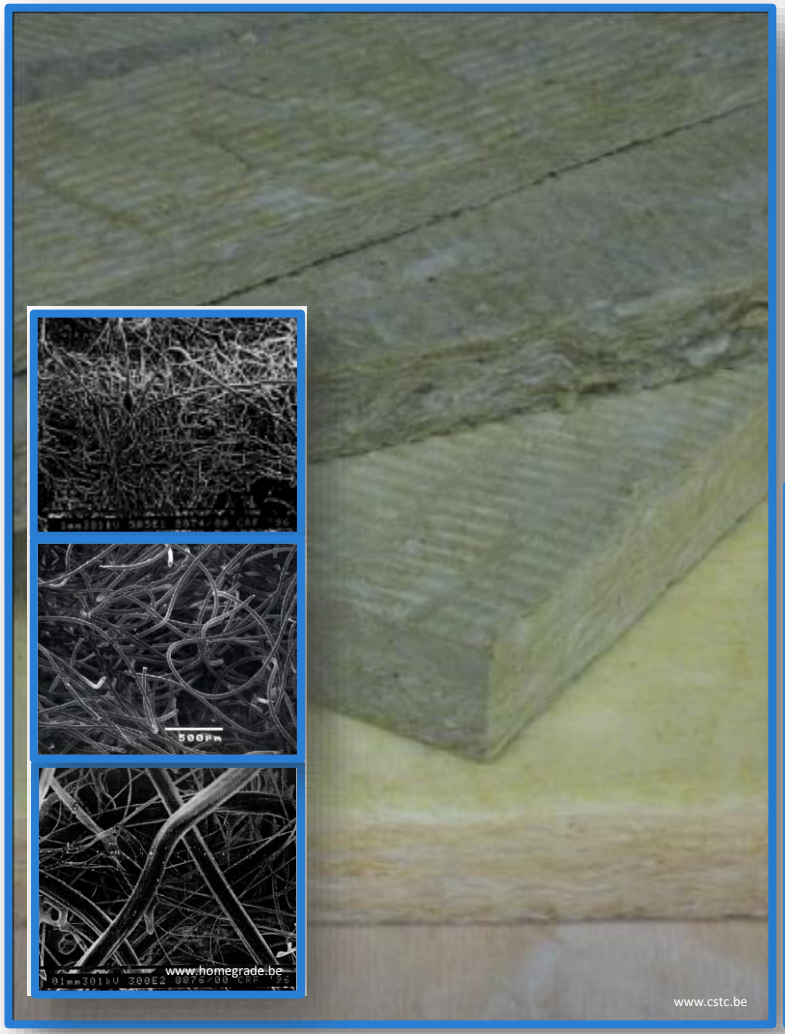


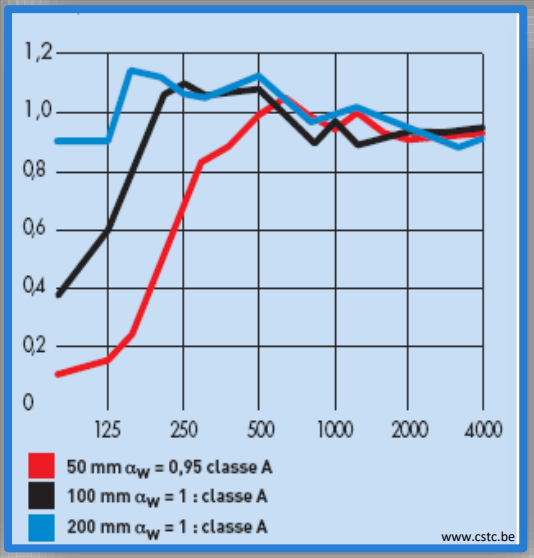
→ Plus le matériau sera épais, plus il sera efficace dans les basses fréquences

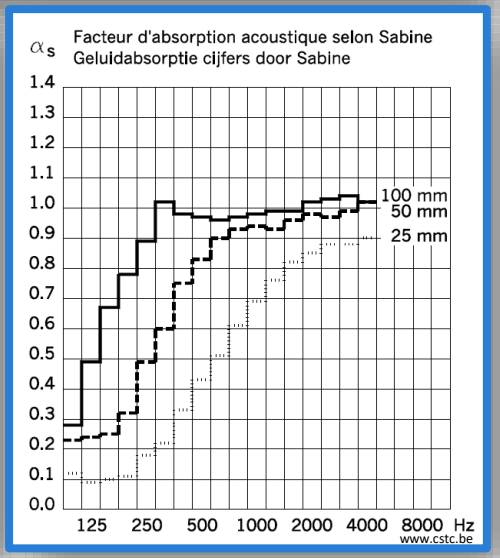
→ Au-delà de 5000 Hz : absorption possible par les revêtements de sol poreux (moquette, tapis…), les vêtements les tentures…

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les absorbants poreux – les laines minérales

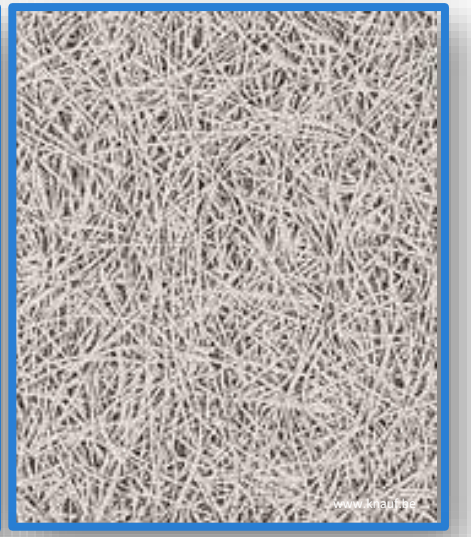






La pratique de la correction acoustique des salles

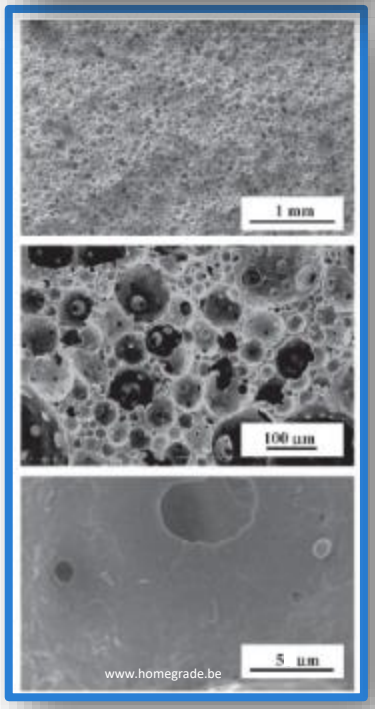
Matériaux pour la correction acoustique : les absorbants poreux – les laines de bois combinées

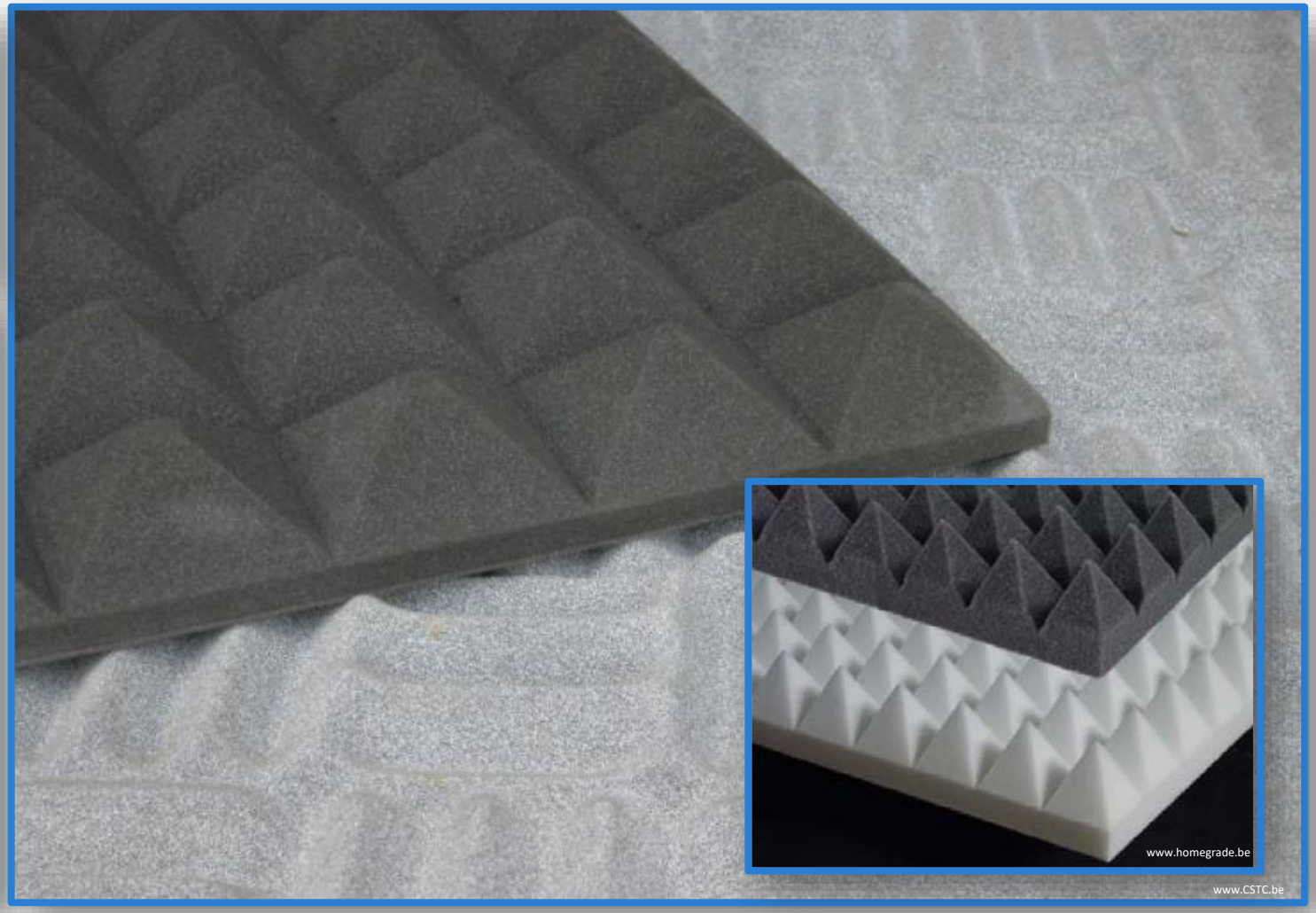


Type de construction	Fréquence (hertz)							
	Rapport	125	250	500	1000	2000	4000	α_s moyen
béton, 25 mm de laine de bois Fine	A 192	0,07	0,12	0,28	0,57	0,82	0,61	0,41
béton, lame d'air de 20 mm, 25 mm de laine de bois Fine	MA 178-1	0,01	0,16	0,26	0,55	0,55	0,52	0,34
béton, lame d'air de 400 mm, 25 mm de laine de bois Fine	MA 178-1	0,13	0,38	0,30	0,40	0,50	0,71	0,40
béton, 50 mm de laine minérale / 25 mm de laine de bois Fine	A 192	0,42	0,79	1,13	0,76	0,73	0,88	0,79
béton, 50 mm de laine de bois Fine	A 192	0,13	0,25	0,70	0,87	0,75	0,86	0,59
béton, 100 mm de laine de bois Fine avec laine de roche	A 659-2	0,55	0,65	0,80	0,92	0,94	0,81	0,78
béton, 50 mm de laine de bois Fine avec laine de roche	A 1215-1	0,31	0,67	0,81	0,82	0,85	0,94	0,73
béton, lame d'air de 20 mm, 50 mm de laine de bois Fine avec laine de roche	A 1251-1	0,37	0,64	0,81	0,82	0,86	0,94	0,74
béton, 125 mm de laine de bois Fine avec EPS	A 1350-3	0,10	0,30	0,24	0,29	0,52	0,78	0,37
béton, 70 mm de laine de bois Fine avec Resol	AA 345	0,06	0,15	0,34	0,43	0,80	0,80	0,43
Heraklith combi laine de roche 85 mm	P.V.5408	0,62	0,89	0,97	0,94	0,78	0,76	0,85
Heraklith combi laine de roche155 mm	P.V.5409	0,76	0,71	0,89	0,98	0,84	0,79	0,90
Heraklith combi plus 95 mm	P.V.5410	0,26	0,61	0,96	0,89	0,72	0,87	0,80
Heraklith combi plus 145 mm	P.V.5411	0,30	0,67	0,96	0,88	0,72	0,87	0,80

La pratique de la correction acoustique des salles

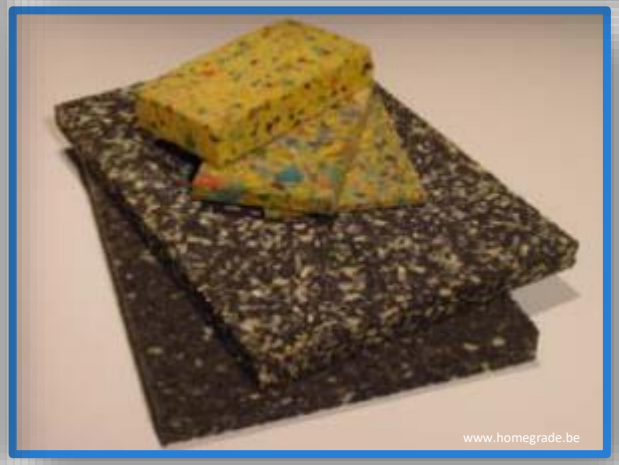
Matériaux pour la correction acoustique : les absorbants poreux – mousses à cellules ouvertes

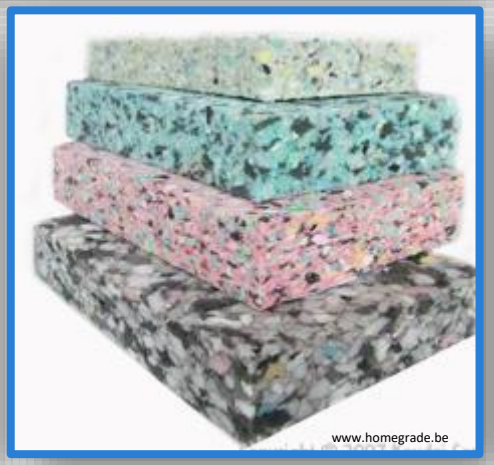




La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les absorbants poreux – mousses à cellules ouvertes





La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les absorbants poreux – alternatives écologiques

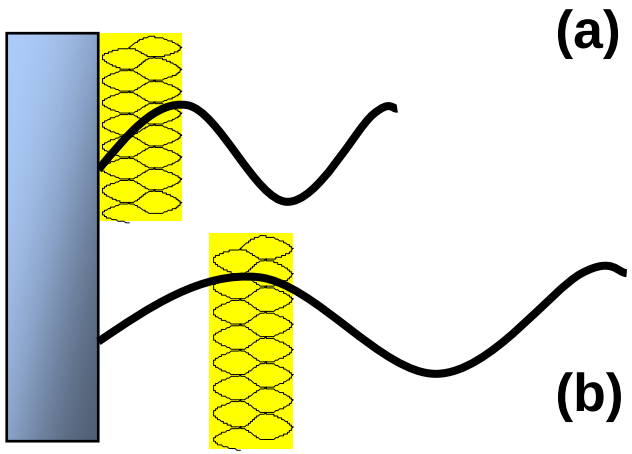
Le panneau d'herbe, le chanvre, le kenaf, le lin, la laine de mouton, la cellulose, le lin, la fibre de bois, le duvet…

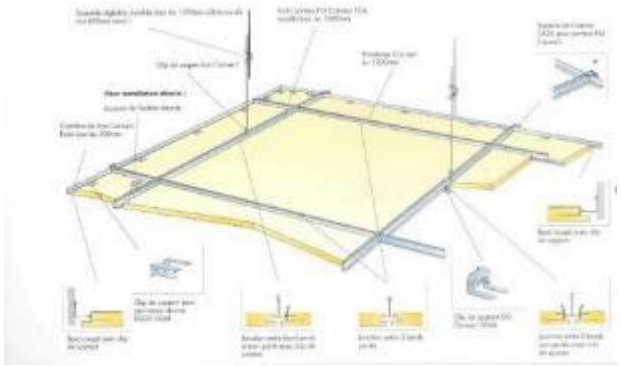
Matériaux pour la correction acoustique :

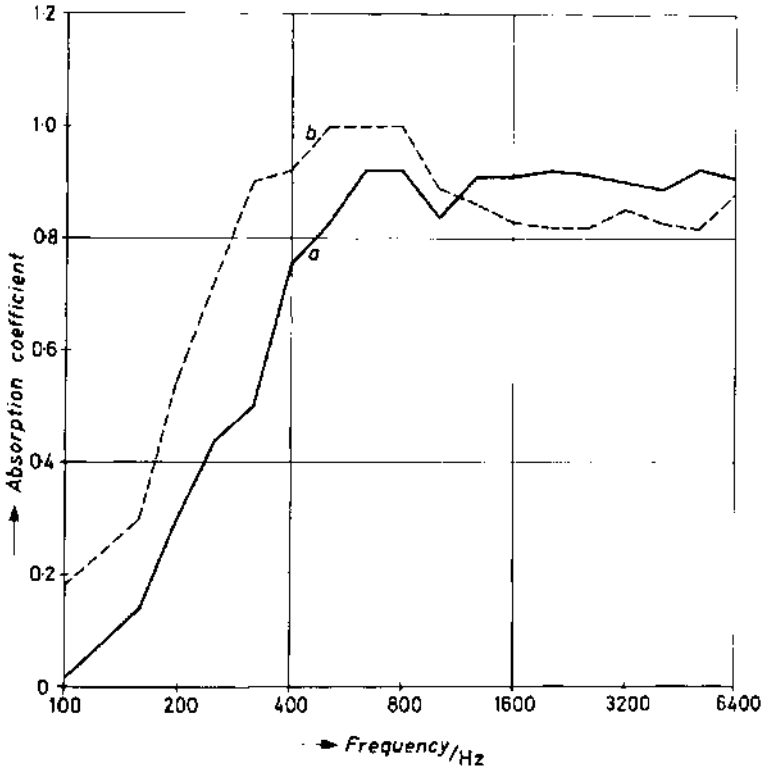
Lattage bois devant un absorbant poreux (S_{min} = 20% d'ouverture)

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les absorbants poreux – principes de l'absorption







Faux-plafonds en matériaux poreux : intérêt d'avoir un plenum derrière ceux-ci pour permettre une meilleure absorption des basses fréquences.

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les faux-plafonds absorbants en laine minérale revêtue

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les faux-plafonds absorbants en laine minérale revêtue

PRODUITS	Epaisseurs Panneaux (en mm)	Details de Bord, Perforations	α_w	Classe	Fréquence Hz 125	250	500	1000	2000	4000	Hauteur de plénum (mm)
Économique											
Minerval®	12	Bord A	0,80	B	-	-	-	-	-	-	200
	15	Bord A	0,90	A	0,25	0,66	0,87	0,79	0,90	0,96	200
		Bord E	0,90	A	0,65	0,80	0,90	0,85	0,95	1	200
Plus performant tout simpl											
Tonga®	20										
	27										
	40										
Samoa®	25										
	20										
Aréa®	15										
Ermes®	15										
Equation®	20										
Altes®	25										
Orchestra®	40										
Solutions spécifiques											
Santé-Hygiène											
Clini'Care®	20										
Clini'Clean®	25										
Clini'Safe®	15										
Résistance aux chocs											
Acoustichoc®	25										
	40										
	50										

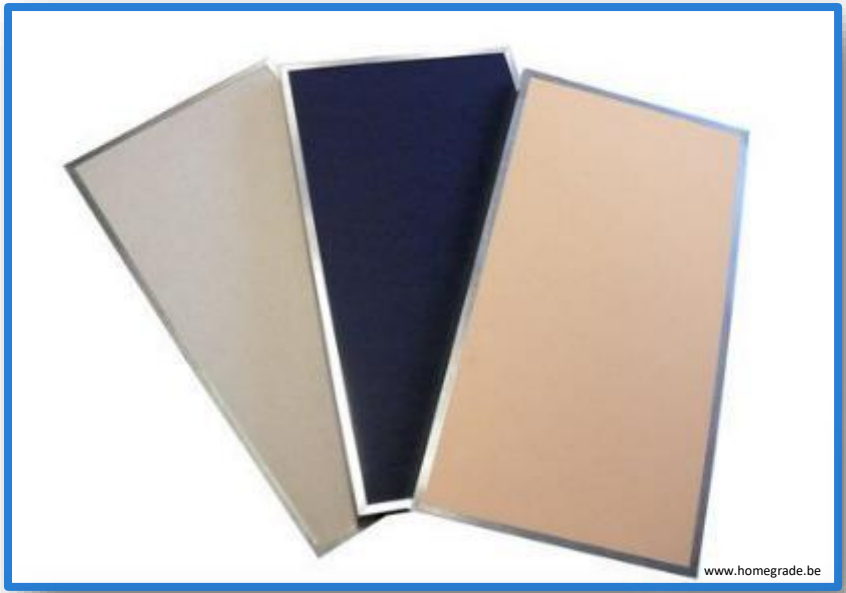
Produits	Page	Bords	Dimensions*	Surface	Classe d'absorption	α_w
MONOLITHIC						
Mono Acoustic TE	40	Mono TE	1200 - 1200	Structurée	A	0,80 - 0,90
DESIGN WHITE						
Finition lisse						
Fibral Blanc	40	A	600 - 2400	Lisse	A	1,00
Krios	44	A, D, Dnzl/A, E, X	300 - 2400	Lisse	A	1,00
Krios Bas	48	A	600 - 1200	Lisse	E	0,25
Krios O2	50	A	600 - 1200	Lisse	A	1,00
Krios dB 35	56	A, E	600 - 1800	Lisse	B	0,80
Krios dB 40	58	A, D, Dnzl/A, E	300 - 1800	Lisse	A	0,90
Krios dB 42	60	A, D, Dnzl/A, E	300 - 1800	Lisse	A	0,90
Krios dB 44	62	A, D, Dnzl/A, E	300 - 1800	Lisse	A	0,90
Finition structurée						
Sonar	64	A, D, Dznl/A, E, G, M, X	300 - 2400	Structurée	A	1,00**
Sonar Activity	68	B	600 - 1200	Structurée	A	0,95
Sonar Bas	70	A	600 - 1200	Structurée	E	0,20
Sonar dB 35	74	A, E	600 - 1800	Structurée	B	0,80
Sonar dB 40	76	A, D, Dznl/A, E	300 - 1800	Structurée	A	0,90
Sonar dB 42	78	A, D, Dnzl/A, E	300 - 1800	Structurée	A	0,90
Sonar dB 44	80	A, D, Dznl/A, E	300 - 1800	Structurée	A	0,90
DESIGN DECO						
Rockfon Color-all	82	A, D, E, X	600 - 2400	Lisse	A	1,00
Ligna	88	A, E	600 - 1200	Lisse	B	0,85

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les faux-plafonds absorbants en laine minérale revêtue + LM plenum

La pratique de la correction acoustique des salles

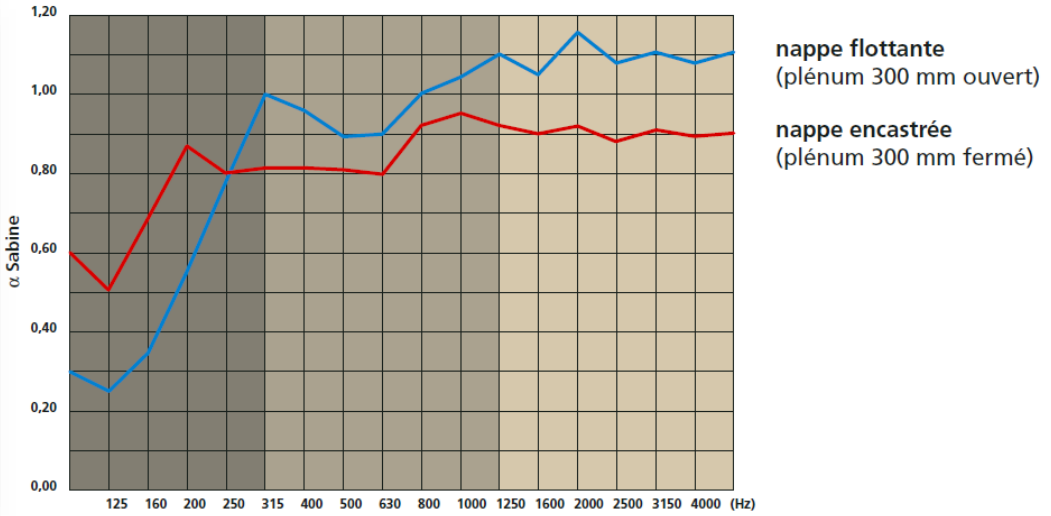
Matériaux pour la correction acoustique : les baffles absorbants



Rij-afstand tussen Baffles 587	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
450 mm	0,33	0,42	0,77	0,93	0,88	0,84
600 mm	0,25	0,44	0,71	0,91	0,85	0,81
900 mm	0,31	0,38	0,69	0,83	0,81	0,74

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les ciels acoustiques



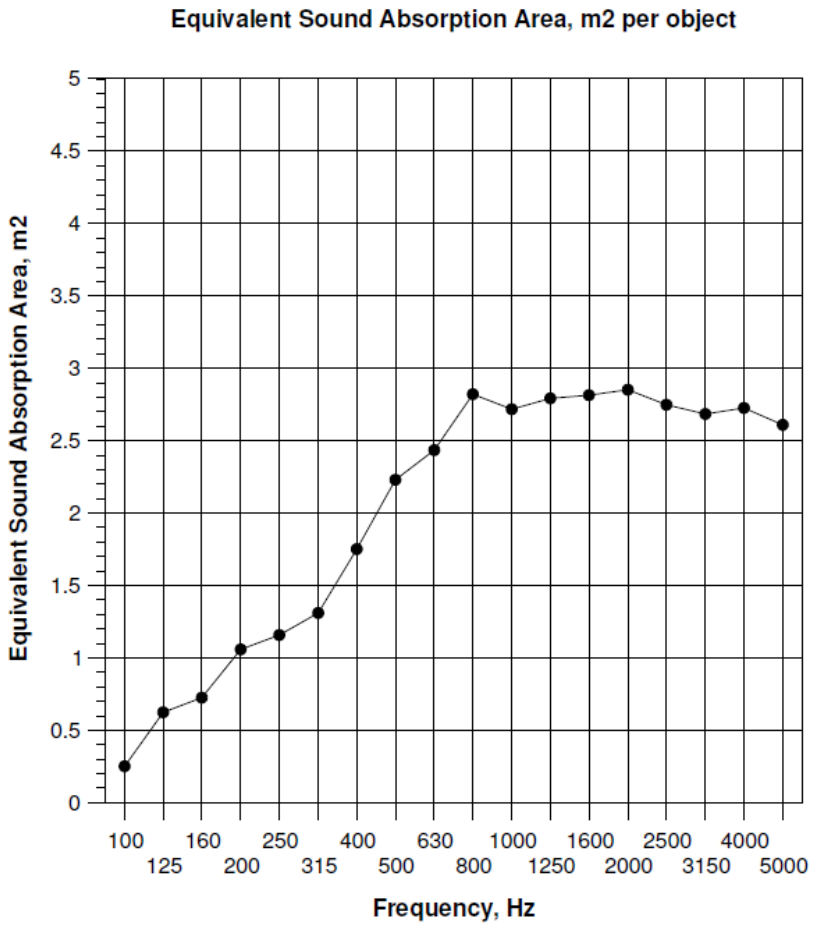
Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	α_w
nappe flottante	**0.26**	**0.77**	**0.88**	**1.04**	**1.15**	**1.08**	**1**
nappe encastrée	**0.48**	**0.81**	**0.82**	**0.96**	**0.92**	**0.89**	**0.9**

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les ilots acoustiques

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les ilots acoustiques



Test object	Equivalent sound absorption area in octave bands, (A_{obj} m^2)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Master Solo S 1200x1200 - 200 Single panel	0,5	1,1	1,9	2,2	2,2	1,9
Master Solo S 1200x1200 - 600 Single panel	0,5	0,8	1,7	2,6	2,7	2,5
Master Solo S 2400x1200 - 200 Single panel	0,9	2,4	3,4	4,0	4,1	3,8
Master Solo S 2400x1200 - 600 Single panel	1,1	1,9	3,5	4,9	5,1	4,9
Master Solo S 1800x1000 - 200 Single panel	0,7	1,3	2,2	2,8	2,9	2,5

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les ilots acoustiques

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les capteurs acoustiques muraux

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les capteurs acoustiques muraux

新幹線
www.vkgroup.be

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les stores et éléments de mobilier absorbants

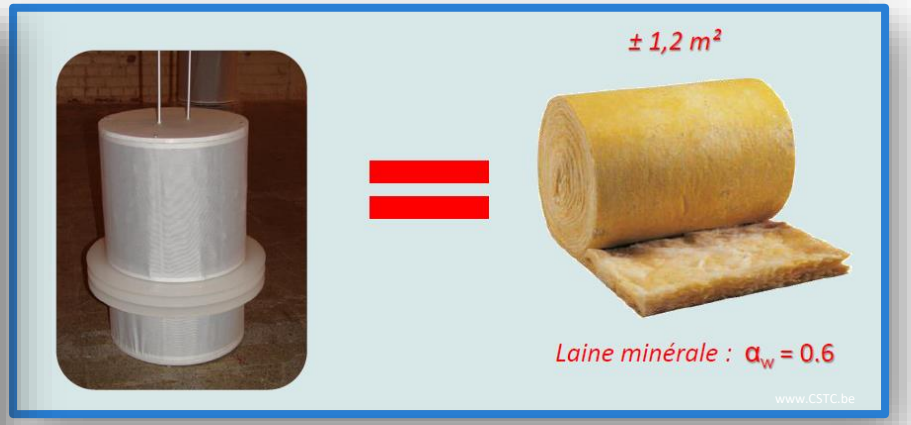
Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	αw	Class
lames 133 mm ouvertes	0.13	0.15	0.22	0.21	0.27	0.43	0.25	D (H)
lames 133 mm fermées	0.02	0.08	0.18	0.31	0.27	0.41	0.30	D

PV essais disponibles sur demande.
Les performances sont proches entre stores ouverts et fermés.

Bruxelles Environnement

La pratique de la correction acoustique des salles

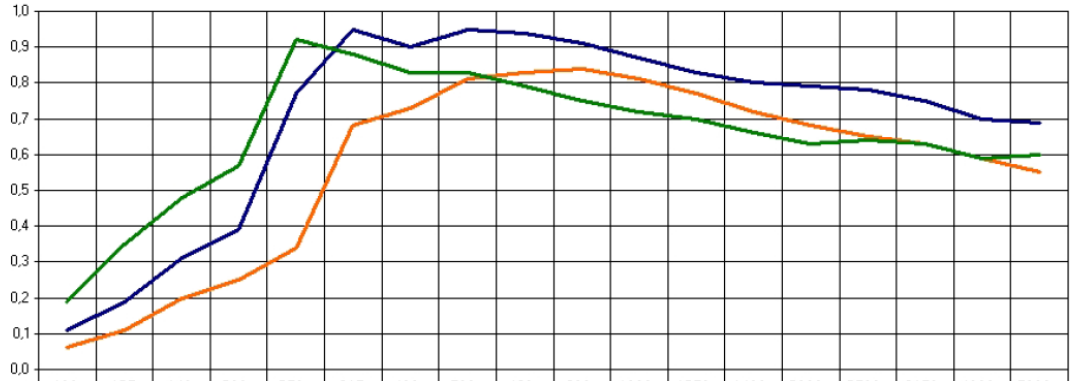
Matériaux pour la correction acoustique : les stores et éléments de mobilier absorbants



www.vkgroup.be

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : absorbants poreux revêtus d'un enduit acoustique



	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
30 mm	0,06	0,11	0,20	0,25	0,34	0,68	0,73	0,81	0,83	0,84	0,81	0,77	0,72	0,68	0,65	0,63	0,59	0,55
50 mm	0,11	0,19	0,31	0,39	0,77	0,95	0,90	0,95	0,94	0,91	0,87	0,83	0,80	0,79	0,78	0,75	0,70	0,69
70 mm	0,19	0,35	0,48	0,57	0,92	0,88	0,83	0,83	0,79	0,75	0,72	0,70	0,66	0,63	0,64	0,63	0,59	0,60

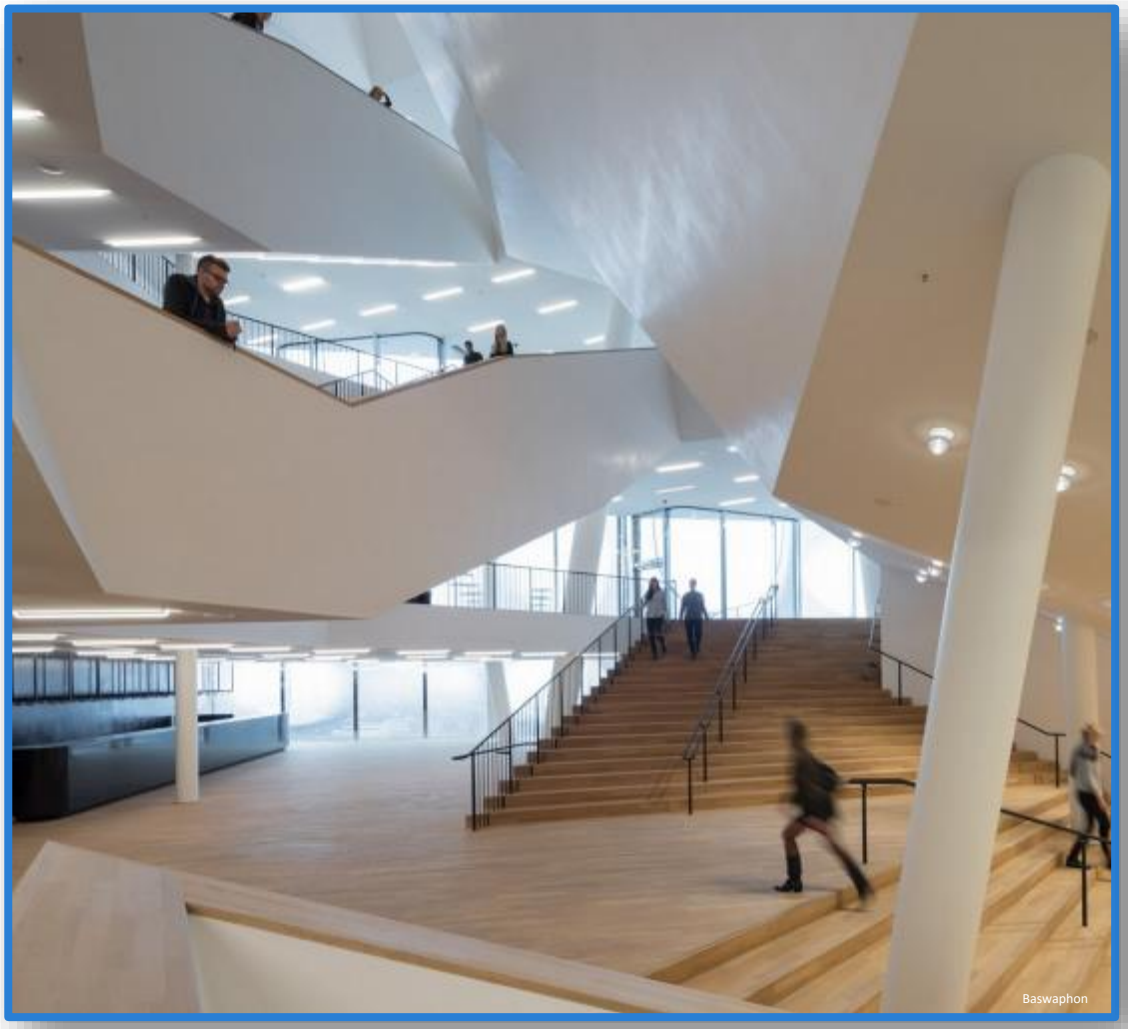
α_w
0,70
0,85
0,70

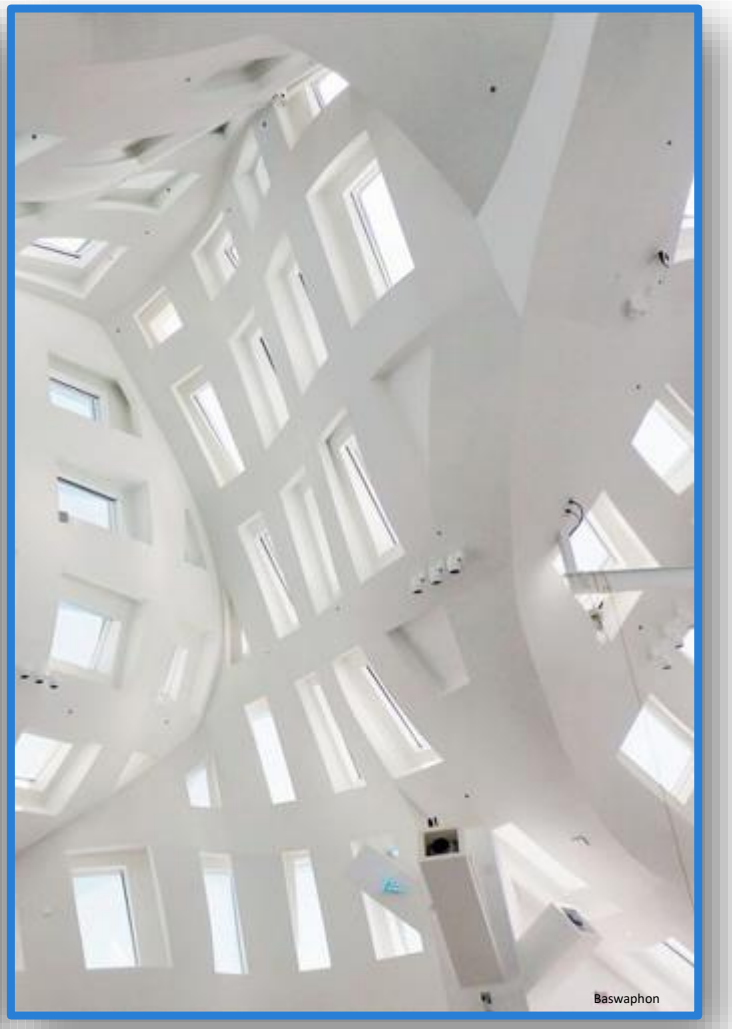
La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : absorbants poreux revêtus d'un enduit acoustique

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : absorbants poreux revêtus d'un enduit acoustique



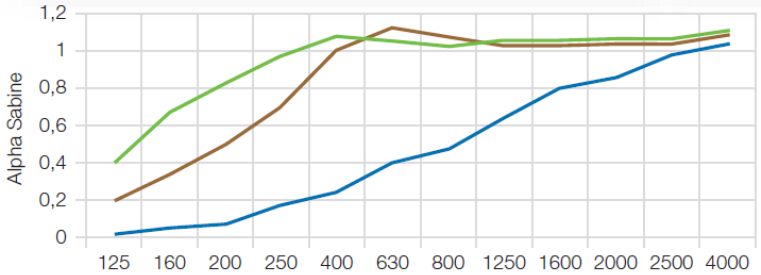


La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : absorbants poreux revêtus d'un enduit acoustique

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : projections absorbantes

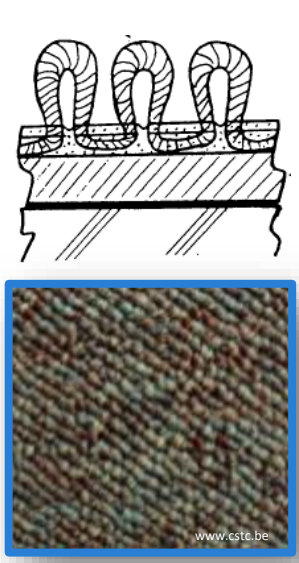


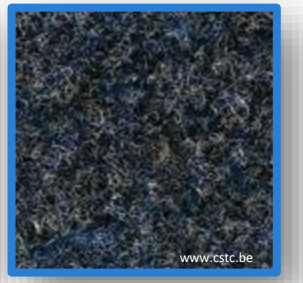
Épaisseur PROMASPRAY® P300	Support	Fréquence en hertz						NRC	α_w
		125	250	500	1000	2000	4000		
		Coefficient d'absorption α_p							
15 mm	Solide	0,05	0,20	0,45	0,70	0,75	0,40	0,53	0,45 (M, H)
25 mm		0,10	0,40	0,80	0,90	0,90	0,90	0,75	0,70 (H)

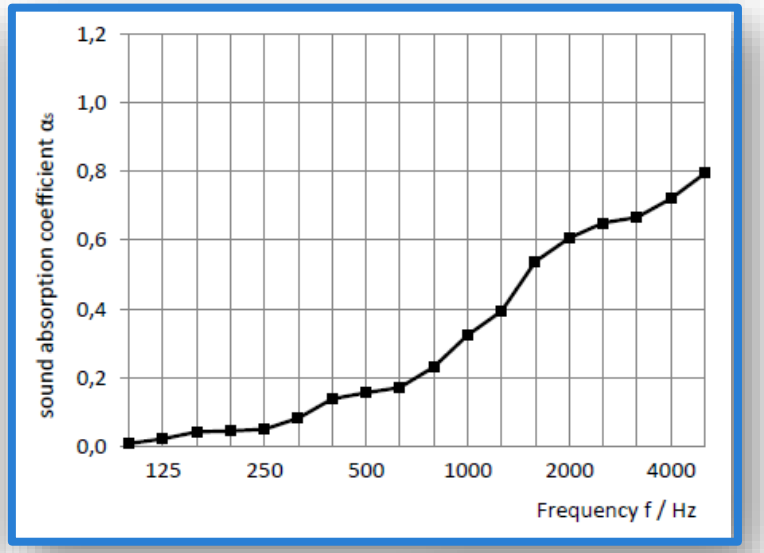
La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : absorbants poreux – les moquettes et tapis

Plus le tapis sera épais, à longs poils, plus l'absorption sera élevée (mais limitée : α_w 0,15 à 0,35).







	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	α_w
Laine min. 20 kg/m³ - 100 mm	0.38	0.76	0.96	0.93	0.96	1.04	0.85
Moquette – valeurs courantes	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37	0.25

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les résonateurs de Helmholtz

Résonateur de Helmholtz = élément formé d'un goulot et d'une cavité (exemple : bouteille)

Vibrations sonores → vibration à la fréquence propre → deux conséquences :

- Amplification à courte distance,
- Atténuation à une distance plus éloignée.

Principe : il "prend" de l'énergie dans la salle pour réaliser l'amplification à proximité du goulot. Bilan énergétique total de la salle : moins d'énergie à cette fréquence dans le reste de la salle.

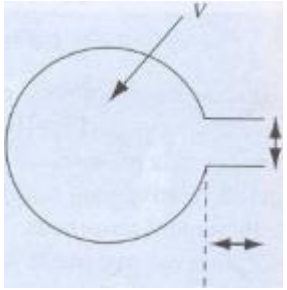
On peut le combiner à un absorbant poreux.

→ Domaine d'action : FREQUENCE PROPRE DU SYSTEME :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\gamma P_0 S}{\rho_0 l V}}$$

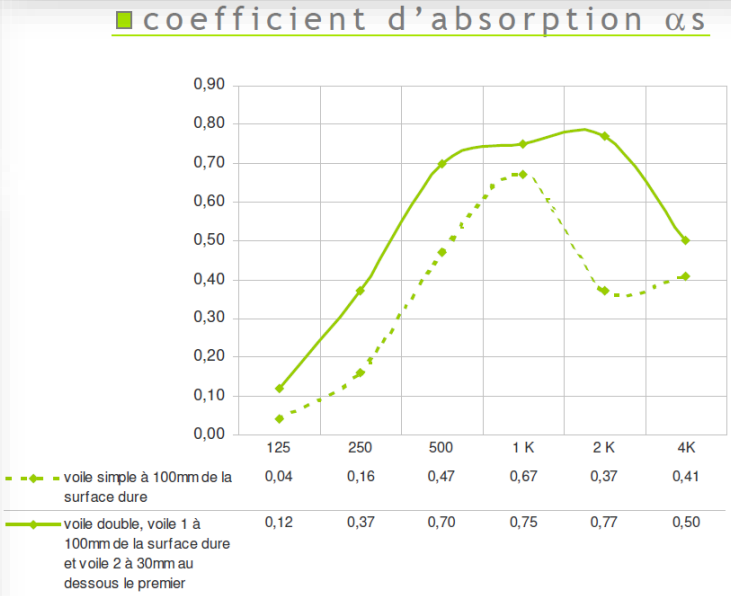
Avec :

- S : surface du goulot,
- l : longueur du goulot,
- P_0 : pression atmosphérique statique (101 325 Pa),
- V : volume de la cavité (hors goulot),
- ρ_0 : masse volumique de l'air (1.2 kg/m³ à 20°C),
- γ : constante thermodynamique = 1.4.



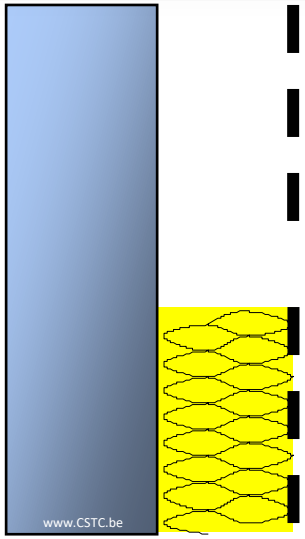
La pratique de la correction acoustique des salles

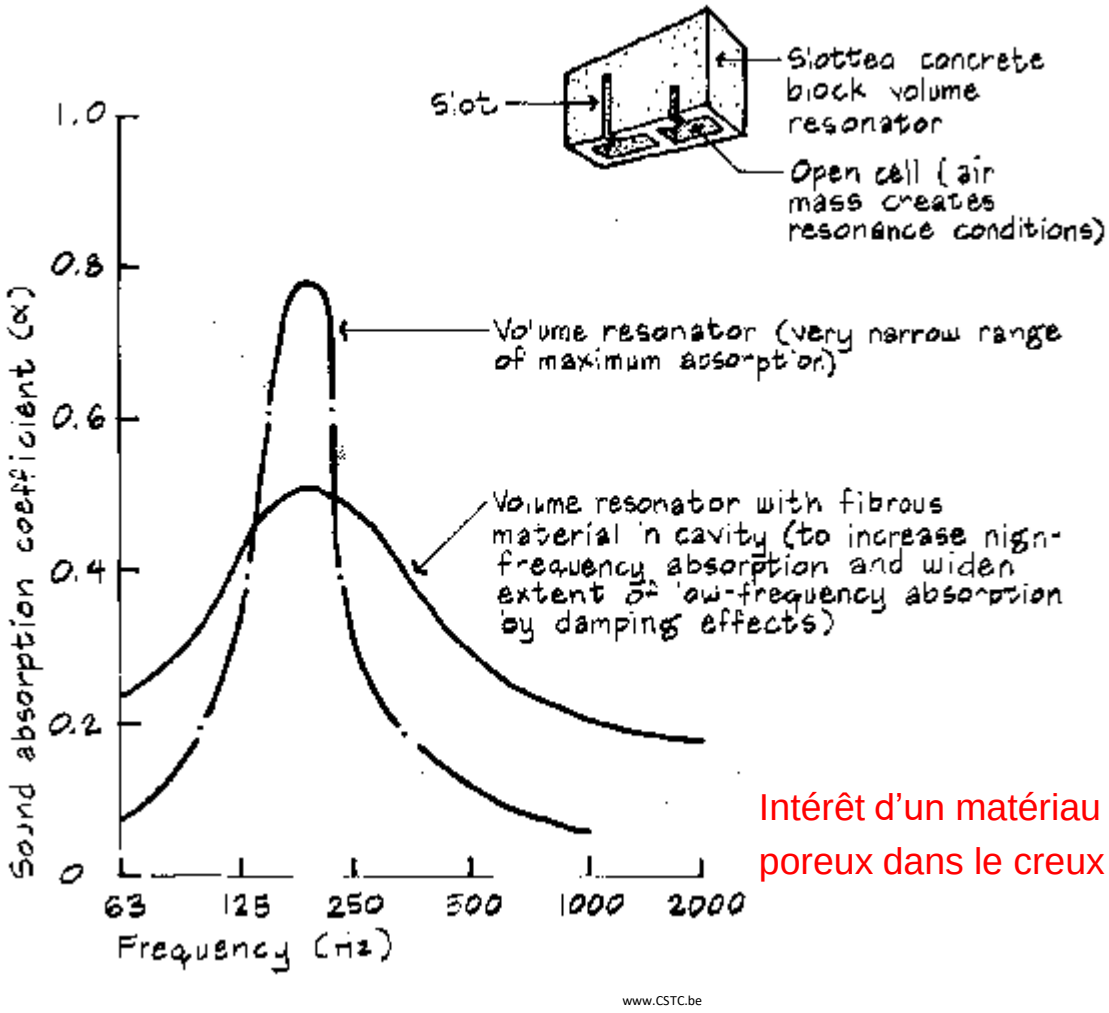
Matériaux pour la correction acoustique : les résonateurs de Helmholtz



La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les résonateurs combinés à des matériaux poreux



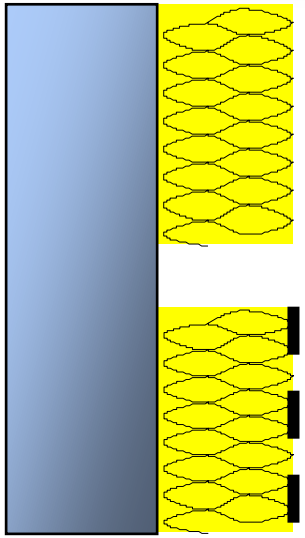


Intérêt d'un matériau poreux dans le creux

Bruxelles Environne

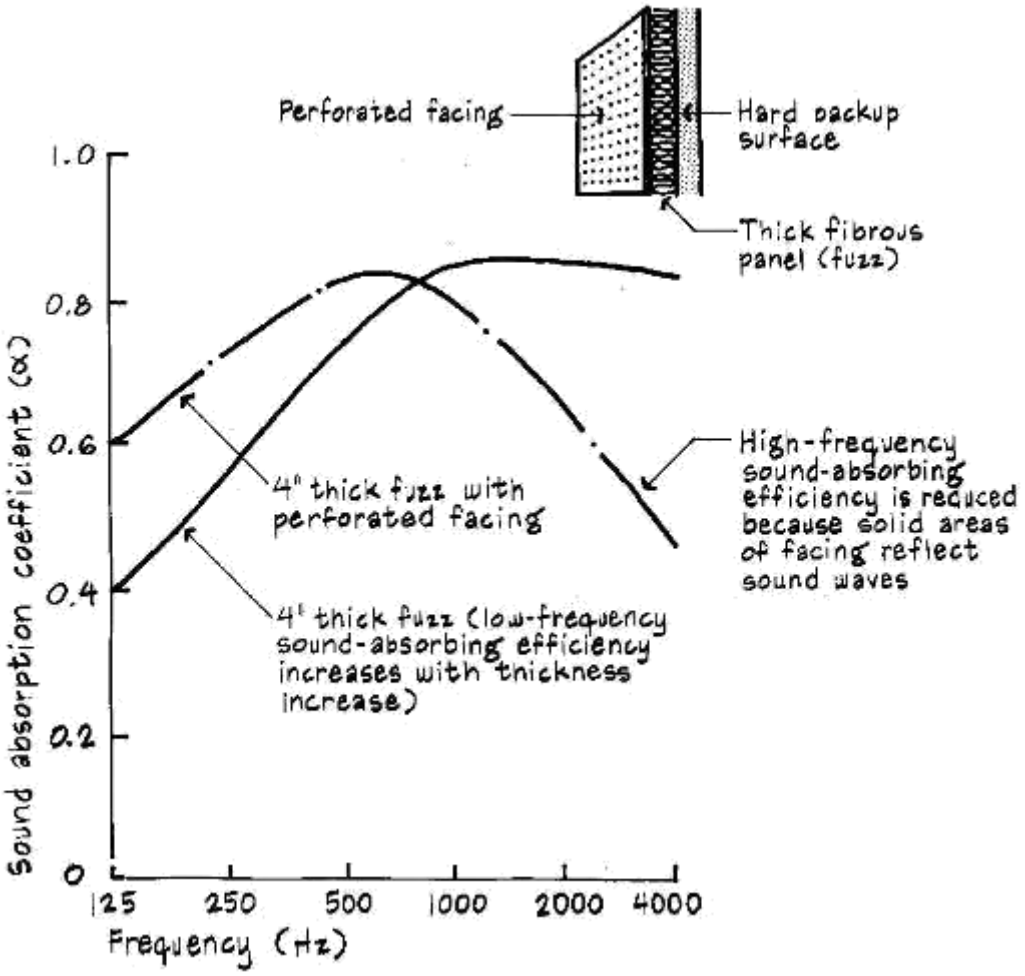
La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les résonateurs combinés à des matériaux poreux



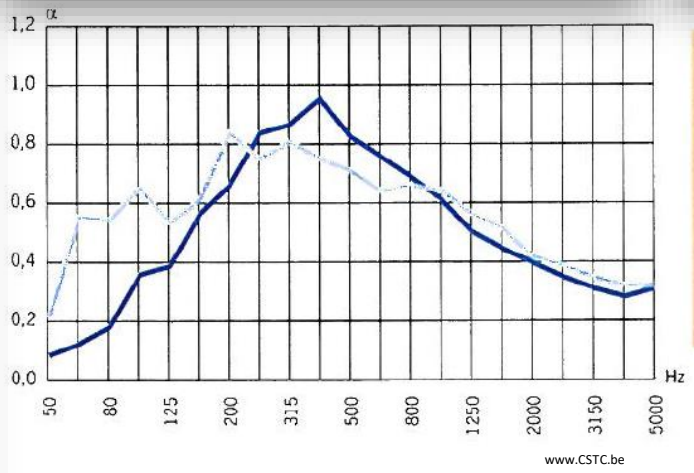
(a)

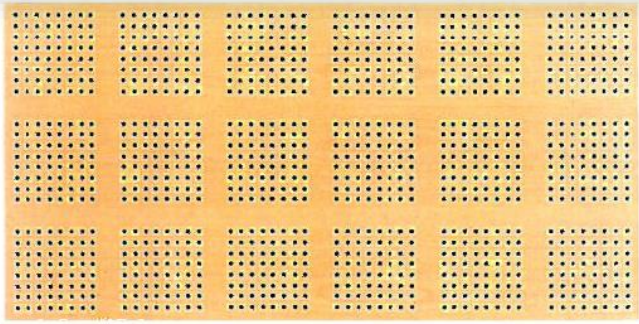
(b)



La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les panneaux de bois perforés (sans/avec un absorbant poreux)





A = 20 mm, *B = 30 mm, **C = 30 mm, E = 20 mm,
Ø = 8 mm. Module measurement 200 x 200 mm.
Absorption class D. Open area 8%.

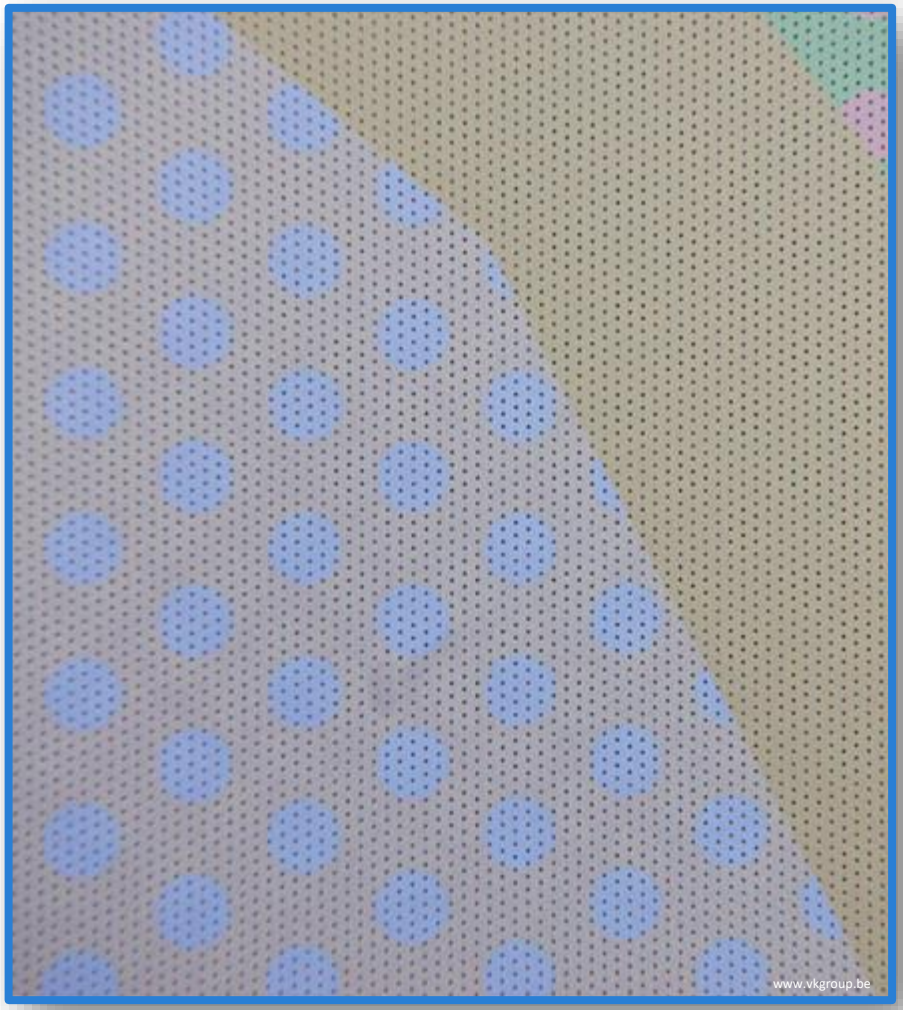
www.CSTC.be

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les panneaux de bois micoperforés

La pratique de la correction acoustique des salles

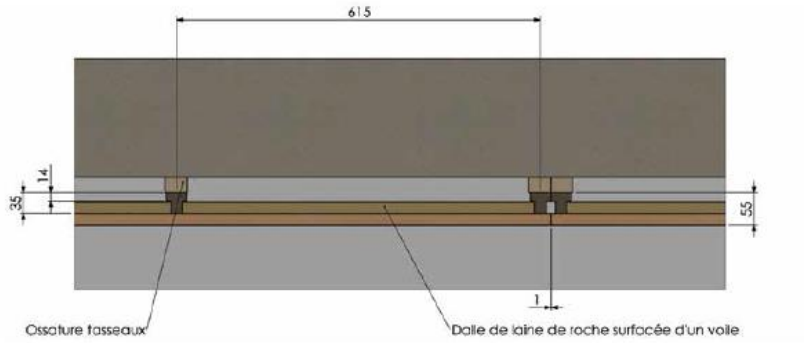
Matériaux pour la correction acoustique : les panneaux de bois micoperforés imprimés



La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : matériaux poreux derrière lattage bois

Mise en oeuvre vue de coupe

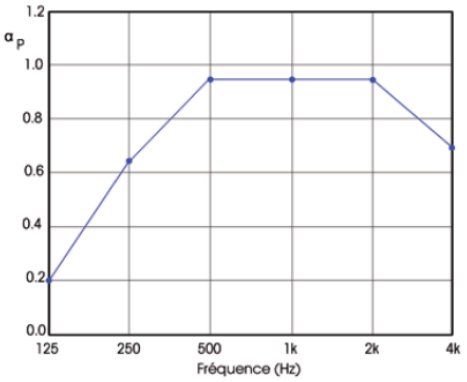


Lauder LINEA mur 4.2.4
+ LR 20 MM sur plénum
E50 mm

F(Hz)	αp
125	0,20
250	0,65
500	0,95
1000	0,95
2000	0,95
4000	0,70

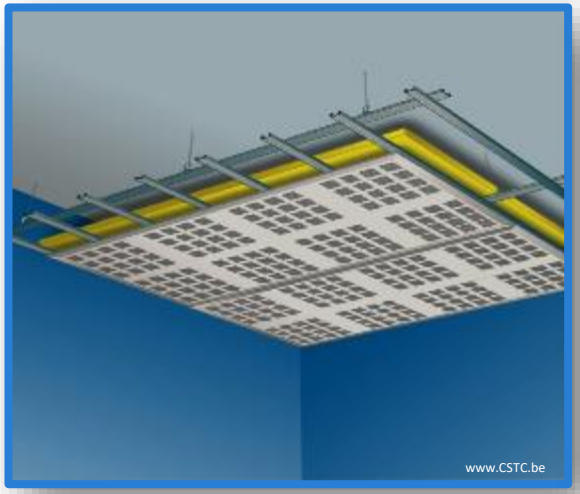
Indice pondéré :

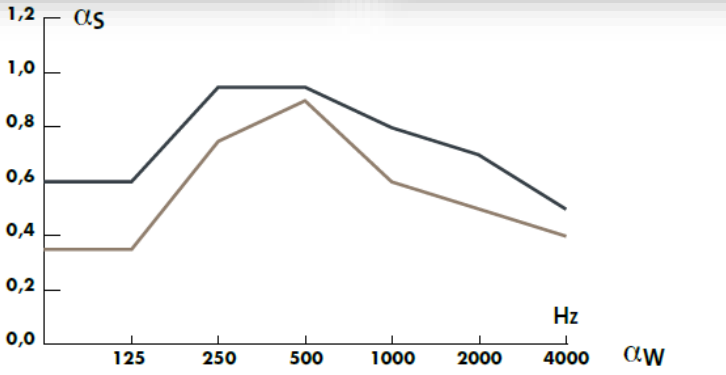
αw = 0,85



La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les plaques de plâtre perforées (sans/avec un absorbant poreux)

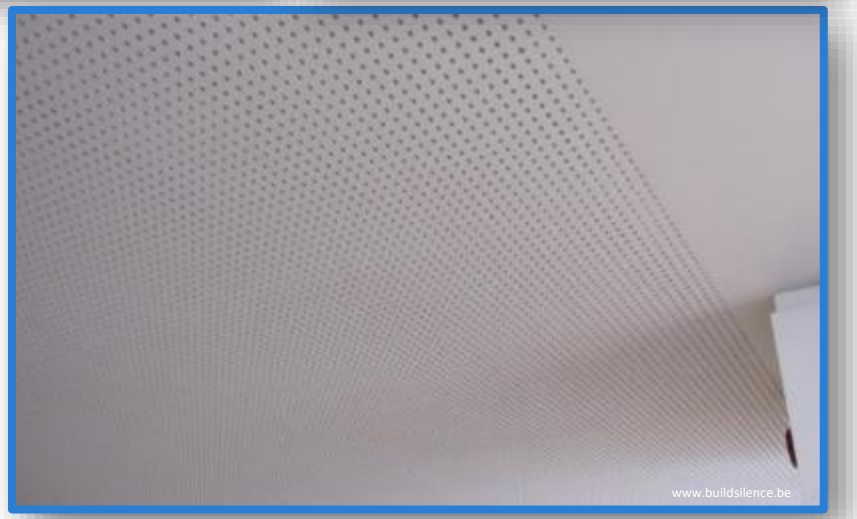




Plénum 200 mm / laine 50 mm	0,60	0,95	0,95	0,80	0,70	0,50	0,70 (LM)
Plénum 200 mm / sans laine	0,35	0,75	0,90	0,60	0,50	0,40	0,55 (LM)

PV Accon GmbH n° ACB-0399-1845/3 - PV Accon GmbH n° ACB-0399-1845/2

www.knauf.be



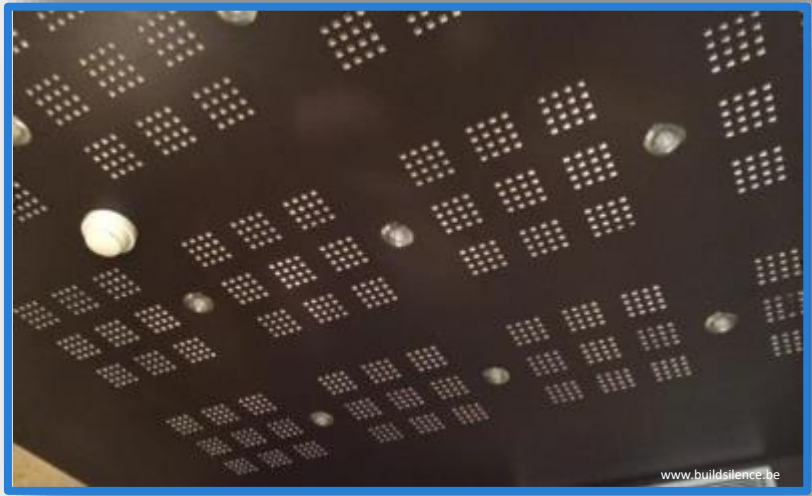
La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les plaques de plâtre perforées (sans/avec un absorbant poreux)

L'absorbant utilisé avec ces panneaux est habituellement une laine minérale mais placé derrière les perforations, un absorbant écologique (tel que décrit ci-avant) devrait permettre d'obtenir un résultat pratiquement identique à celui obtenu avec de la laine minérale.

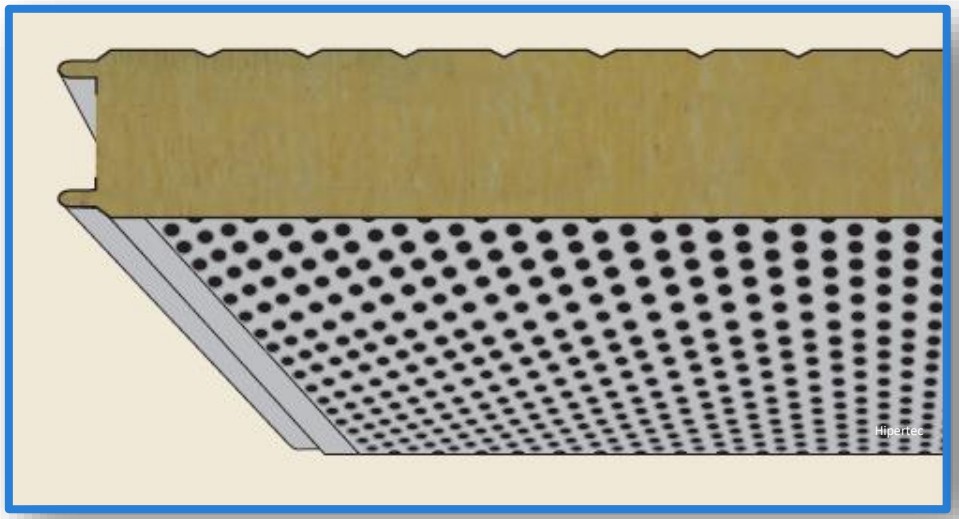
La pratique de la correction acoustique des salles

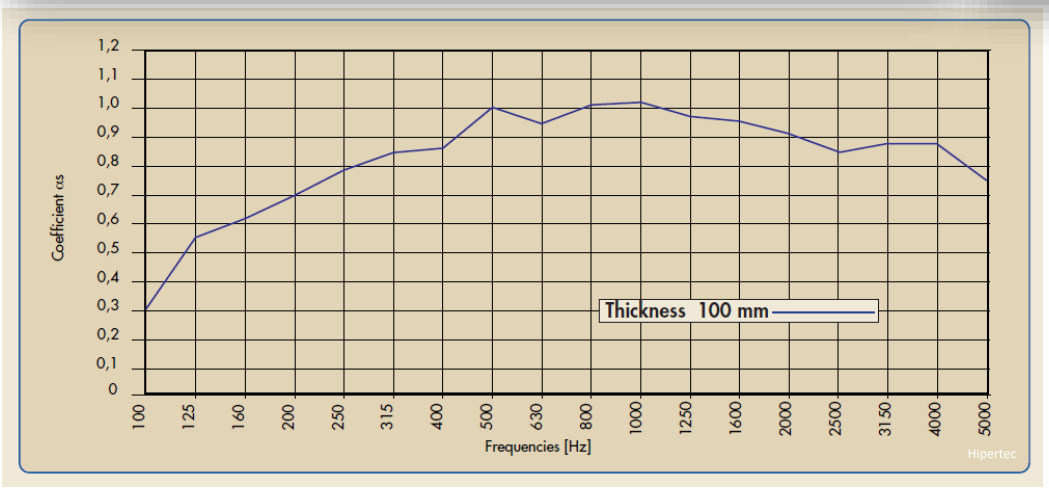
Matériaux pour la correction acoustique : les plaques de plâtre perforées (sans/avec un absorbant poreux)



La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : bardages et cassettes métalliques perforées





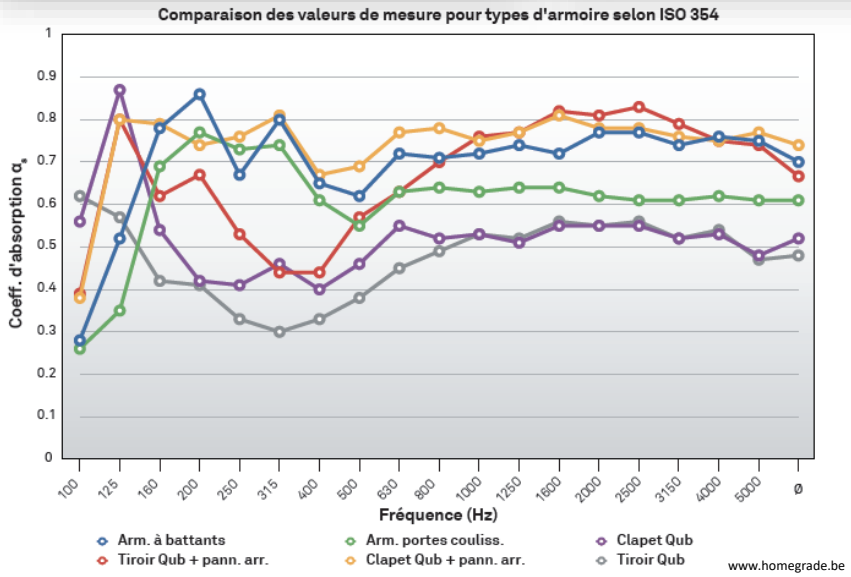
La pratique de la correction acoustique des salles

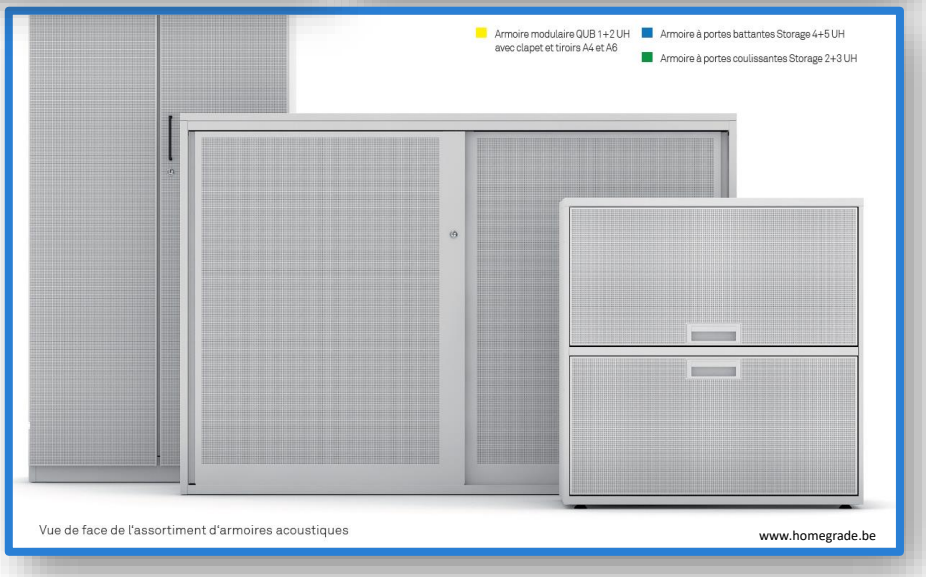
Matériaux pour la correction acoustique : bardages et cassettes métalliques perforées

www.vkgroup.be

La pratique de la correction acoustique des salles

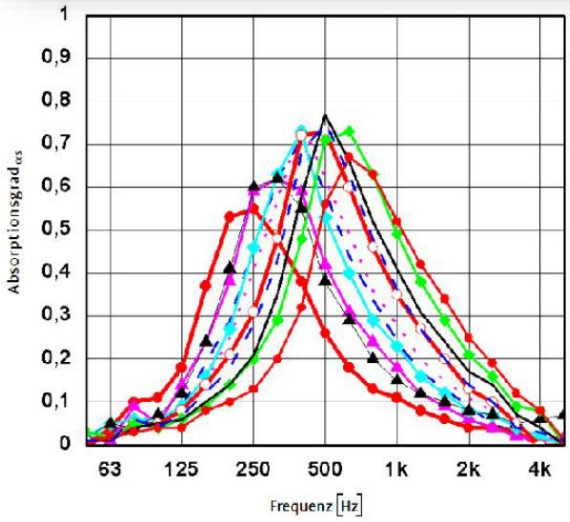
Matériaux pour la correction acoustique : mobilier absorbant - résonateurs





La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les résonateurs de Helmholtz



La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les diaphragmes - absorbants à membrane – principes de l'absorption

Diaphragmes ou panneaux acoustiques = panneaux placés à une distance d d'un mur.

Vibrations sonores → vibration du panneau + de la lame d'air → masse lourde, vibre en basses fréquences.

→ Domaine d'absorption : BASSES FREQUENCES, surtout à la fréquence propre du panneau :

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{\rho_s d}}$$

Avec : d : distance par rapport au mur (m),

ρ_s : masse par unité de surface du panneau (kg/m²).

Exemple :

Soit un panneau MDF revêtu (ρ_s = 5 kg/m²), à 8 cm du mur

→ sa fréquence propre = 95 Hz.

Si on place un matériau absorbant entre le panneau et le mur

→ absorption sur une zone fréquentielle plus large.

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les diaphragmes - absorbants à membrane – principes de l'absorption

Diaphragmes ou panneaux acoustiques = panneaux placés à une distance d d'un mur.

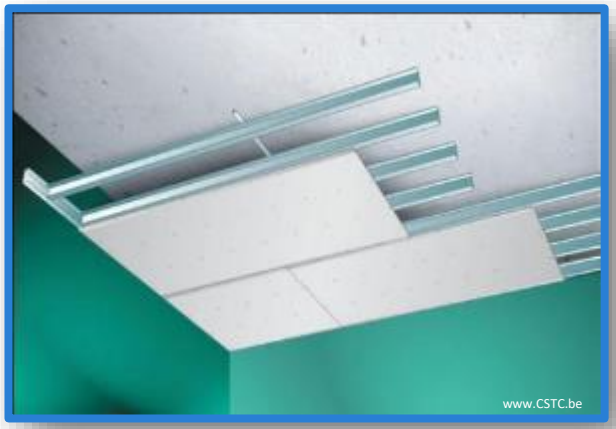
Vibrations sonores → vibration du panneau + de la lame d'air → masse lourde, vibre en basses fréquences.

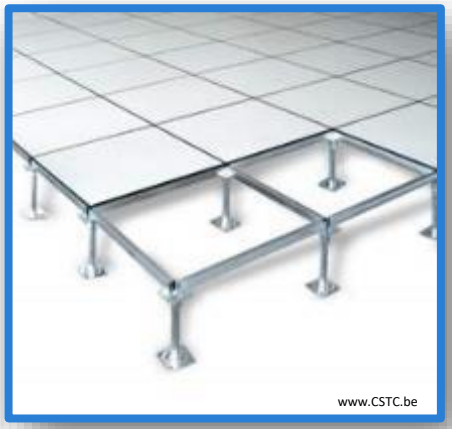
→ Domaine d'absorption : BASSES FREQUENCES, surtout à la fréquence propre du panneau :

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{\rho_s d}}$$

Avec : d : distance par rapport au mur (m),

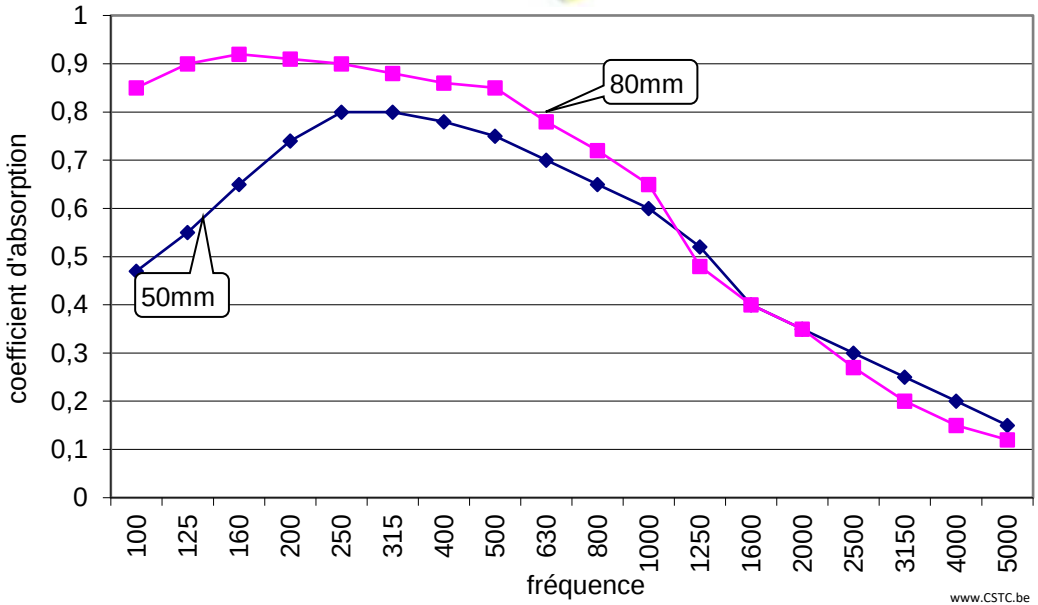
ρ_s : masse par unité de surface du panneau (kg/m²).

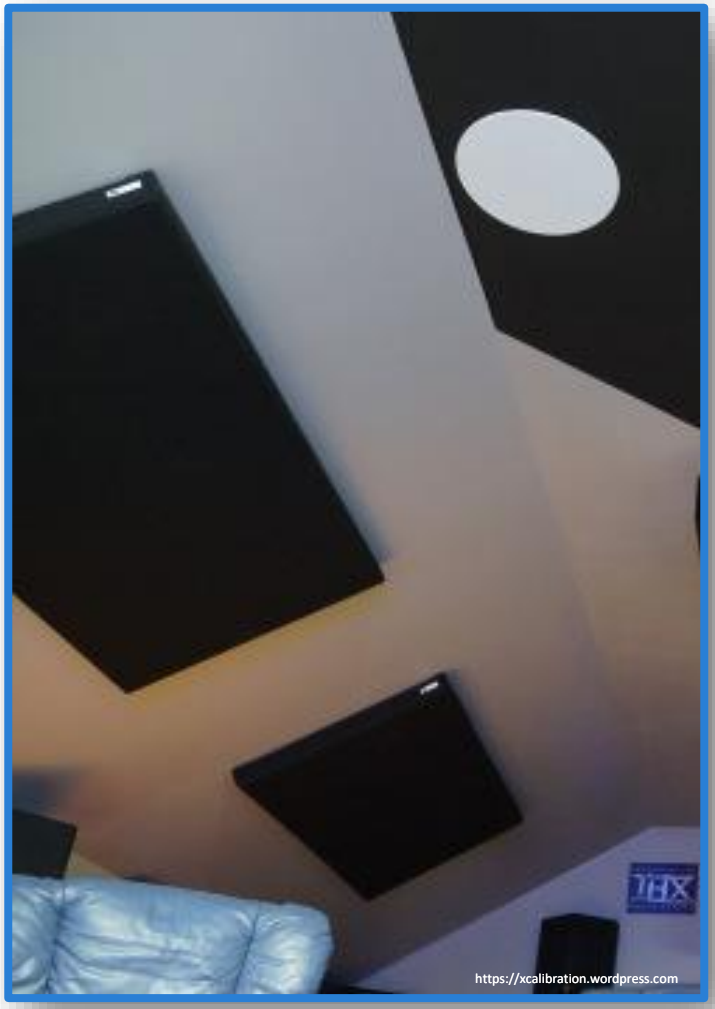




La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les diaphragmes - absorbants à membrane



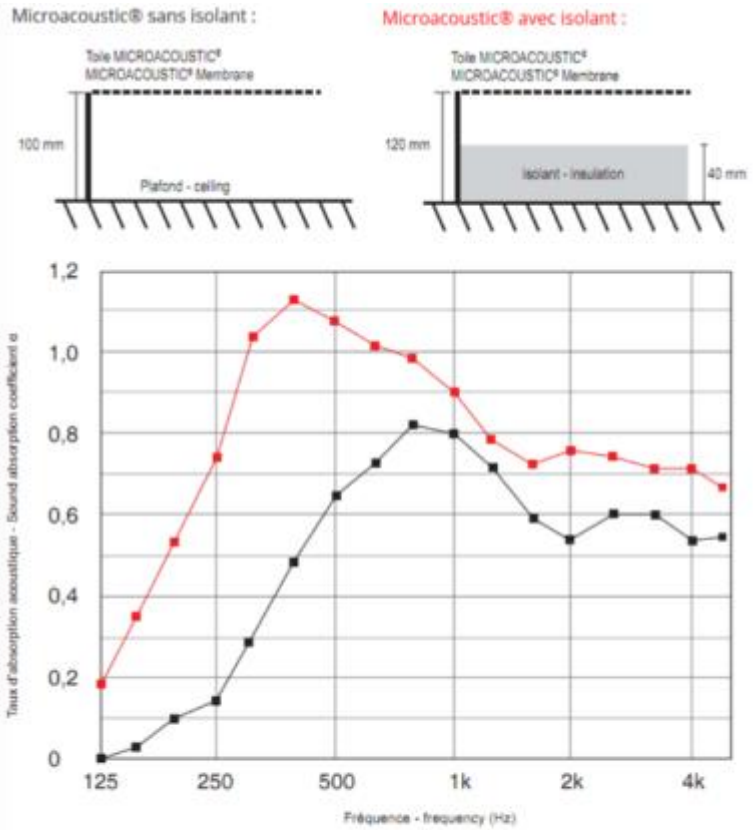


La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les diaphragmes - absorbants à membrane

La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les toiles tendues



Indices d'absorption acoustique	Sans isolant	Avec isolant
Moyenne d'absorption selon ASTM C423 - 01	SAA = 0.54	SAA = 0.86
Coefficient de réductiondu bruit selon ASTMC423 -01	NRC = 0.50	NRC = 0.90
Coefficient d'absorption acoustique mesuré selon DIN EN 11654	αw=0,50 (M)	αw=0,80
Classe d'absorption acoustique selon DIN EN 11654	D	B

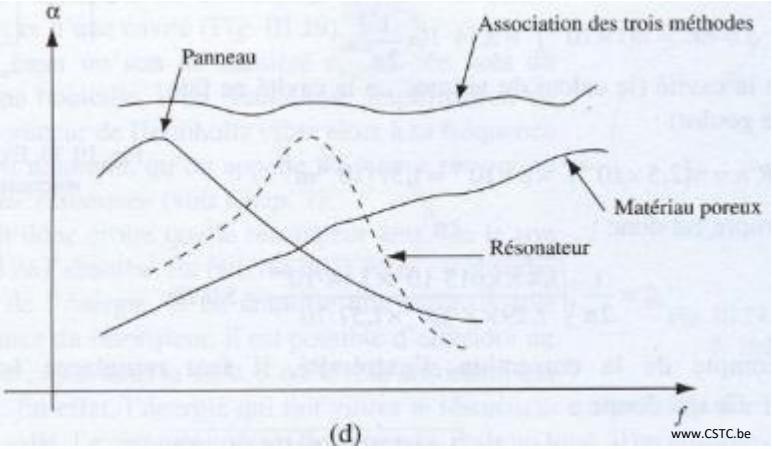
www.vkgroup.be

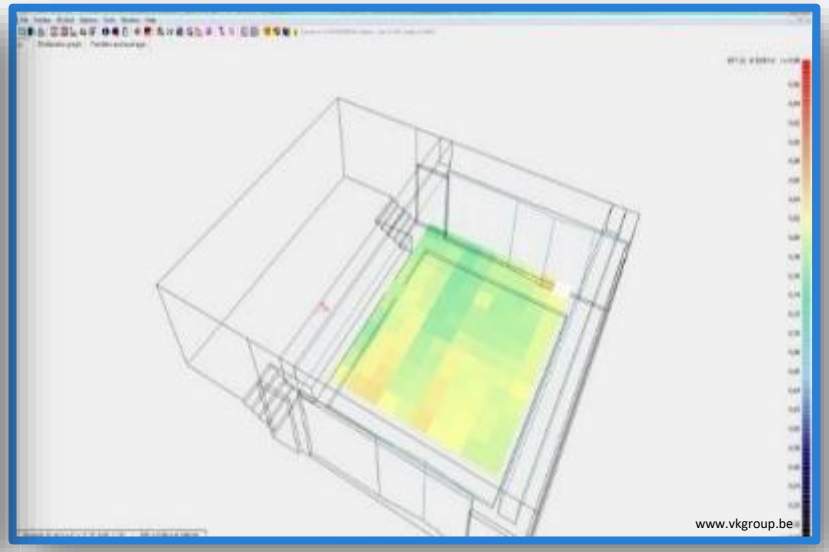
La pratique de la correction acoustique des salles

Matériaux pour la correction acoustique : les panneaux diffusants

La pratique de la correction acoustique des salles

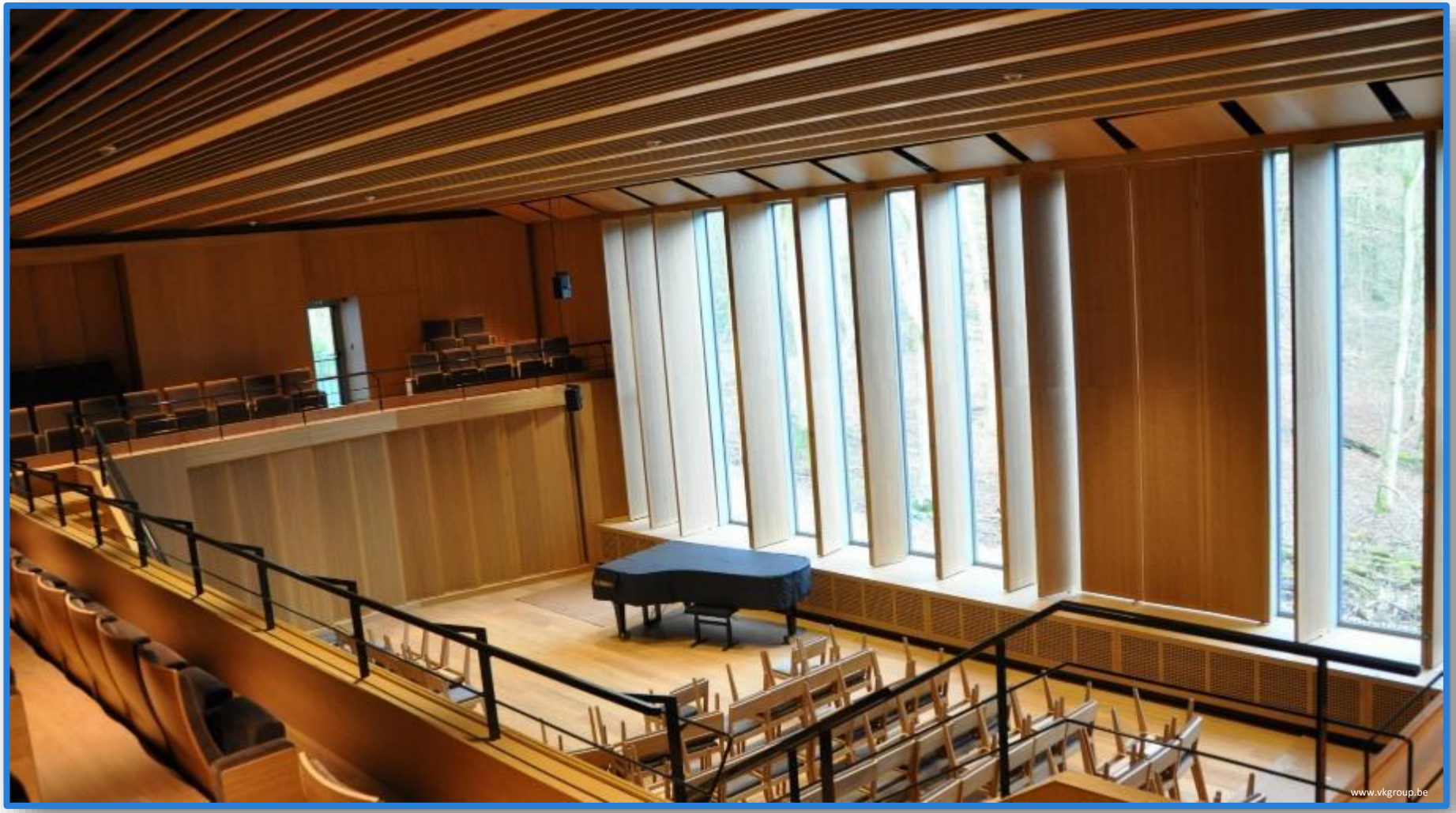
Acoustique des salles : association de différents dispositifs d'absorption couvrant l'ensemble du spectre





La pratique de la correction acoustique des salles

Acoustique des salles : les salles avec temps de réverbération variable

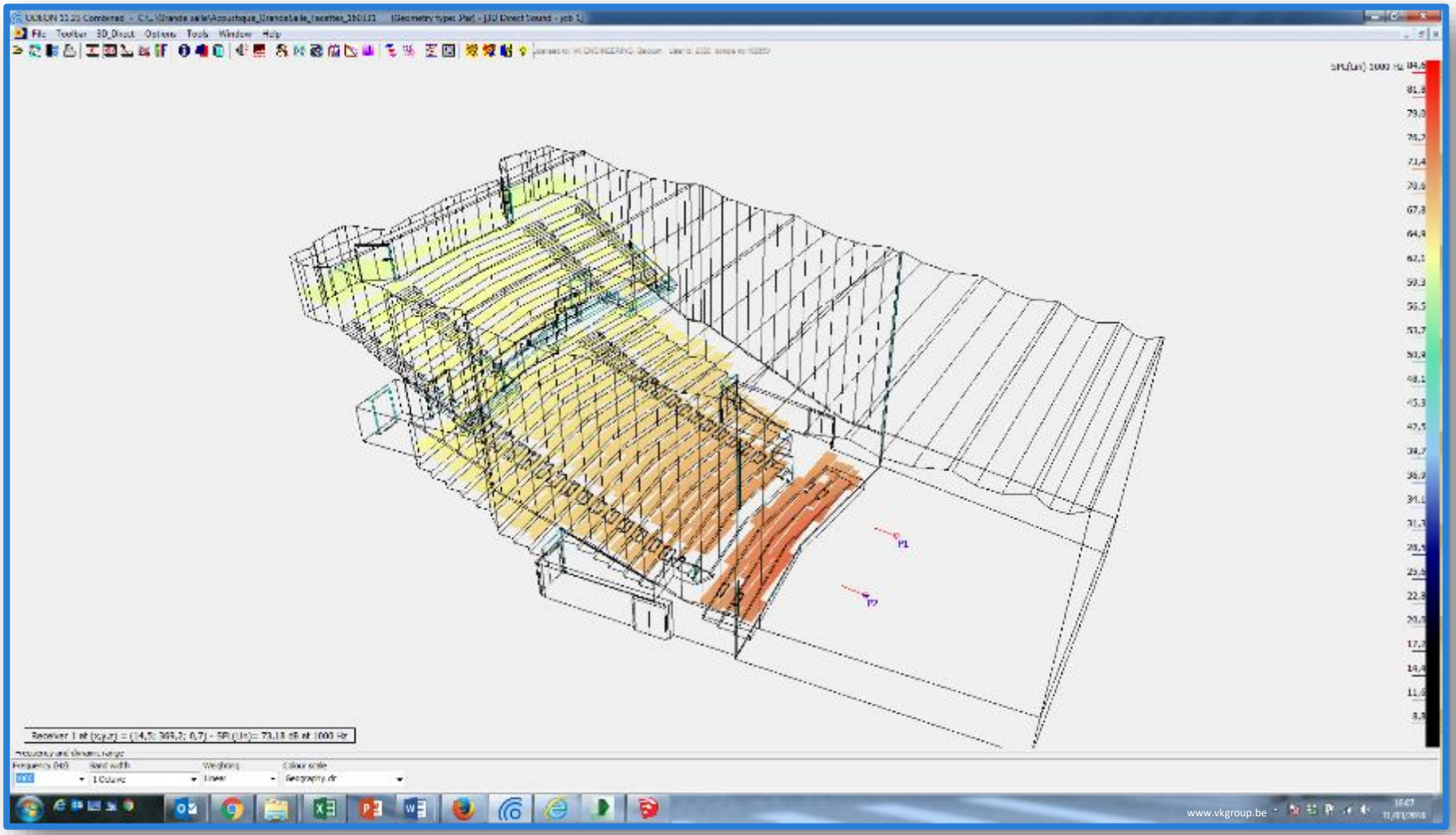


La pratique de la correction acoustique des salles

Acoustique des salles : les salles avec temps de réverbération variable

La pratique de la correction acoustique des salles

Acoustique des salles : logiciels de simulation acoustique (tirs de rayons)



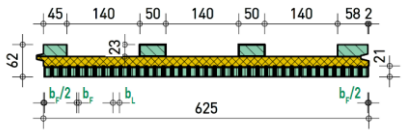
La pratique de la correction acoustique des salles

Acoustique des salles : association de différents dispositifs d'absorption couvrant l'ensemble du spectre

Variante d'absorbeur A50G

Env. 50 % de part d'absorbeur dans la couche transversale, absorbeur : fibres de bois souples

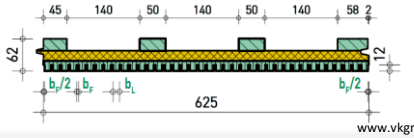
Coupe transversale :



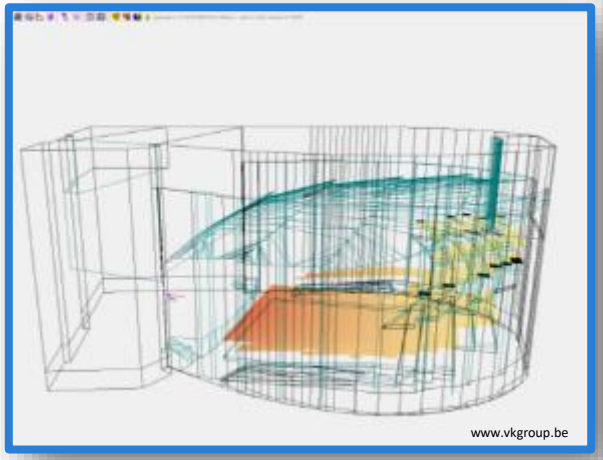
Variante d'absorbeur R0 (« réfléchissant »)

Les rainures sont moins profondes et n'atteignent pas la couche d'absorbeur.

Coupe transversale



www.vkgroup.be

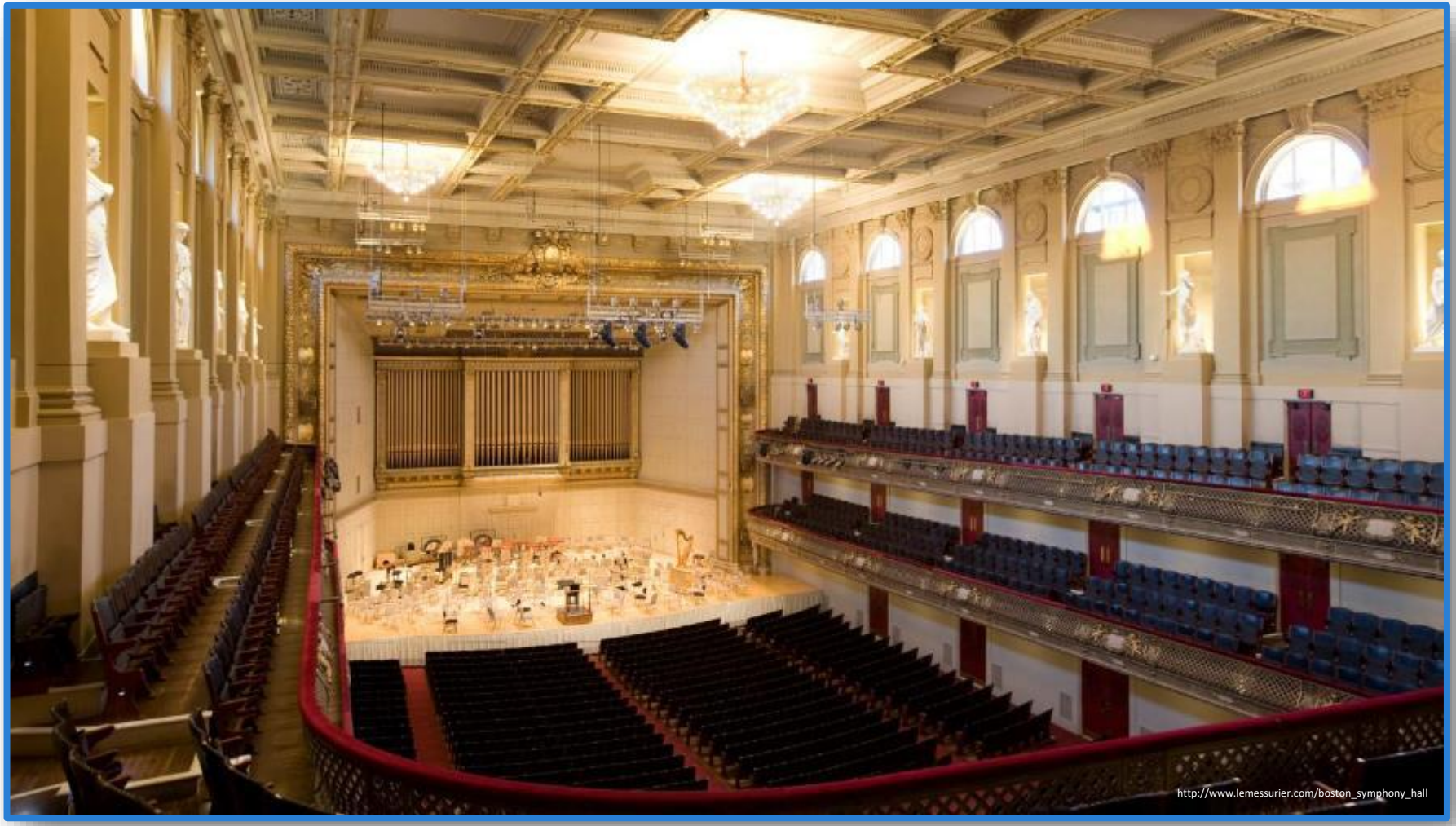


La pratique de la correction acoustique des salles

Acoustique des salles : optimisation acoustique des salles “polyvalentes”

La pratique de la correction acoustique des salles

Acoustique des salles : les meilleures salles au monde : le Boston Symphony Hall



Informations sur les produits absorbants (liste non exhaustive)

http://www.ruaud.com/

http://www.doxacoustics.com/

http://www.bruynzeelmultipanel.com/

http://www.abbarrisol.com/

http://www.sto.at/

http://www.rockfon.be

http://www.decoustics.com

www.ecophon.com

www.doxacoustics.be

www.caldic.be

http://www.texaa.com

Outils, sites internet, etc… intéressants :

- **Guide Bâtiment Durable**

➢ Page d’accueil

© Jason Rosewell / Unsplash.com

➢ Dossier | Assurer le confort acoustique

- ➢ Dispositif | Acoustique d'une paroi massive simple
- ➢ Dispositif | Acoustique d'une paroi légère en plaques de plâtre
- ➢ Dispositif | Acoustique d'un plancher porteur massif
- ➢ Dispositif | Matériaux d'isolation pour les bruits d'impact
- ➢ Vue d’ensemble des dispositifs

Source: Pexels / Pixabay.com

➢ Dossier | Minimiser la contribution acoustique du bâtiment au quartier

Outils, sites internet, etc… intéressants :

- ACOUSTIQUE PRATIQUE – J. Desmons – EDIPA, Paris – 2004.
- L'ACOUSTIQUE DU BÂTIMENT PAR L'EXEMPLE – M. Meisser – Le Moniteur, Paris – 1994.
- ACOUSTIQUE PRATIQUE – J. Desmons – EDIPA, Paris – 2004.
- BOUWAKOESTIEK – G. Vermeir – Faculteit Toegepaste Wetenschappen, K.U. Leuven – 2003.
- CORRECTION ET ISOLATION ACOUSTIQUE – J. Boeckstael / M. Van Damme – Institut Supérieur Industriel de la Communauté Française, Mons – 1999.
- LA PRATIQUE DE L'ISOLATION ACOUSTIQUE DES BÂTIMENTS – J. Pujolle – Editions du Moniteur, Paris – 1978.
- ZAALAKOESTIEK – D. De Vries – Hogere Cursus Akoestiek, Antwerpen – 2002.
- Articles et conférences du CSTC 2001-2014 – www.cstc.be – www.normes.be

Contact

Manuel VAN DAMME

Acoustical Expert @ Build Silence

www.buildsilence.be

mvd@buildsilence.be

+32 (0)478/98.98.42

Build Silence

Acoustical Experts & Engineers