

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ACOUSTIQUE : CONCEPTION
ET MISE EN ŒUVRE

PRINTEMPS 2022

Isolation aux bruits aériens
Principes et matériaux

Manuel VAN DAMME

Objectif(s) de la présentation

- Donner des outils pour aider à choisir au mieux les matériaux destinés à l'isolation aux bruits aériens.



Plan de l'exposé

- Différence entre isolement acoustique et indice d'affaiblissement acoustique,
- Influence du choix du matériau sur la performance acoustique d'une paroi simple
- Performances acoustiques des parois doubles
- Performances acoustiques des matériaux écologiques et spécificité de mise en œuvre
- Doublages acoustiques des murs et planchers





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens



cstc.be



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Bruits aériens : **définition**

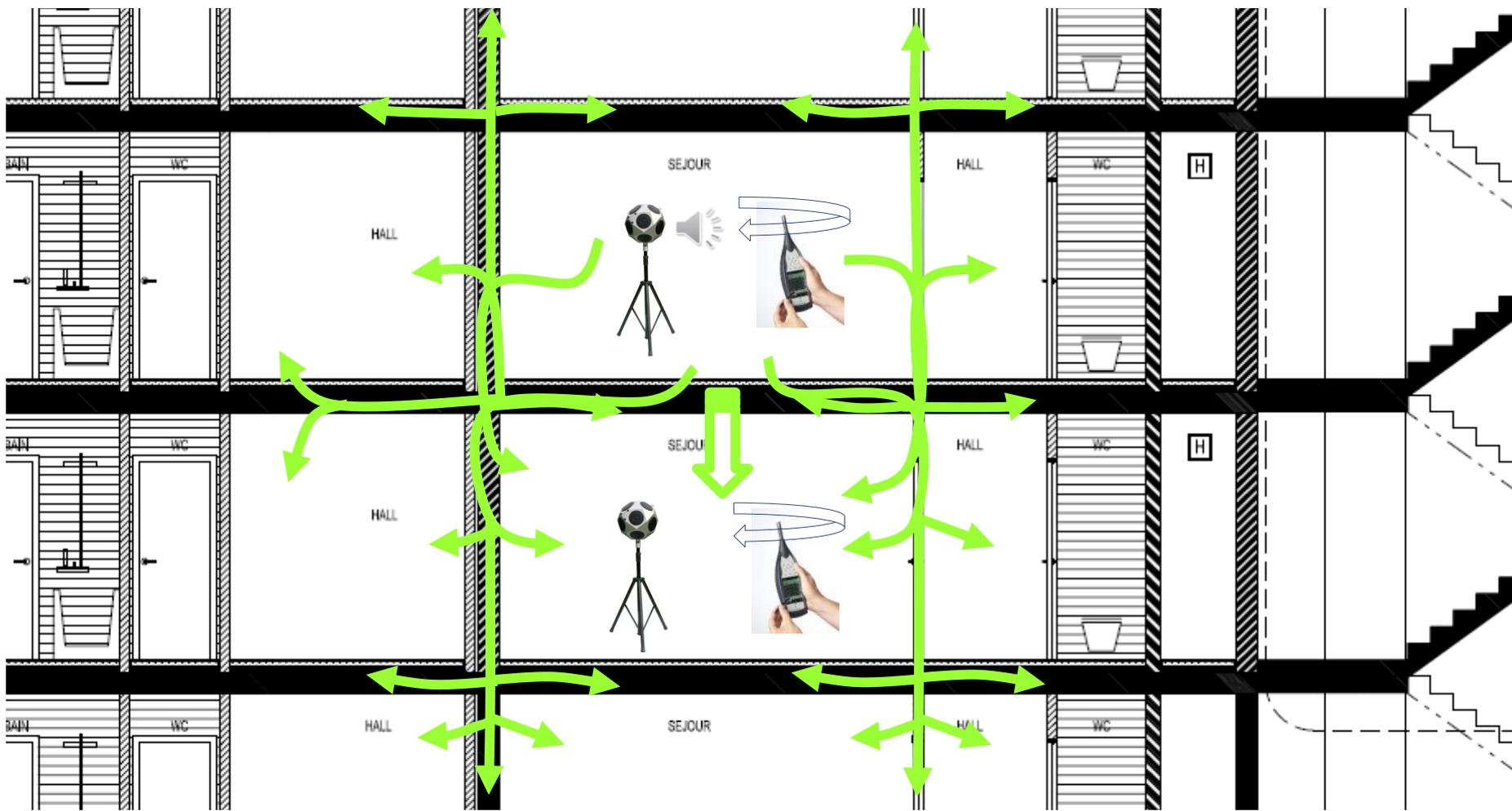
Définition : Dans les immeubles de logement, on entend par **environnement acoustique normal** pour le bruit aérien dans une pièce voisine, des niveaux de pression pondéré A **inférieurs à 80 dB(A)**.





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : **source de bruit rose – transmission directe et transmissions latérales**



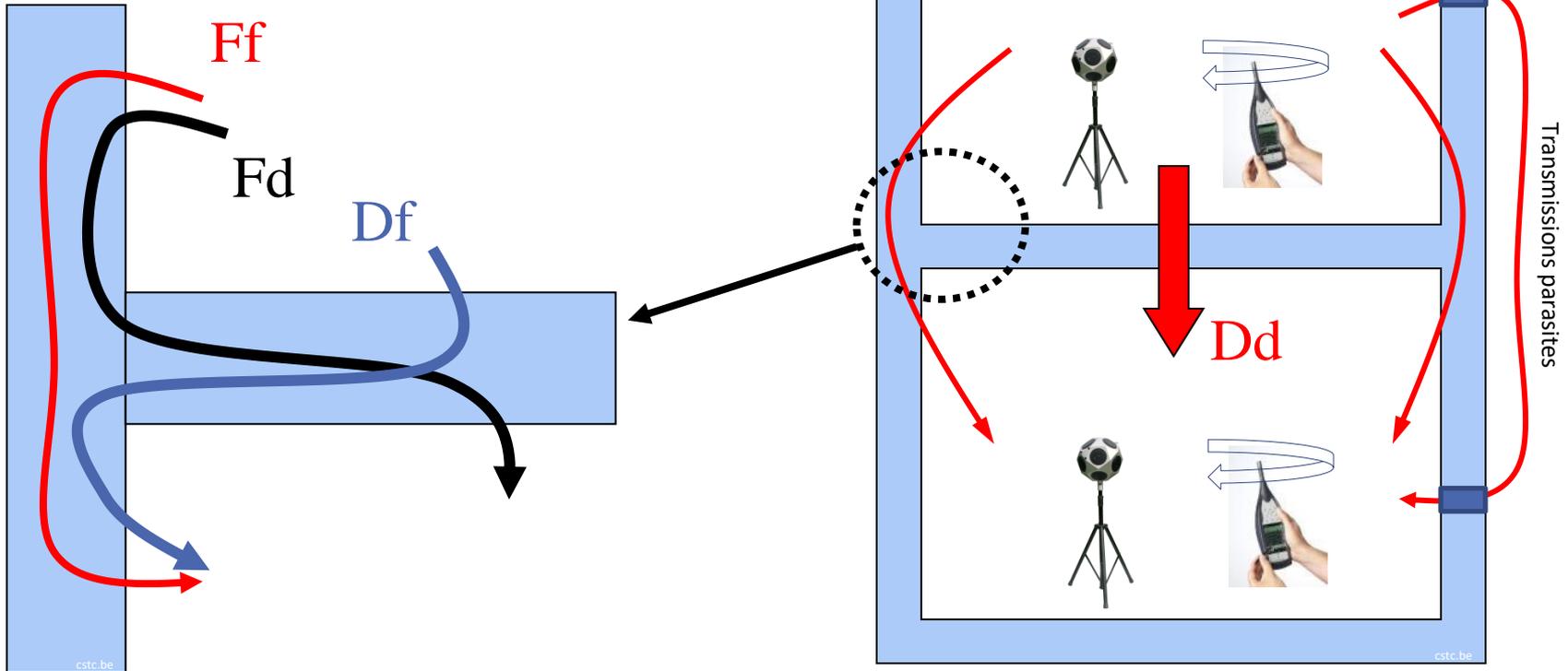




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : **source de bruit rose – transmission directe et transmissions latérales**

- Voie de transmission directe D_d
- 4 x 3 voies de transmission latérales F_f , F_d et D_f
- Transmissions parasites



La transmission globale = la transmission directe + somme des transm. latérales



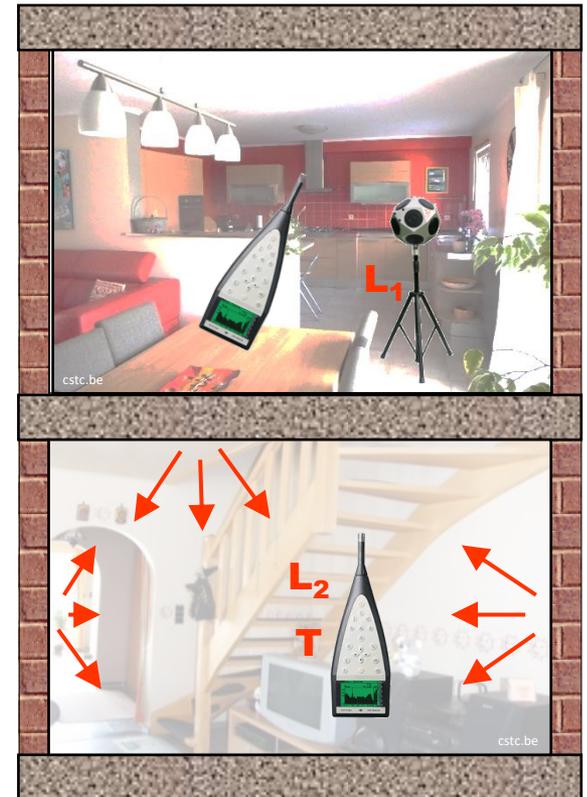
Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : **l'isolement acoustique aux bruits aériens entre deux locaux**

L'isolement acoustique standardisé :
$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0}$$

Avec, mesurés en **bandes de tiers d'octave** :

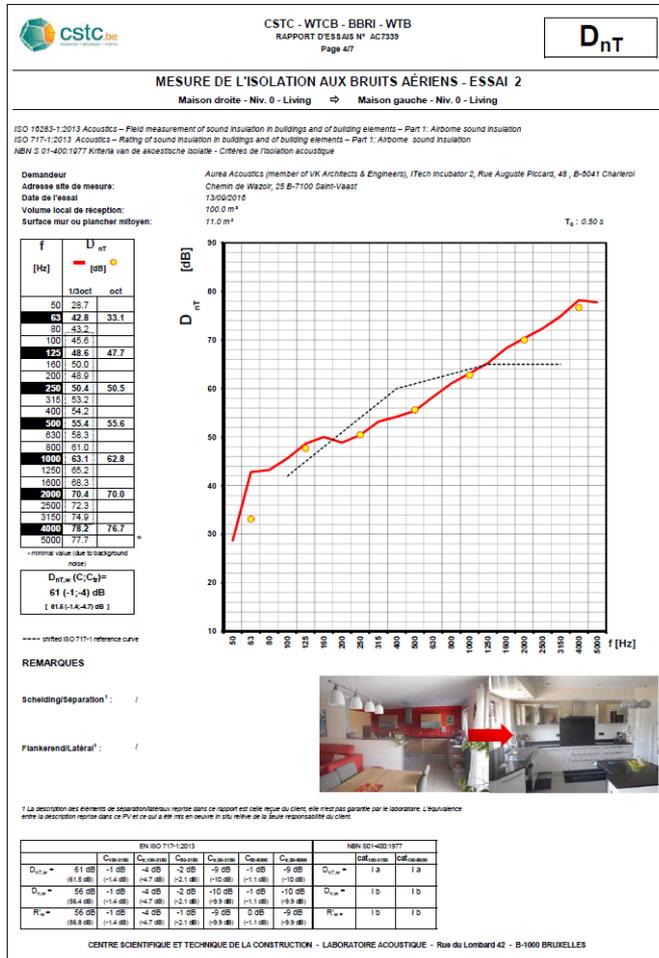
- L_1 (dB) : Niveau du bruit rose dans le local d'émission (2 pos. HP, min. 30 sec.),
- L_2 (dB) : Niveau dans le local de réception (2 pos. HP, min. 30 sec.),
- T (s) : Temps de réverbération dans le local de réception (moyenne de min. 6 mesures),
- T_0 (s) : NBN S 01-400-1 : temps de réverbération de référence dans le local de réception tel que :
 - $T_0 = 0,3$ s pour les $V \leq 20$ m³,
 - $T_0 = 0,02V - 0,1$ s pour 20 m³ < $V \leq 30$ m³
 - $T_0 = 0,5$ s pour 30 m³ < V





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

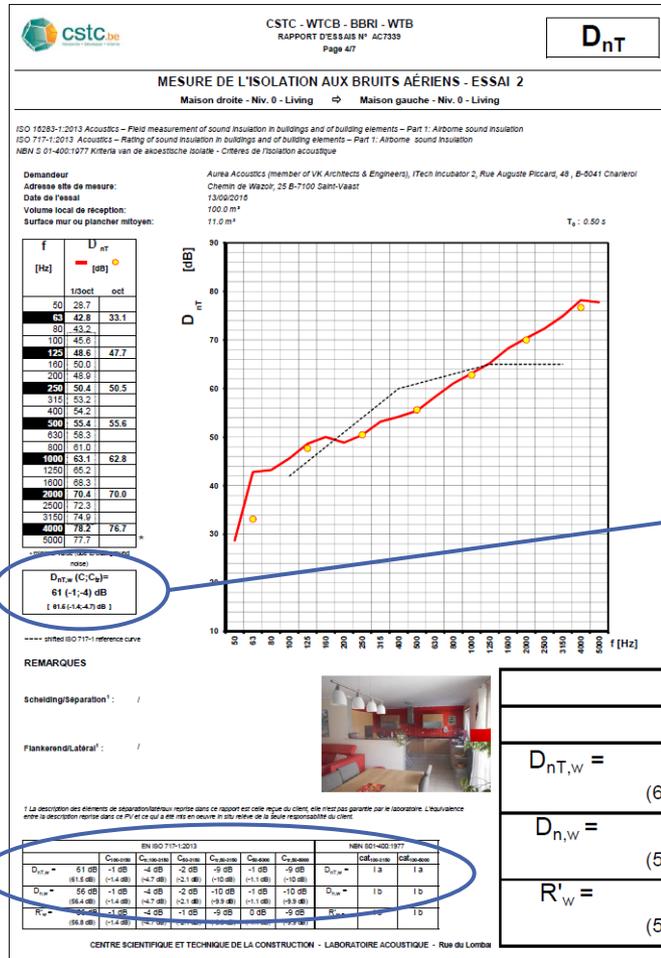
Mesure de l'isolement aux bruits aériens : l'isolement acoustique standardisé entre deux locaux





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : **l'isolement acoustique standardisé entre deux locaux**



NBN EN ISO 140-4 [1998] Acoustique - Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 4 : Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces, remplacée progressivement par la norme **ISO 16283-1 [2014] Acoustique** - Mesurage in situ de l'isolation acoustique des bâtiments et des éléments de construction - Partie 1 : Isolation aux bruits aériens.

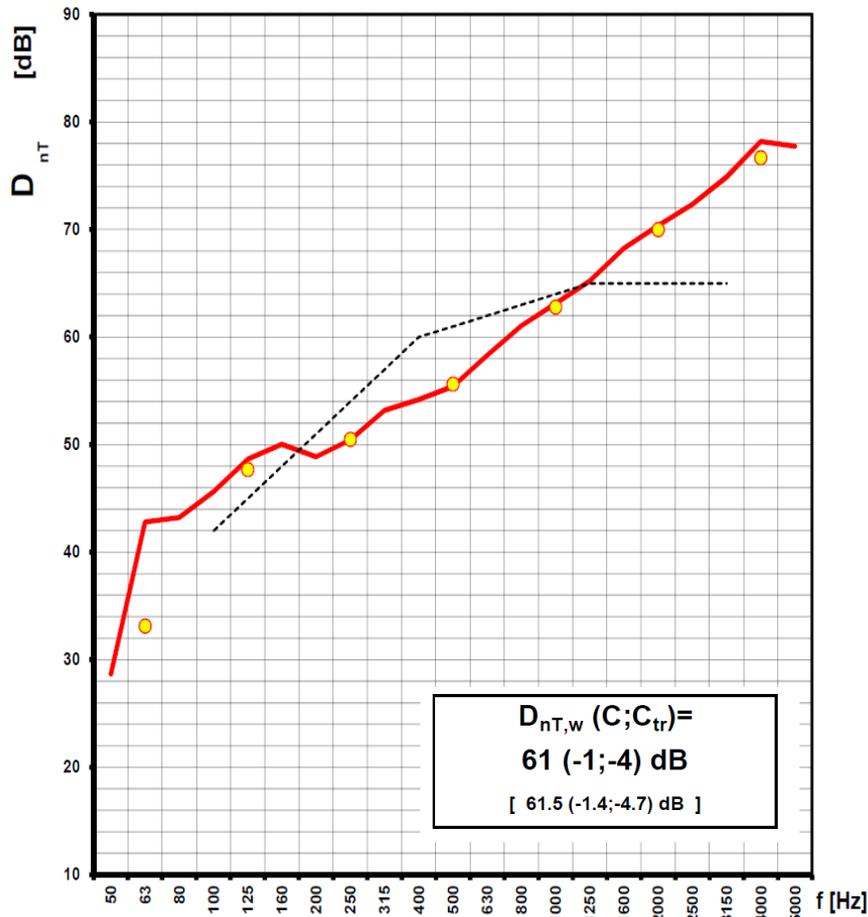
$$D_{nT,w} (C;C_{tr}) = 61 (-1;-4) \text{ dB}$$

$$[61.5 (-1.4;-4.7) \text{ dB}]$$



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : **l'isolement acoustique standardisé entre deux locaux**



Calcul de l'indicateur à valeur unique $D_{nT,w}$:

- À partir du spectre D_{nT} entre 100 et 3150 Hz
- Procédure normalisée ISO 717-1 [2013]
- Valeur obtenue par le décalage d'une courbe de référence
- Deux termes complémentaires C et C_{tr} calculés.
- $D_{nT} + C$ ($=D_A$) représente l'isolement aux bruits dont le spectre est riches en moyennes et hautes fréquences (p.ex. : la voix humaine)
- $D_{nT} + C_{tr}$ ($=D_{Atr}$) représente l'isolement aux bruits dont le spectre est riches en basses fréquences (p.ex. : le bruit de trafic)

$$D_{nT,w}(C;C_{tr})$$

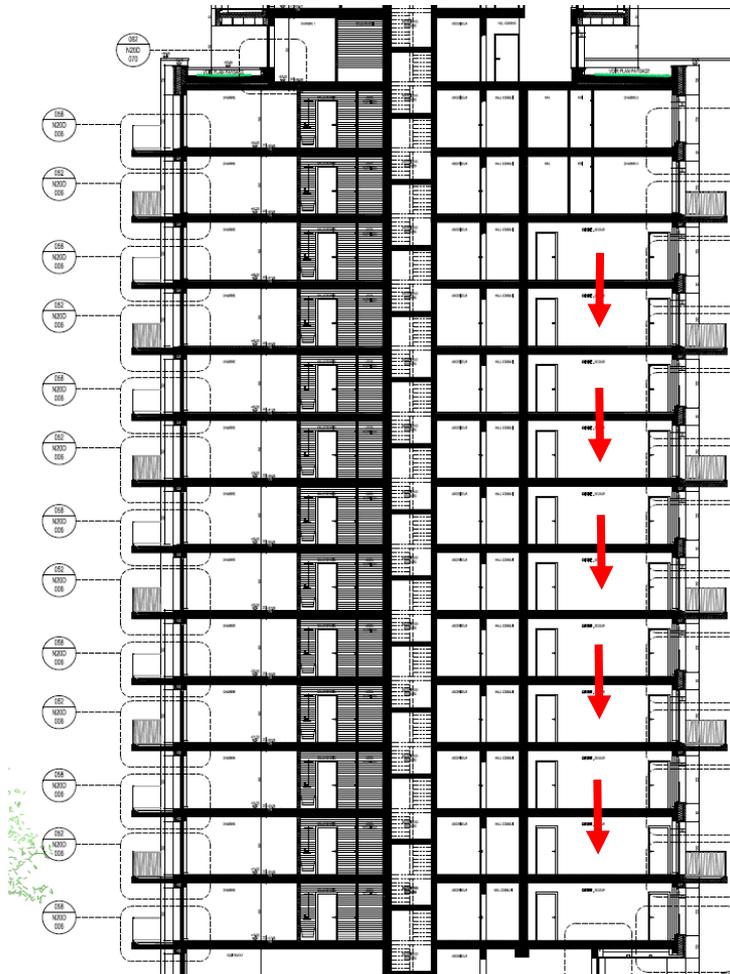
$$D_A = D_{nT,w} + C$$

$$D_{Atr} = D_{nT,w} + C_{tr}$$



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'isolement acoustique standardisé entre locaux : **ordres de grandeur pour immeuble d'habitation**



Immeuble à appartements en Belgique.
Impression **subjective** de confort en fonction
de l'isolement acoustique standardisé

Si $D_{nT,w} > 65$ dB :
un home-cinema (chez le voisin) n'est plus audible

Si $D_{nT,w} > 58$ dB :
90 % d'occupants satisfaits de l'isolement aux
bruits aériens provenant de leurs voisins

Si $D_{nT,w} > 54$ dB :
70 % d'occupants satisfaits de l'isolement aux
bruits aériens provenant de leurs voisins

Si $D_{nT,w} > 45$ dB :
une conversation (chez le voisin) est perceptible



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Exigences en $D_{nT,w}$ – exemple de la NBN S 01-400-1 (habitations)

En fonction de la destination des locaux, le tableau ci-dessous reprend les valeurs à respecter pour les **isolements acoustiques standardisés pondérés $D_{nT,w}$** mesurés in situ selon les dispositions de la ISO 16283-1 [2014] et calculés conformément à la NBN EN ISO 717-1 [2013].

LOCAL D'EMISSION hors de l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Tout type de local	Tout type de local sauf un local technique ou un hall d'entrée	$D_{nT,w} \geq 54$ dB	$D_{nT,w} \geq 58$ dB
Tout type de local d'une maison neuve mitoyenne	Tout type de local d'une maison neuve mitoyenne sauf un local technique	$D_{nT,w} \geq 58$ dB	$D_{nT,w} \geq 62$ dB
LOCAL D'EMISSION dans l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Chambre à coucher, cuisine, living et salle à manger	Chambre à coucher	$D_{nT,w} \geq 35$ dB	$D_{nT,w} \geq 43$ dB

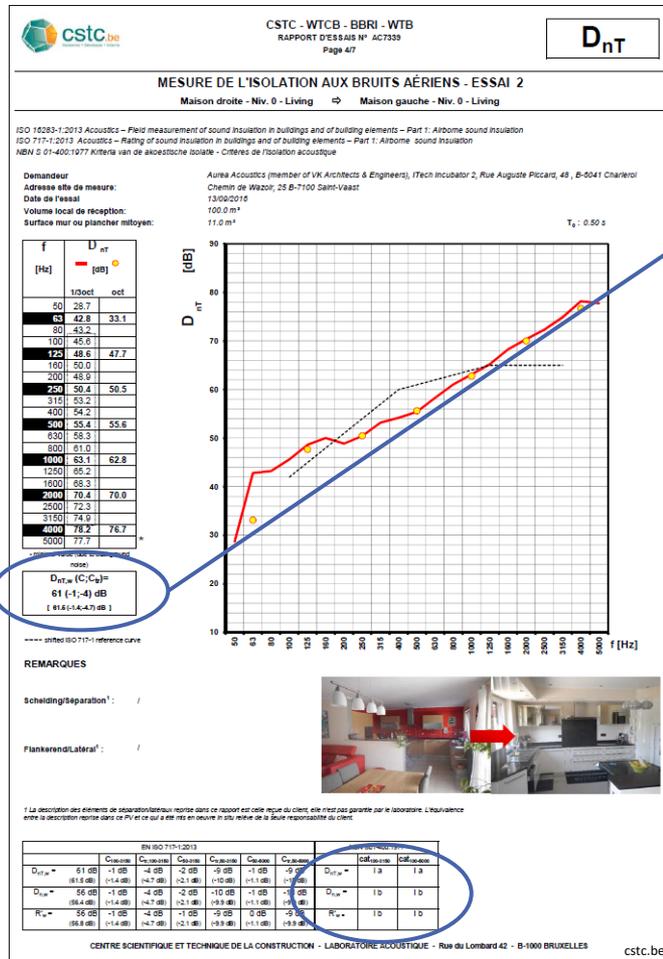
Particularités :

- tolérance de 2 dB
- Adaptées à un environnement acoustique normal pour le bruit aérien tel que $L_{A,eq} < 80$ dB(A)



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : **l'isolement acoustique standardisé entre deux locaux**



D_{nT,w} (C;C_{tr}) =
61 (-1;-4) dB
[61.6 (-1.4;-4.7) dB]

LOCAL D'EMISSION hors de l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Tout type de local	Tout type de local sauf un local technique ou un hall d'entrée	D _{nT,w} ≥ 54 dB	D _{nT,w} ≥ 58 dB
Tout type de local d'une maison neuve mitoyenne	Tout type de local d'une maison neuve mitoyenne sauf un local technique	D_{nT,w} ≥ 58 dB	D _{nT,w} ≥ 62 dB
LOCAL D'EMISSION dans l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Chambre à coucher, cuisine, living et salle à manger	Chambre à coucher	D _{nT,w} ≥ 35 dB	D _{nT,w} ≥ 43 dB



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'isolement acoustique standardisé entre locaux : **ordres de grandeur pour autres bâtiments**

$D_A = D_{nT,w} + C$ [dB]	Production de bruit aérien dans le local d'émission			
Sensibilité acoustique dans le local de réception	faible	normale	élevée	très élevée
faible	28	28	32	32
normale	32	40	44	52
élevée	36	44	48	56
très élevée	40	48	52	60

Exemple (école) :

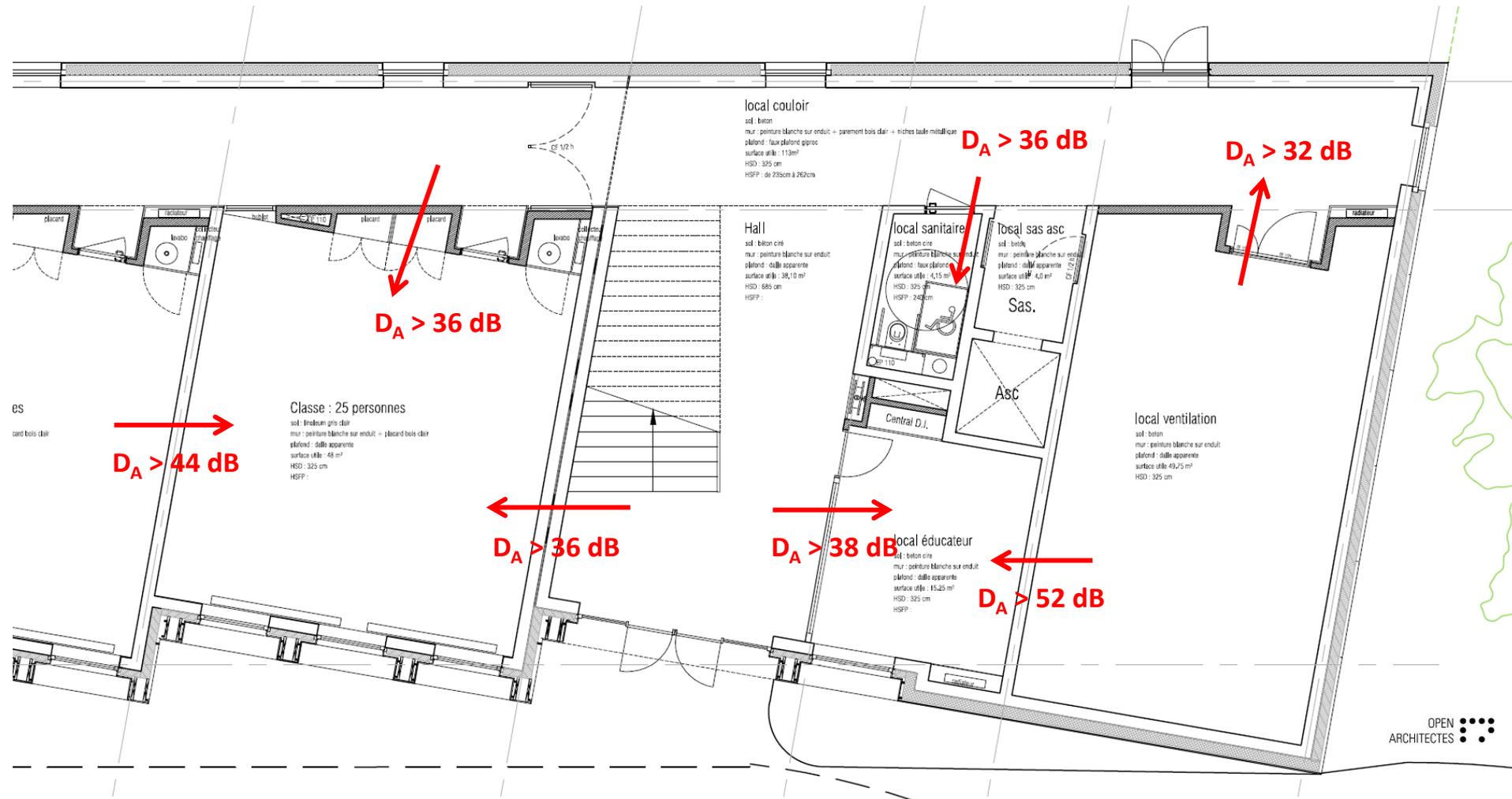
- Hall d'accueil utilisé pendant les cours : production de bruits aériens normale
 - Classe de cours : sensibilité acoustique élevée
- $D_A > 44$ dB à atteindre





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

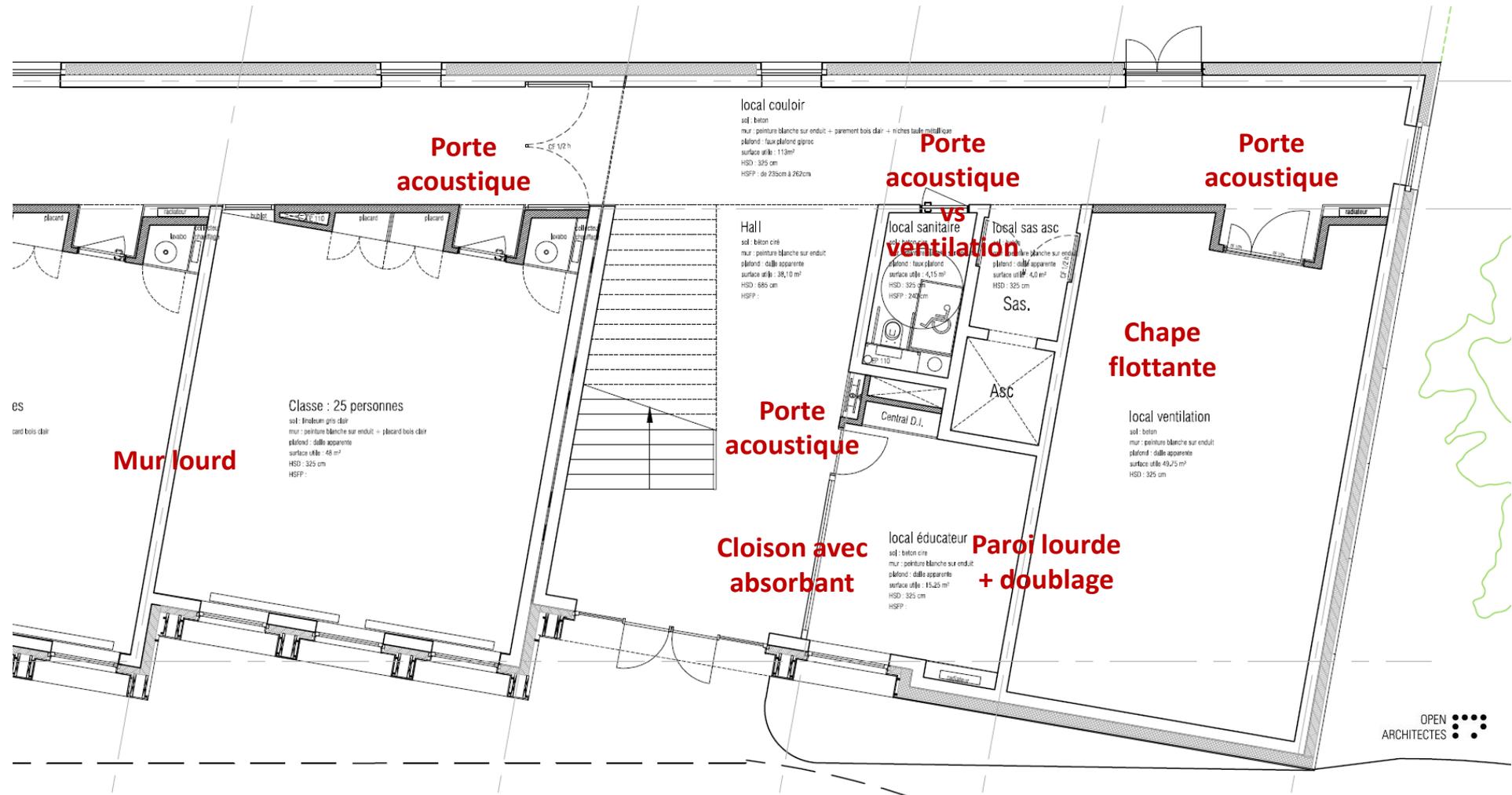
L'isolement acoustique standardisé entre locaux : **exemple de critères pour les établissements scolaires**





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'isolement acoustique standardisé entre locaux : **exemple de critères pour les établissements scolaires**

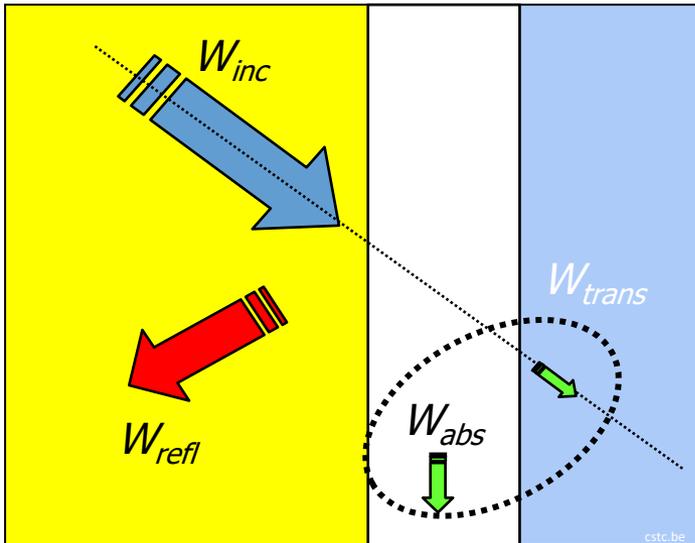




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R

= "résistance de 1 m² d'un élément de construction contre le passage du bruit"



$$R(dB) = 10 \lg \frac{W_{incidente}}{W_{transmise}}$$

- 20 dB: 1/100 (1%) de l'énergie est transmise
- 30 dB: 1/1000 (0.1%) est transmise
- 40 dB: 1/10 000 (0.01%) est transmise
- 50 dB: 1/100 000 (0.001%) est transmise
- 60 dB: 1/1000 000 (0.0001%) est transmise

Déterminé par calcul ou par une **mesure en laboratoire**



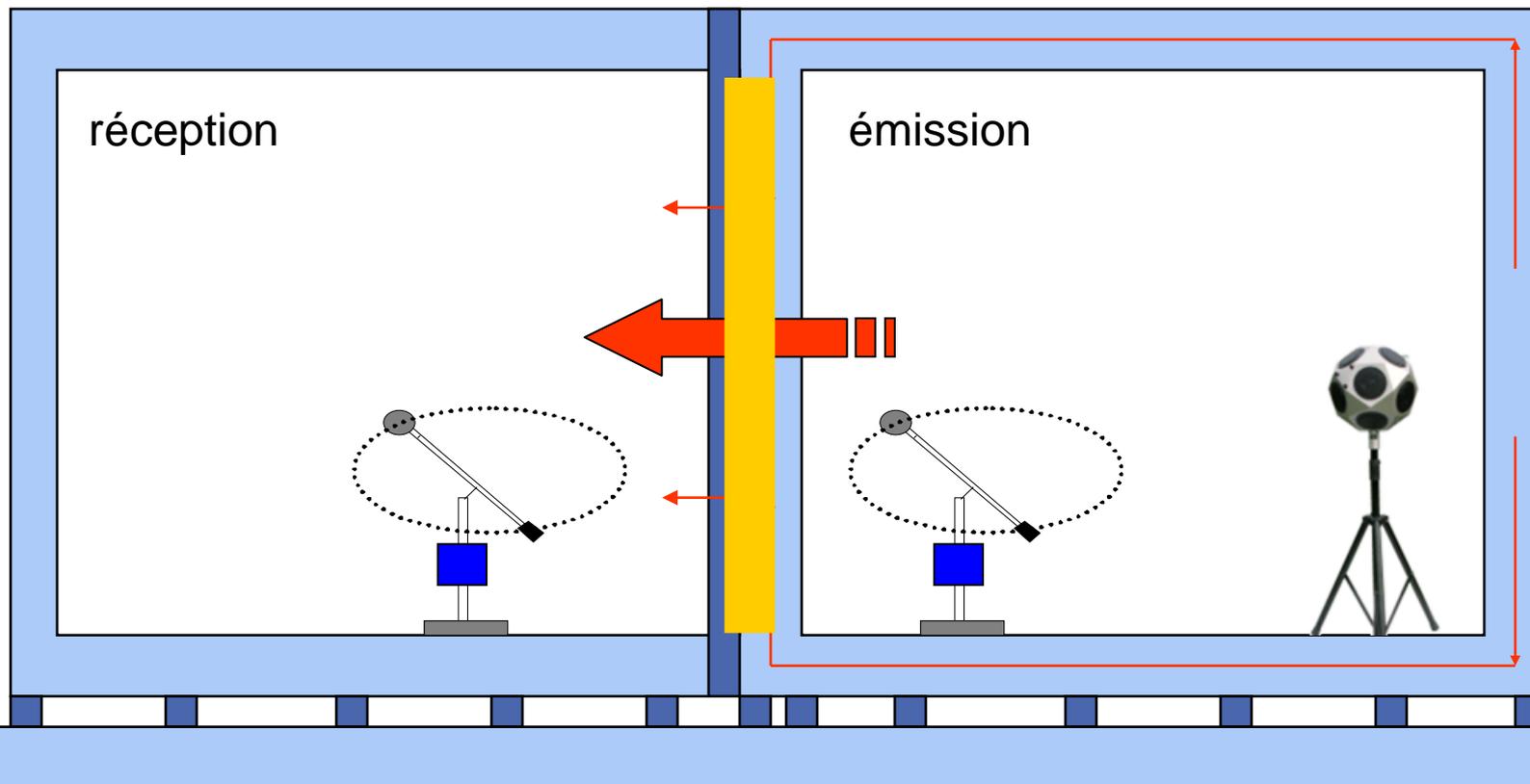




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R

= "résistance de 1 m² d'un élément de construction contre le passage du bruit"



Caractéristique principale des cellules d'essai : transmissions latérales extrêmement faibles



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : **l'indice d'affaiblissement acoustique R**

L'indice d'affaiblissement acoustique :
$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}$$

Avec, mesurés en **bandes de tiers d'octave** :

- L_1 (dB) : Niveau du bruit rose dans le local d'émission,
- L_2 (dB) : Niveau dans la cellule de réception,
- A (m²) : Aire d'absorption équivalente mesurée dans la cellule de réception
- S (m²) : Surface de la paroi de séparation entre les deux cellules



Pour les petits éléments de construction ($S < 1\text{m}^2$) :
$$D_{n,e} = L_1 - L_2 - 10 \lg \frac{A}{10}$$





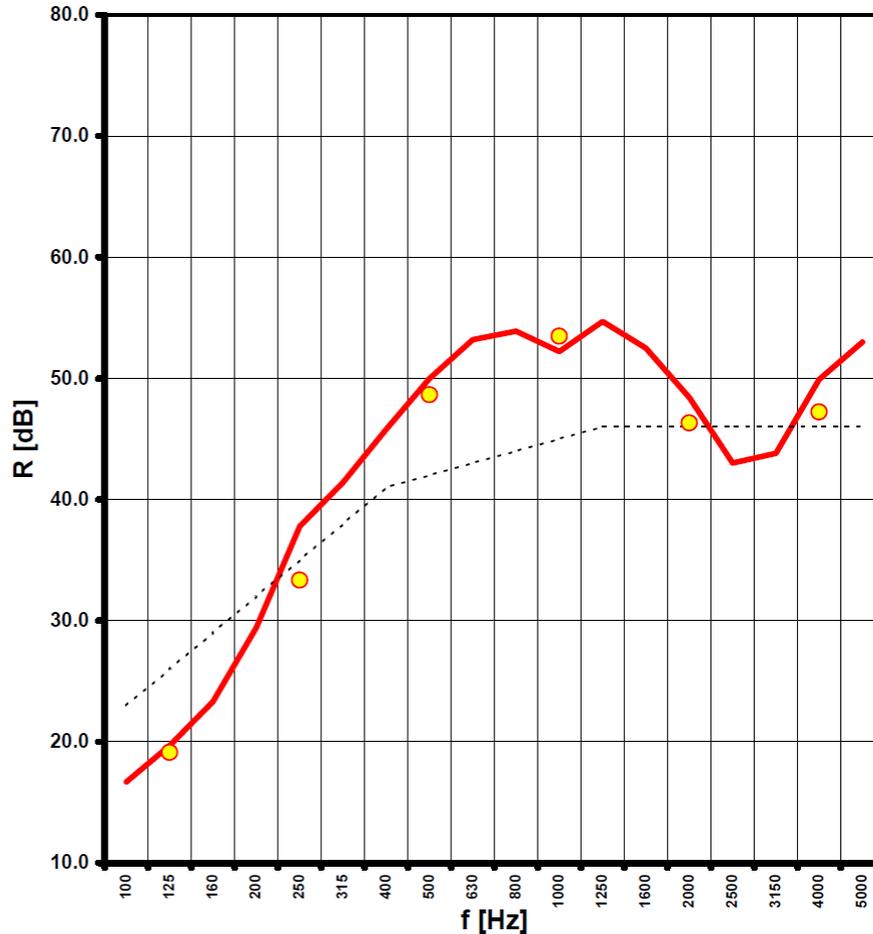
Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Mesure de l'isolement aux bruits aériens : l'indice d'affaiblissement acoustique R

f (Hz)	R (dB)	
	1/3oct	oct
50		
63		
80		
100	16.7	
125	19.7	19.1
160	23.3	
200	29.4	
250	37.8	33.4
315	41.4	
400	45.8	
500	50.0	48.6
630	53.2	
800	53.9	
1000	52.2	53.5
1250	54.7	
1600	52.5	
2000	48.4	46.3
2500	43.0	
3150	43.8	
4000	49.9	47.2
5000	53.0	

$R_w(C;C_{tr}) = 42 (-2;-8) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -$ $C_{tr,50-3150} = -$
 $C_{50-5000} = -$ $C_{tr,50-5000} = -$
 $C_{100-5000} = -$ $C_{tr,100-5000} = -$



Spectre de R ramené à une valeur unique R_w corrigée de deux termes.

$R_w(C, C_{tr})$



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Synthèse des grandeurs relatives à l'isolement aux bruits aériens

Mesures en laboratoire :

$$R_w (C;C_{tr})$$

$$D_{ne,w} (C;C_{tr})$$

Catégories I_a, I_b, II_a, II_b, III_a, III_b, IV_a ou IV_b

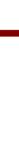


Caractérisation des **performances acoustiques des produits** mesurées **en laboratoire** → documentations techniques = base des calculs de prédiction des performances sur site

Mesures in situ (à l'intérieur) :

$$D_{nT,w} (C,C_{tr})$$

Catégories I_a, I_b, II_a, II_b, III_a, III_b, IV_a ou IV_b



Exprime les **performances d'isolement aux bruits aériens entre locaux, obtenues sur site** → C'est sur ces grandeurs que portent les exigences de la plupart des normes

Prudence quand on veut comparer les deux !



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R : deux **grands principes d'isolement** aux bruits aériens

1. Cloisons massives (ou simples) : panneaux, murs en blocs, parois coulées...



La loi de Masse

2. Cloisons à ossature (ou doubles): ossature bois, métal, plaques de bois ou plâtre enrobé de carton



L'effet Masse-Ressort-Masse



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

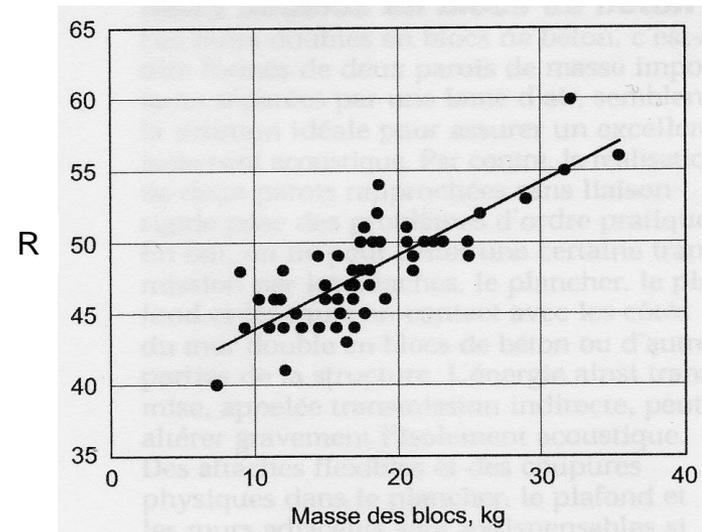
L'indice d'affaiblissement acoustique R : la loi de **masse** et la loi de la **fréquence**

LA LOI DE MASSE



“L'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi augmente de 6 dB par doublement de masse”.

- En pratique : augmentation de 4 dB
- Référence : $R = 40 \text{ dB}$ pour $m'' = 100 \text{ kg/m}^2$
- Mais... critère de la masse seul insuffisant :





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R : combinaison de la loi de **masse** et de la loi de la **fréquence**

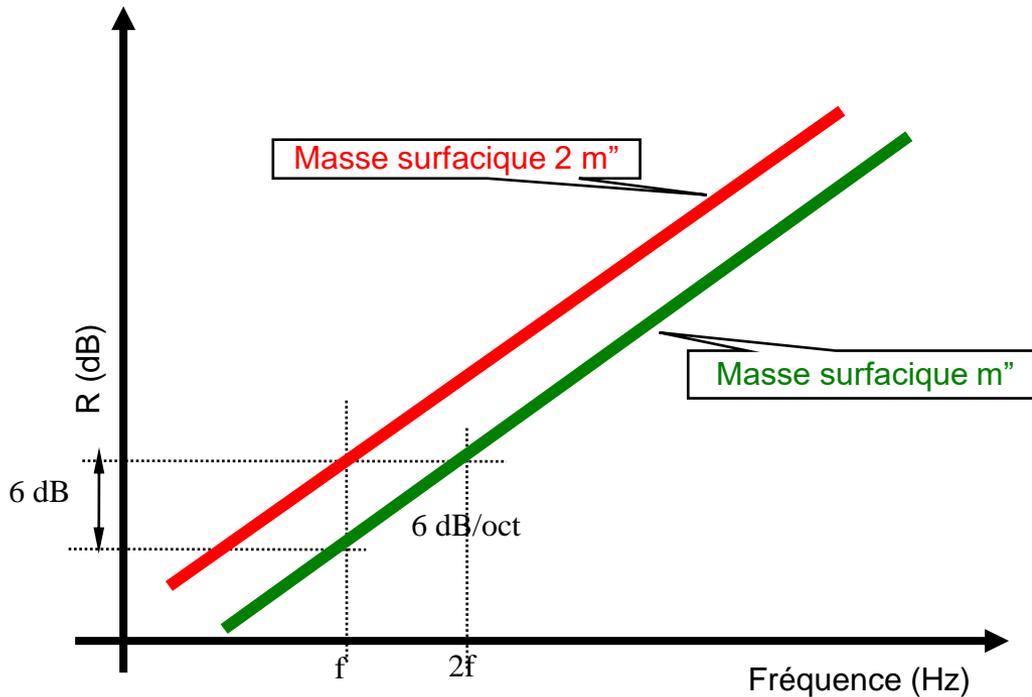
LA LOI DE MASSE

“L'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi augmente de 6 dB par doublement de masse”.

En combinant les deux lois :

Par doublement de masse surfacique; R + 6 dB

Par doublement de fréquence; R + 6 dB



Ex. pour $m = 100 \text{ kg/m}^2$

125 Hz R = 28 dB

250 Hz R = 34 dB

500 Hz R = 40 dB

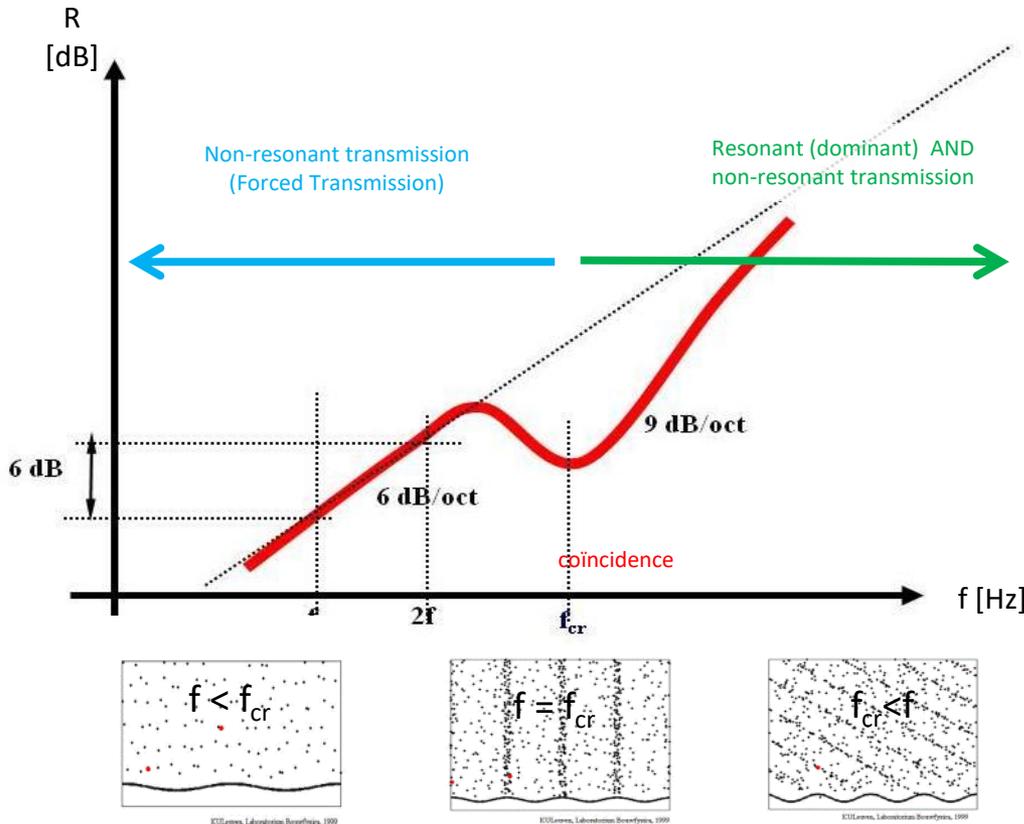
1000 Hz R = 46 dB

2000 Hz R = 52 dB



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R en fonction de la fréquence



L'isolement présente une chute à la fréquence dite critique qui est fonction du type de matériau et de son épaisseur

Phénomène de **coïncidence** : pour des ondes planes attaquant la paroi sous une incidence oblique, à une certaine fréquence du son qui frappe la paroi, il se produit un phénomène de résonance qui augmente considérablement la transmission d'énergie par la paroi (qui diminue son isolement). La paroi est le siège d'ondes de flexion qui ont le même rythme que le son incident. On dit qu'à cette fréquence, il y a "coïncidence". dans la réalité, le son attaque la paroi sous une infinité d'angles. Pour toutes les fréquences supérieures à une **fréquence critique**, il y a coïncidence. Mais c'est à cette fréquence critique que la baisse de l'isolement est la plus marquée.

Plus le matériau est rigide, plus la profondeur du puit est importante. Attention aux matériaux où f_{cr} est comprise entre 100 Hz et 3000 Hz !



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R : combinaison de la loi de **masse** et de la loi de la **fréquence**

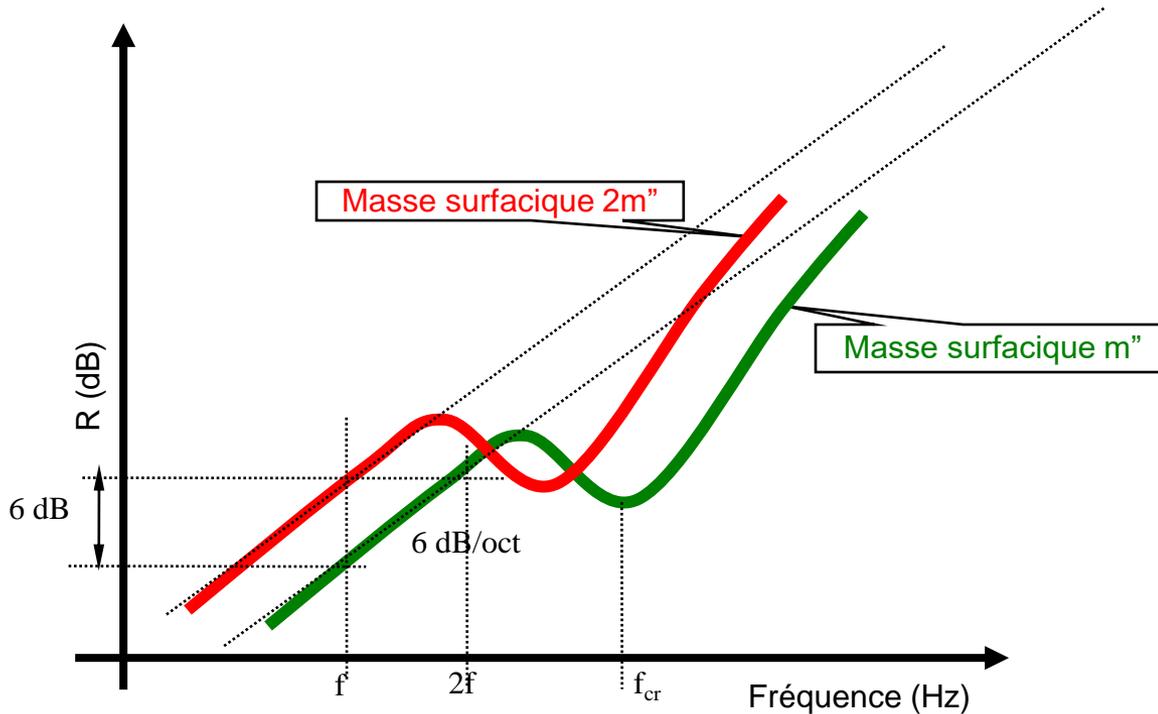
LA LOI DE MASSE

“L'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi augmente de 6 dB par doublement de masse”.

En combinant les deux lois :

Par doublement de masse surfacique; $R + 6$ dB

Par doublement de fréquence; $R + 6$ dB



Ex. pour $m = 100 \text{ kg/m}^2$

125 Hz $R = 28$ dB

250 Hz $R = 34$ dB

500 Hz $R = 40$ dB

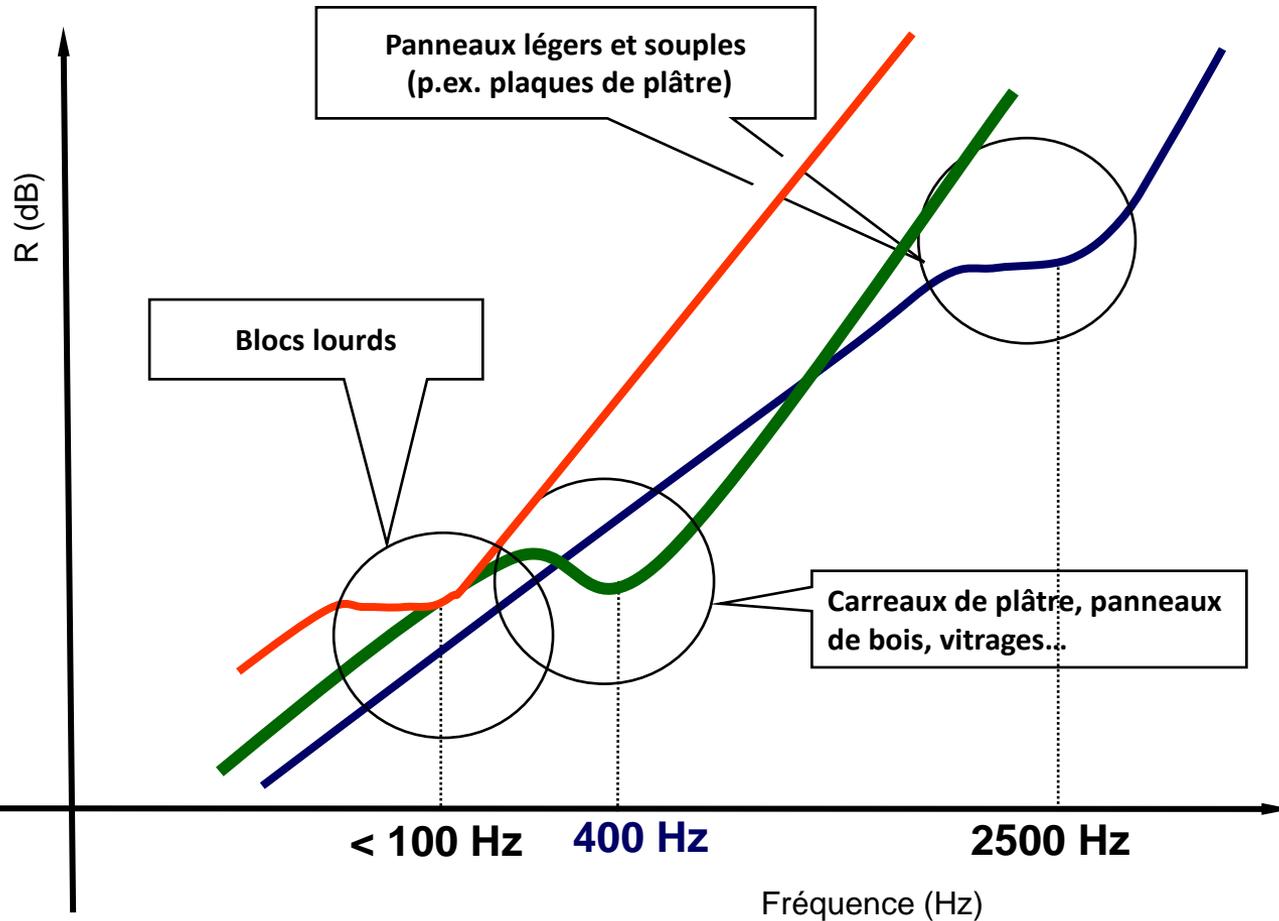
1000 Hz $R = 46$ dB

2000 Hz $R = 52$ dB



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Chute de l'indice d'affaiblissement acoustique à la fréquence critique des matériaux



Certains matériaux comme les blocs de plâtre, le bois, le verre peuvent donc poser des problèmes d'isolation aux bruits aériens à cause de cette chute de l'isolement à la **fréquence critique f_{cr}** .

On privilégiera donc des matériaux dont f_{cr} est située sous les 100 Hz (cf blocs béton, silico-calcaire) ou f_{cr} au-dessus de 2000 Hz (cf plaques de plâtre ou de fibres de gypse).

www.cstc.be

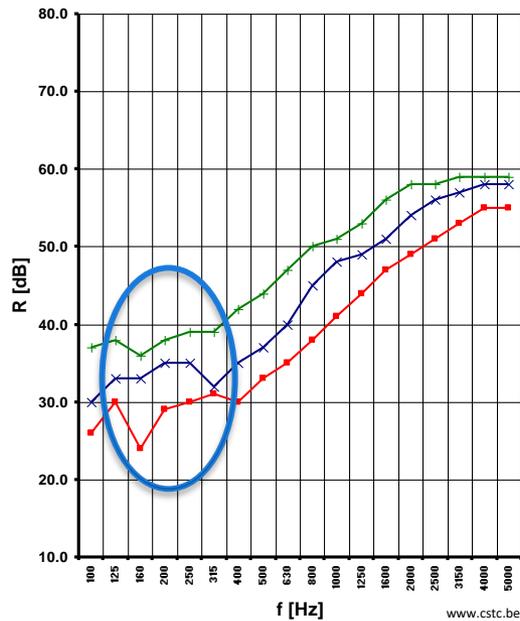


Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

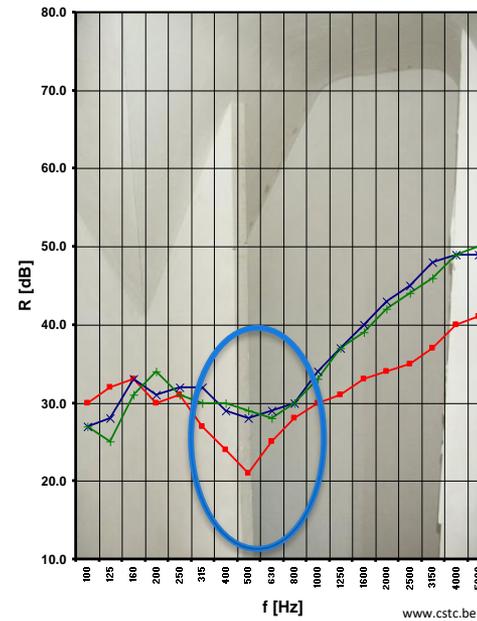
L'indice d'affaiblissement acoustique R : ordre de grandeur pour les **matériaux courants**

À la **fréquence critique des matériaux f_{cr}** , fonction de leur nature et de leur épaisseur, il se produit une chute dans la courbe de l'indice d'affaiblissement acoustique. Si cette fréquence est située dans le spectre audible, là où l'oreille est particulièrement sensible, la sensation d'isolement est moins bonne avec ce matériau.

Blocs de béton cellulaire



Blocs de plâtre





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R : ordre de grandeur pour les **matériaux courants**

Le bloc de béton cellulaire (350-550 kg/m³)

Béton cellulaire, blocs pleins 550 kg/m ³ , enduits	R_w (C;C _{tr}) (dB)
Blocs 100 mm	41 (-1;-4)
Blocs 150 mm	44 (-2;-4)
Blocs 200 mm	49 (-1;-4)



Le bloc de plâtre (950-1250 kg/m³)

Blocs de plâtre, enduits	R_w (C;C _{tr}) (dB)
Blocs 70 mm – 950 kg/m ³	35
Blocs 70 mm – 1250 kg/m ³	37
Blocs 100 mm – 950 kg/m ³	39
Blocs 100 mm – 1250 kg/m ³	41





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique des parois massives – matériaux traditionnels

Le bloc de béton d'argile expansé (850 kg/m³)

Blocs de béton d'argile expansé, enduits	R _w (C;C _{tr}) (dB)
Blocs 90 mm – 850 kg/m ³	40 (-1;-3)
Blocs 140 mm – 850 kg/m ³	44 (0;-3)
Blocs 190 mm – 850 kg/m ³	47 (0;-4)



Le bloc de terre cuite (950-1300 kg/m³)

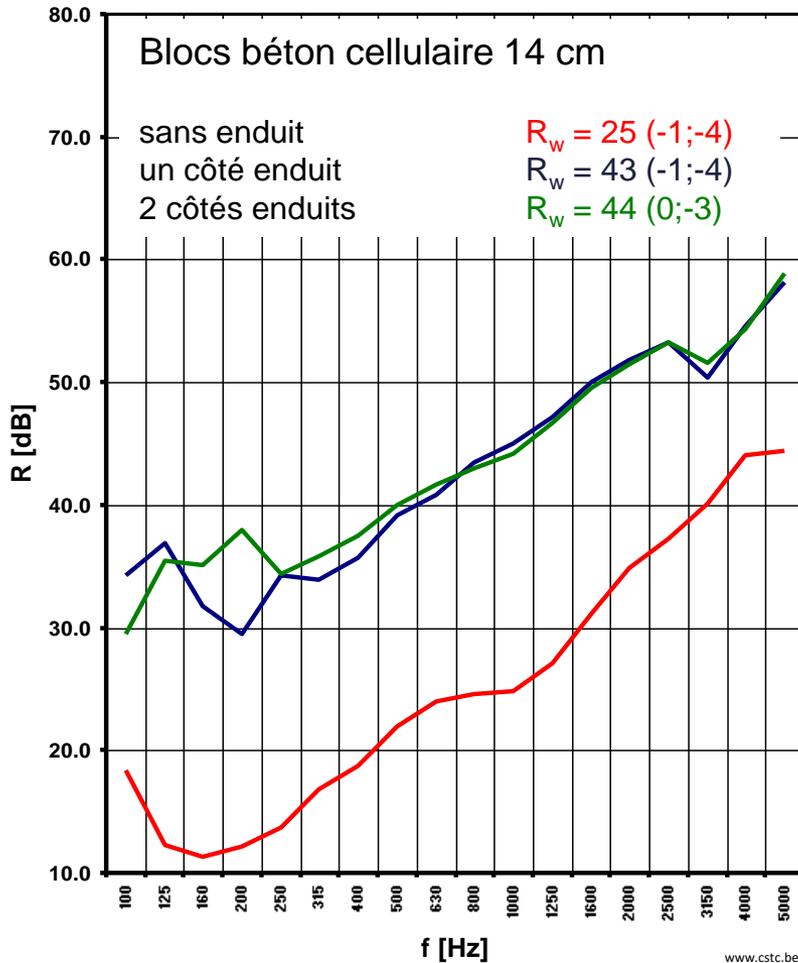
Blocs de terre cuite, enduits 2 faces	R _w (C;C _{tr}) (dB)
Blocs 90 mm – 1055 kg/m ³	44 (-1;-5)
Blocs 140 mm – 1055 kg/m ³	48 (-2;-5)
Blocs 190 mm – 1280 kg/m ³	56 (-1;-5)





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Influence de l'enduit sur le R_w des blocs maçonnés



L'enduit a une très grande influence sur l'indice d'affaiblissement acoustique des blocs maçonnés. Plus ils sont poreux (p.ex. blocs de béton d'argile expansé), plus ce phénomène sera marqué. L'enduit d'une seule des deux faces suffit la plupart du temps. Son épaisseur a assez peu d'importance.







Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique des parois massives – matériaux traditionnels

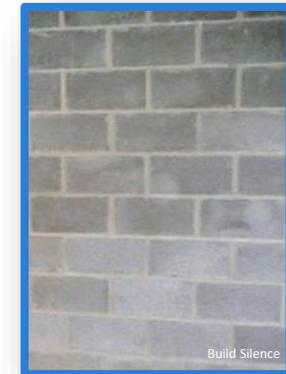
Le bloc silico-calcaire (1800 kg/m³)

Blocs de silico-calcaire - 1800 kg/m ³ , enduits	R _w (C;C _{tr}) (dB)
Blocs 150 mm	50
Blocs 175 mm	52
Blocs 215 mm	55
Blocs 300 mm	57



Le bloc de béton (1300 – 2100 kg/m³)

Blocs de béton, enduits 2 faces	R _w (C;C _{tr}) (dB)
Blocs creux 90 mm – 1800 kg/m ³	49 (-2;-5)
Blocs creux 140 mm – 1375 kg/m ³	54 (-1;-4)
Blocs creux 190 mm – 1245 kg/m ³	57 (-2;-5)
Blocs pleins 90 mm – 2100 kg/m ³	50 (-1;-5)
Blocs pleins 140 mm – 2100 kg/m ³	56 (-1;-6)





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique des parois massives – déforçement du R des parois massives





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique des panneaux

La plaque de carton-plâtre (10-12,5 kg/m²)

Plaque de carton-plâtre 10 kg/m ²	R _w (C;C _{tr}) (dB)
Plaque BA13 12,5 mm	28



Le panneau Fermacell (1000-1250 kg/m³)

Plaque de Fermacell seule	R _w (C;C _{tr}) (dB)
Plaque 10 mm	31
Plaque 12,5 mm	32
Plaque 15 mm	32





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R : deux **grands principes d'isolement** aux bruits aériens

1. Cloisons massives (ou simples) : panneaux, murs en blocs, parois coulées...



La loi de Masse

2. Cloisons à ossature (ou doubles): ossature bois, métal, plaques de bois ou plâtre enrobé de carton

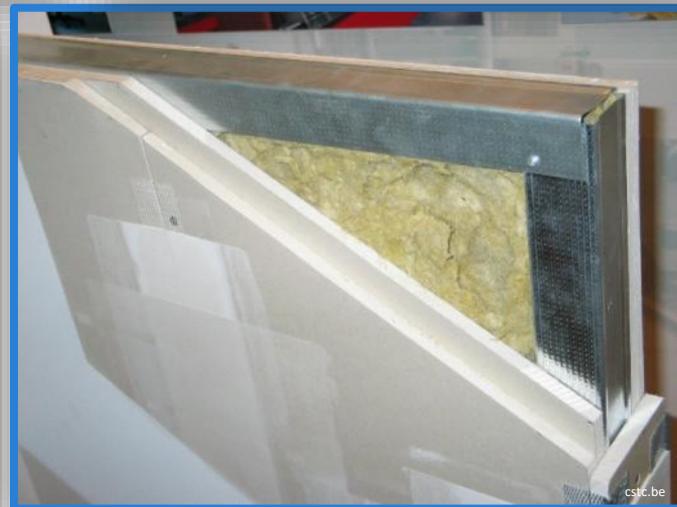
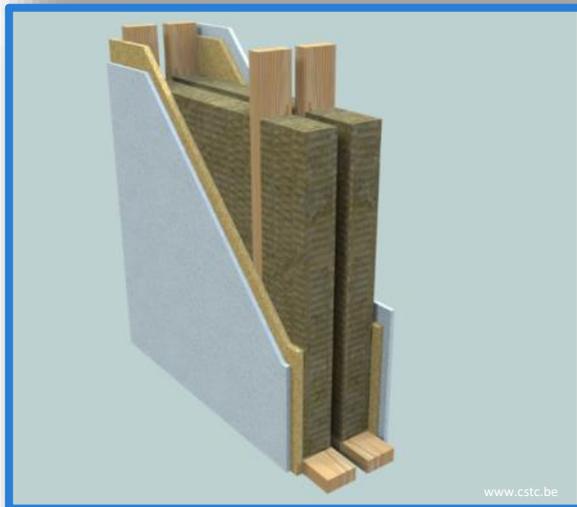


L'effet Masse-Ressort-Masse



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R : les systèmes Masse-Ressort-Masse



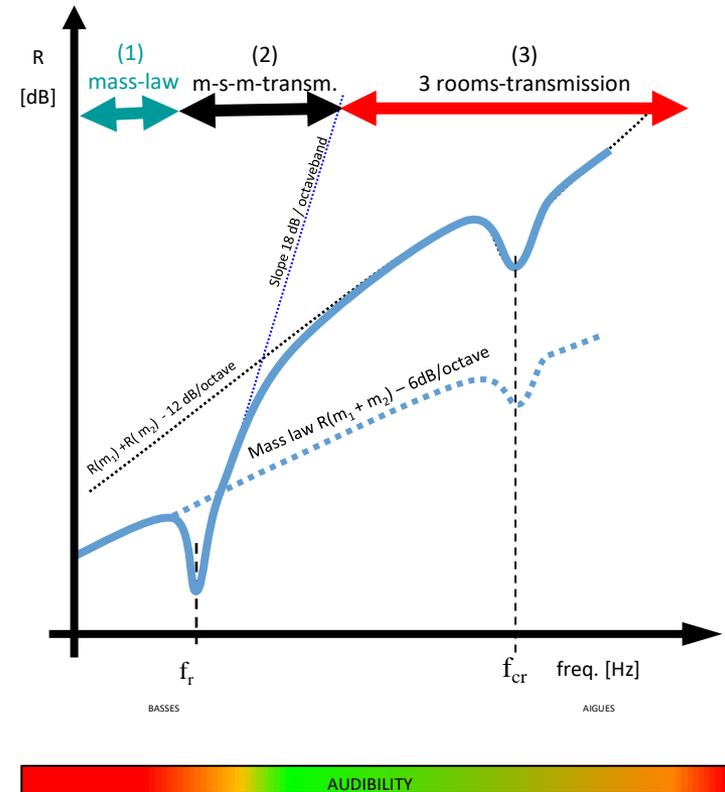
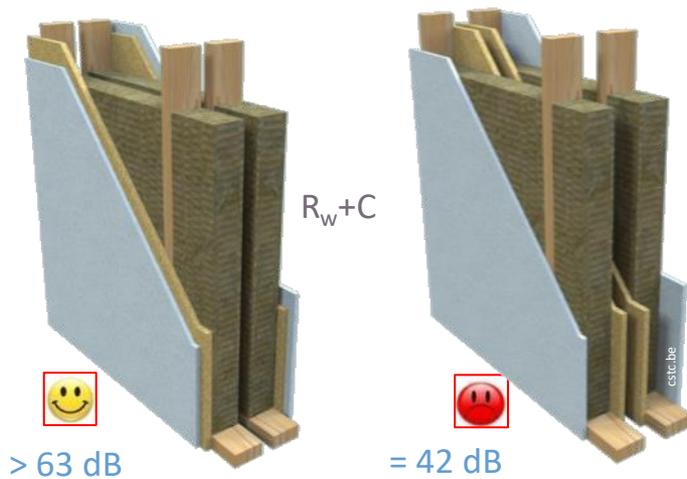


Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique R : optimisation acoustique des parois doubles

Parois doubles nettement plus performantes que parois simples à condition d'optimiser :

- La position de la fréquence de résonance
- La souplesse du ressort
- La masse/nature des parois
- La présence d'un absorbant





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la position de la fréquence de résonance de la double paroi

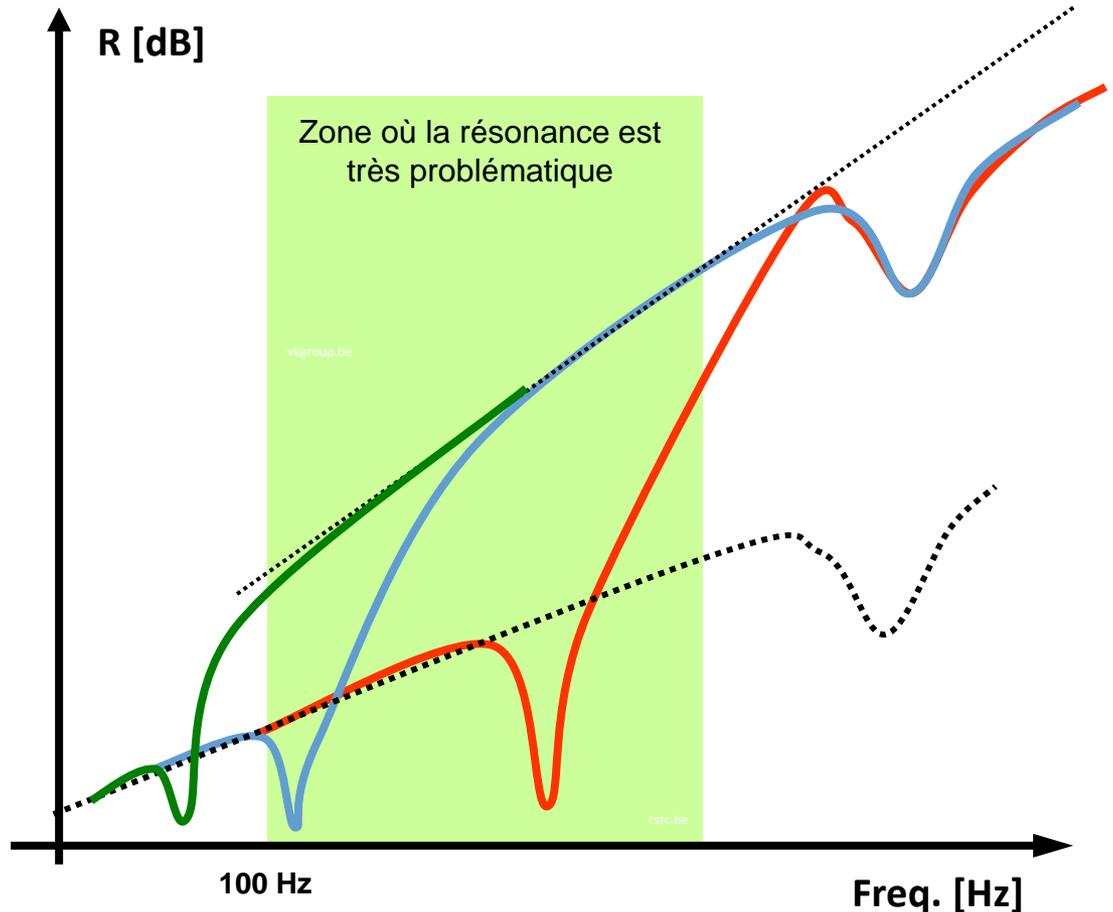
Cette fréquence doit être située **le plus bas possible**, loin de la zone de sensibilité de l'oreille.

Pour déplacer cette fréquence vers le bas on peut jouer sur deux paramètres :

- **La distance** qui sépare les deux panneaux,
- **La masse** des panneaux.

Au plus ces deux paramètres sont grands, au plus la fréquence de résonance se situera bas dans le spectre et au plus l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi sera élevé.

$$f_{res} = \frac{90}{\sqrt{d}} \sqrt{\left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la position de la fréquence de résonance de la double paroi

Cette fréquence doit être située **le plus bas possible**, loin de la zone de sensibilité de l'oreille.

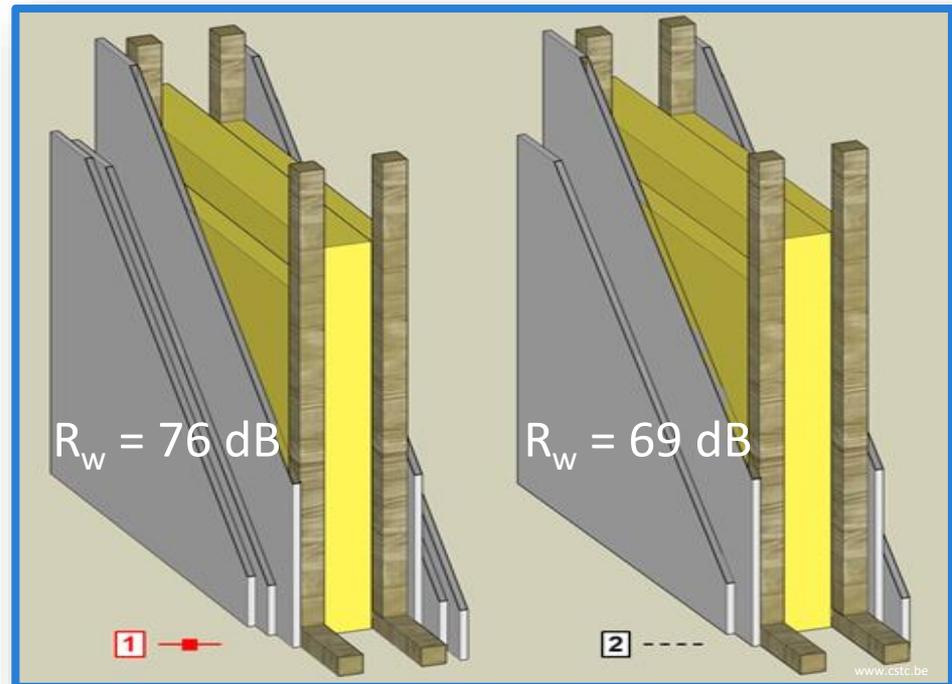
Pour déplacer cette fréquence vers le bas on peut jouer sur deux paramètres :

- **La distance** qui sépare les deux panneaux,
- **La masse** des panneaux.

Au plus ces deux paramètres sont grands, au plus la fréquence de résonance se situera bas dans le spectre et au plus l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi sera élevé.

$$f_{res} = \frac{90}{\sqrt{d}} \sqrt{\left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

Influence de la masse des parois





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la position de la fréquence de résonance de la double paroi

Cette fréquence doit être située **le plus bas possible**, loin de la zone de sensibilité de l'oreille.

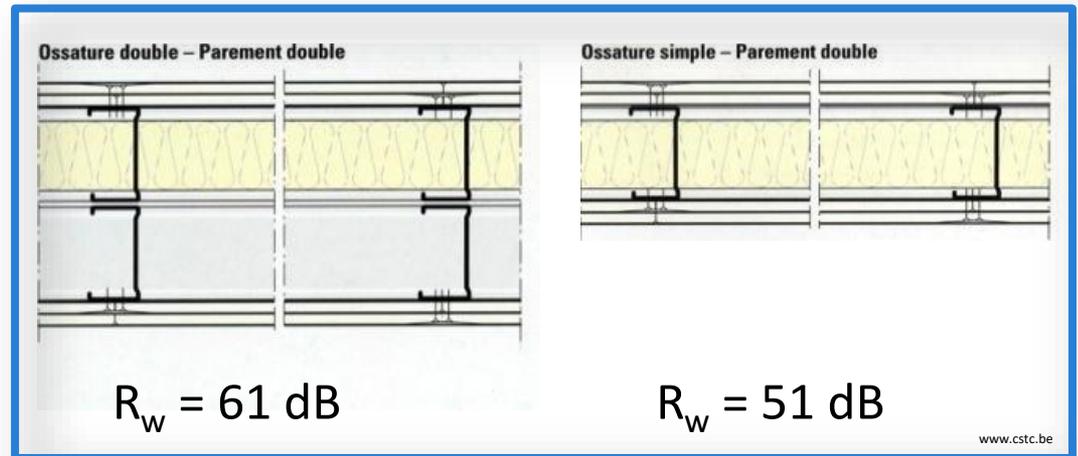
Pour déplacer cette fréquence vers le bas on peut jouer sur deux paramètres :

- **La distance** qui sépare les deux panneaux,
- **La masse** des panneaux.

Au plus ces deux paramètres sont grands, au plus la fréquence de résonance se situera bas dans le spectre et au plus l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi sera élevé.

$$f_{res} = \frac{90}{\sqrt{d}} \sqrt{\left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

Influence de la distance entre les parois

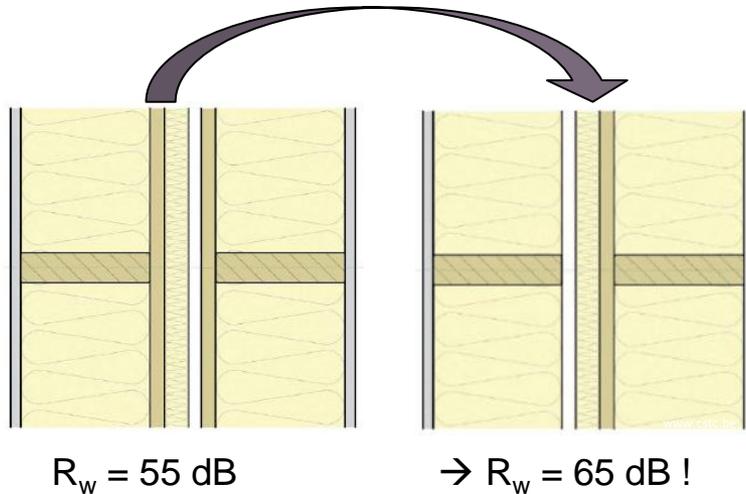




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la position de la fréquence de résonance de la double paroi

Ce phénomène s'observe aussi dans les doubles-ossatures où **la suppression d'un panneau au centre** de la cloison permet d'augmenter la distance entre panneaux intérieurs, donc de faire redescendre la fréquence de résonance et au final, de faire **grimper de 10 dB l'indice d'affaiblissement acoustique** de la paroi double.





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la souplesse du ressort

Le ressort atténue l'onde, plus il est souple, moins il la transmettra à l'autre paroi et l'isolement sera alors beaucoup plus élevé que celui attendu par la seule loi de masse.

p.ex. en 50 mm, R_w est 5 dB plus élevé si l'ossature est métallique par rapport à une ossature bois, simplement car le "ressort" est meilleur.

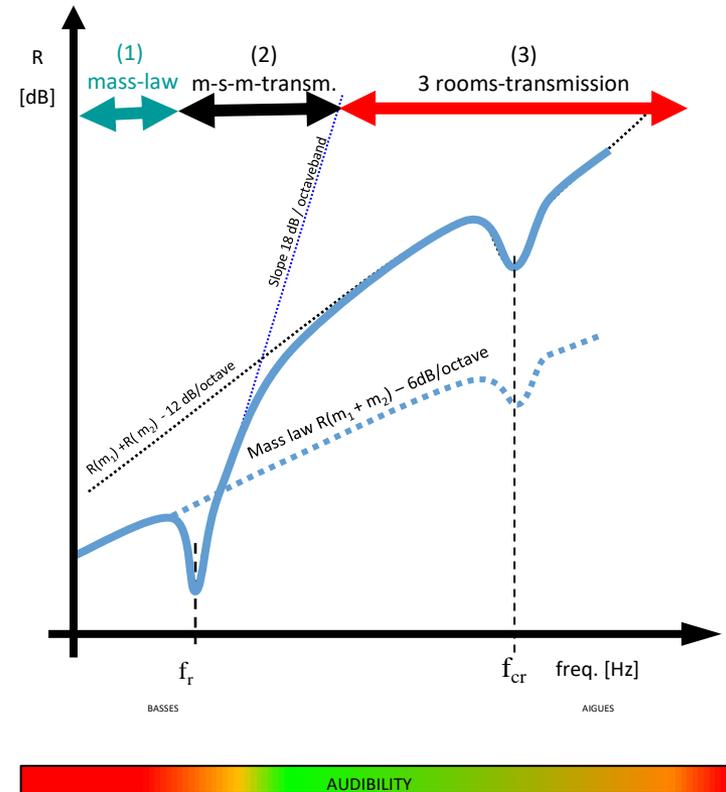


En 50 mm : 37 dB

42 dB

En 100 mm : 38 dB

47 dB

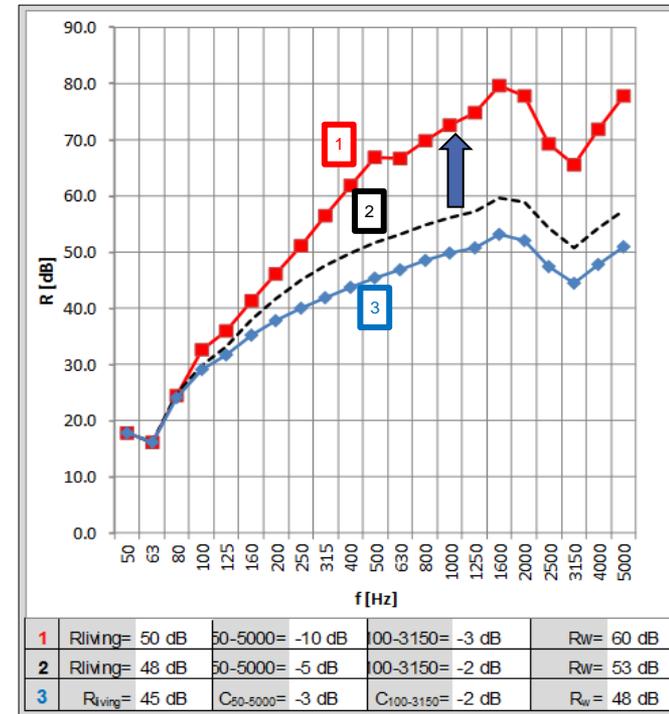
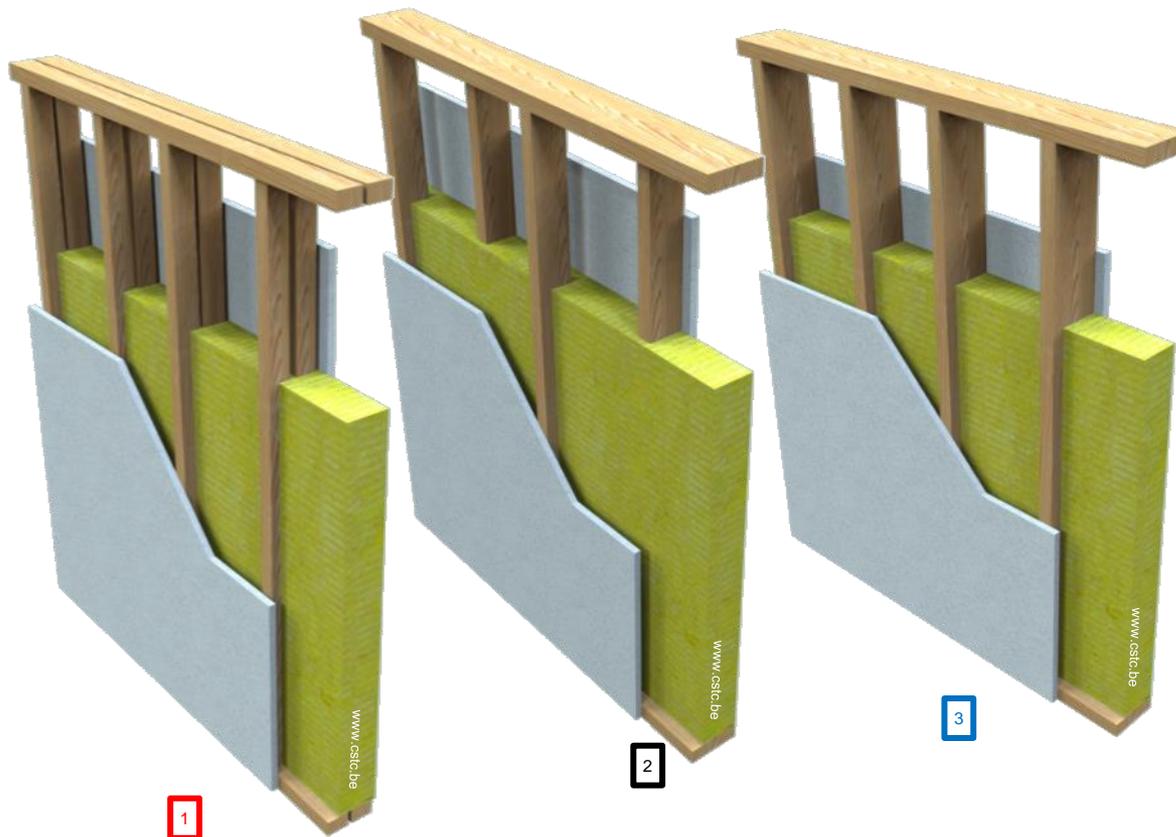




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la souplesse du ressort

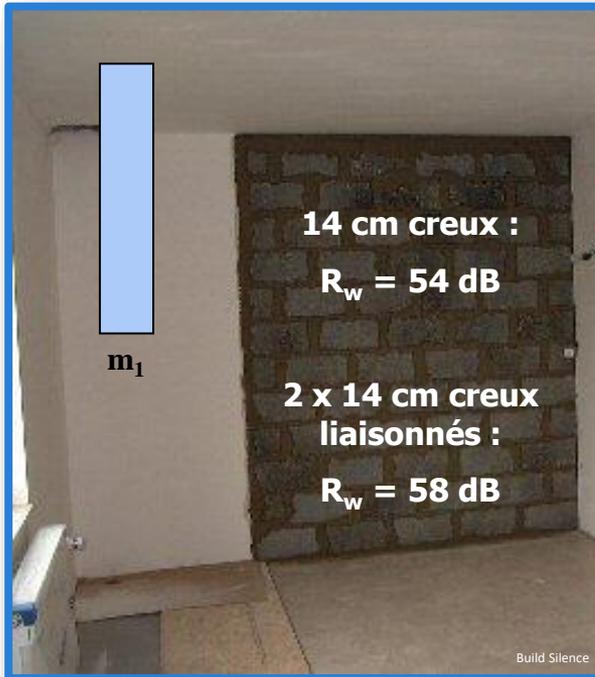
Construction bois : ossatures alternées ou dédoublées



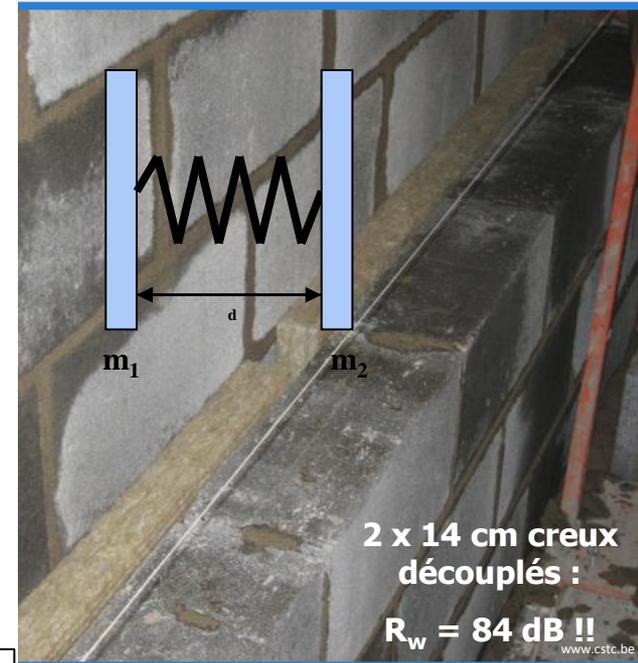
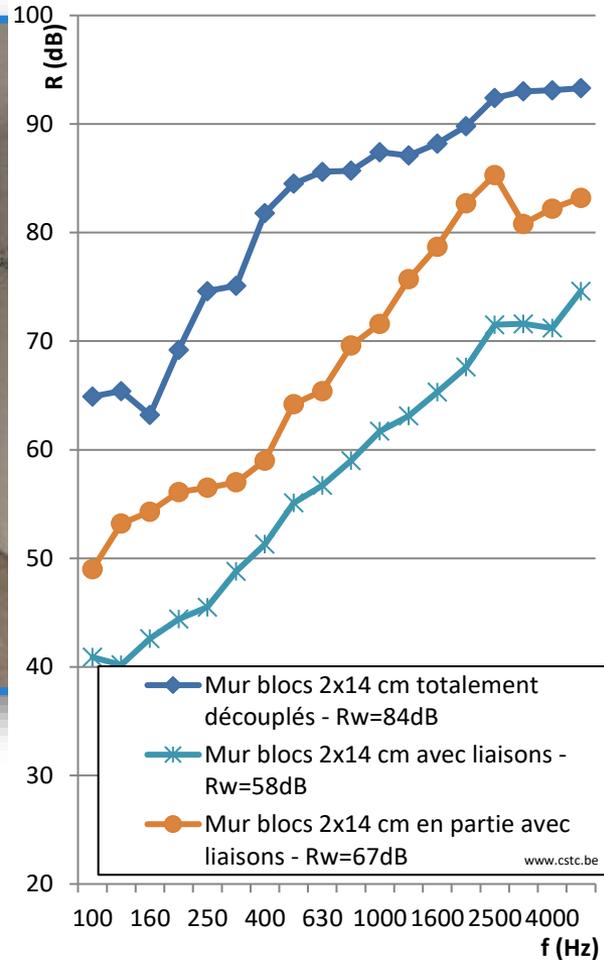


Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la souplesse du ressort



Parois massives : mur simple ou mur double avec contacts entre les murs



Parois doubles : mur double sans aucun contacts



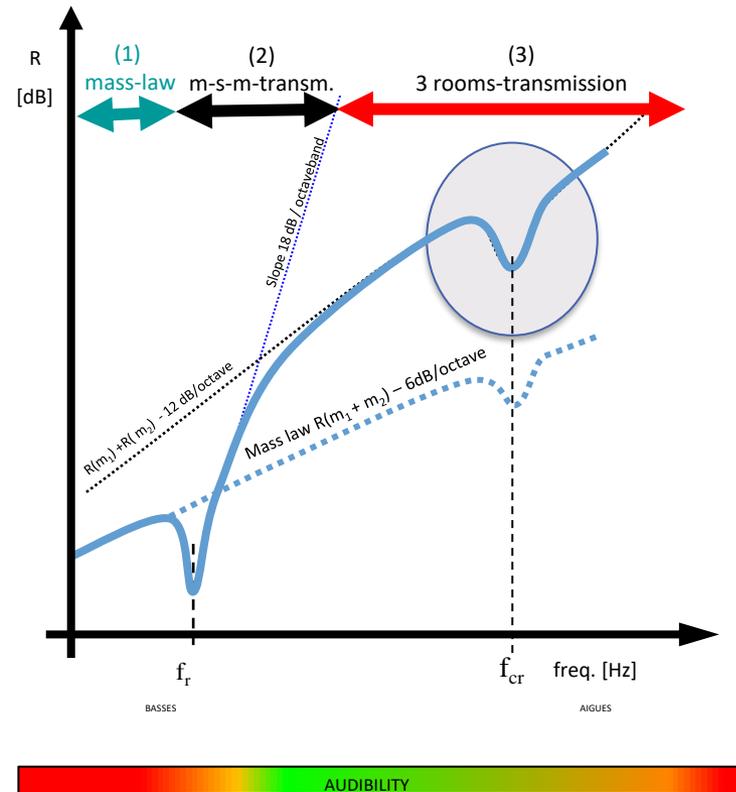
Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : la chute de l'isolement à la fréquence critique des deux parois

Tout comme pour les parois simples, on observe également une chute à la **fréquence critique** des matériaux qui composent la double paroi.

Pour les matériaux dont la f_{cr} se situe dans une zone sensible pour l'oreille humaine (p.ex. le bois, le verre,...) on travaillera donc avec des **épaisseurs différentes**.

Pour les matériaux dont la fréquence critique est très basse ou très haute (p.ex. les plaques de carton-plâtre, les murs lourds,...) cette disposition n'est pas nécessaire.

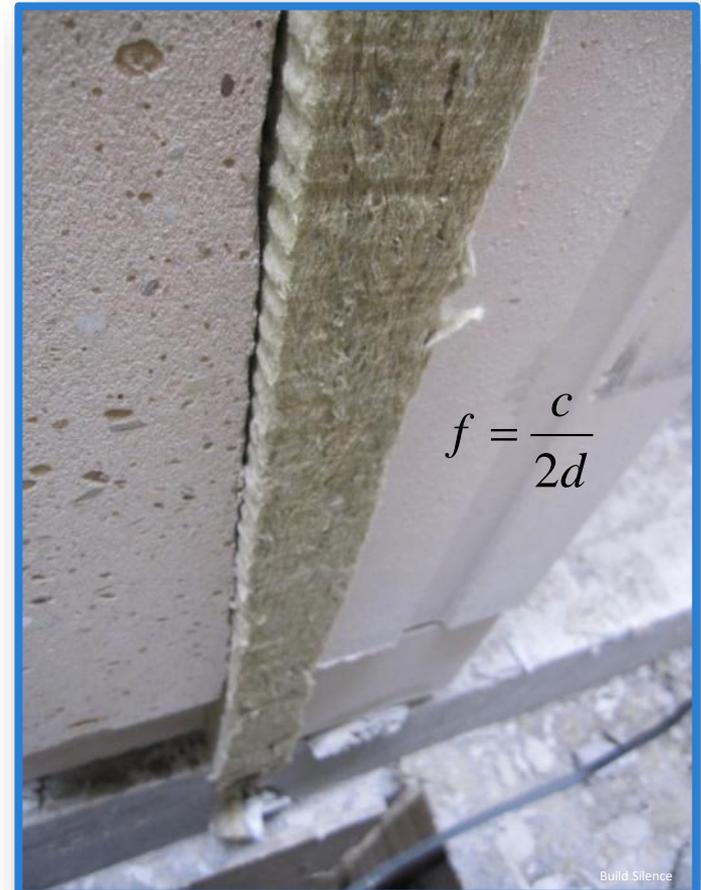
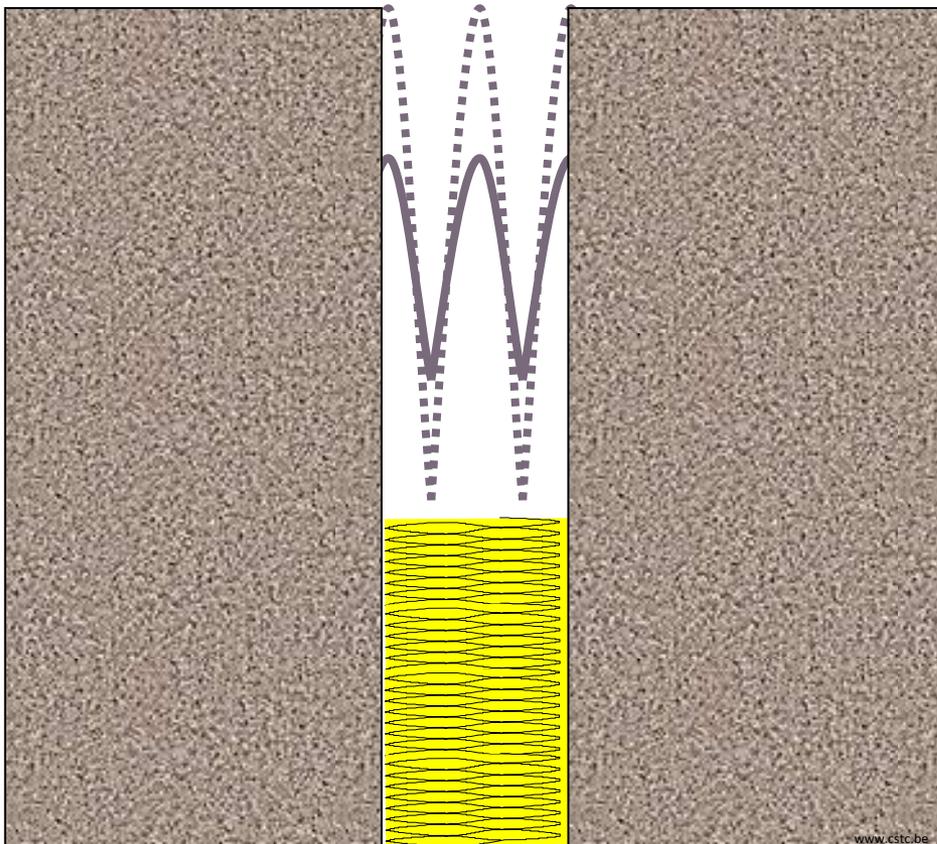




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : les ondes stationnaires au sein de la cavité

Chute de l'isolement aux fréquences correspondant aux **ondes stationnaires** → présence d'un absorbant

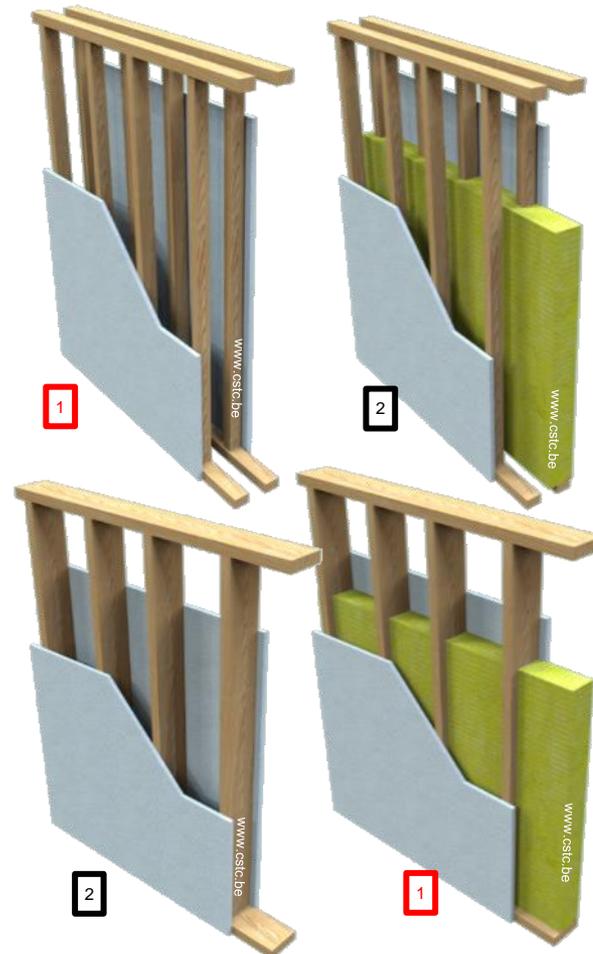
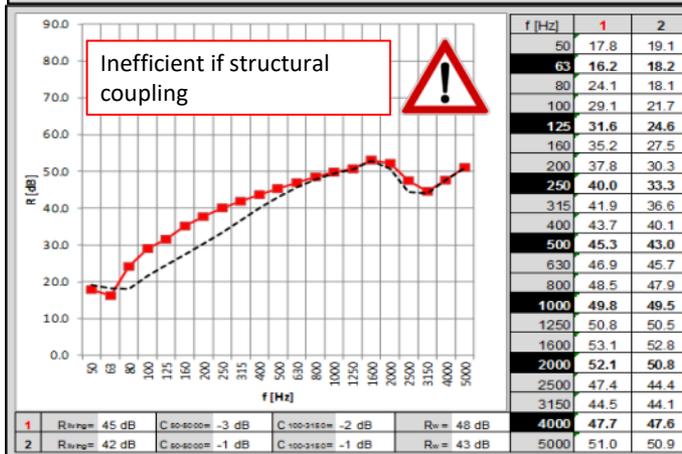
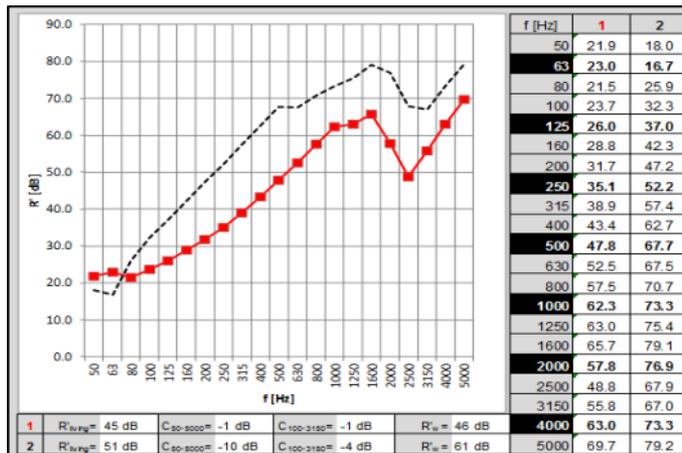




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : les ondes stationnaires au sein de la cavité

Chute de l'isolement aux fréquences correspondant aux **ondes stationnaires** → présence d'un absorbant

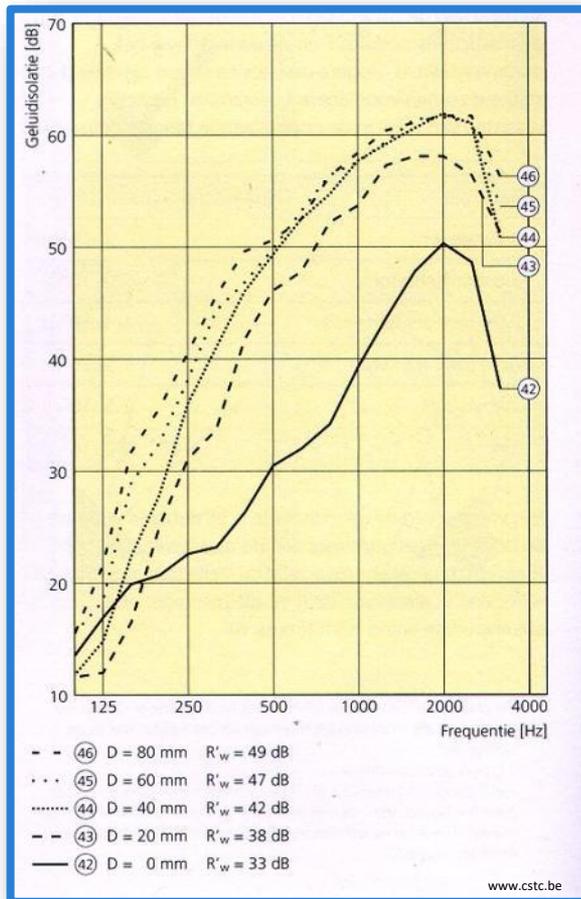




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : les ondes stationnaires au sein de la cavité

Chute de l'isolement aux fréquences correspondant aux **ondes stationnaires** → **présence d'un absorbant**



On constate de ces essais que :

- Plus l'épaisseur de l'absorbant est importante, meilleur est l'isolement aux bruits aériens,
- Les premiers centimètres sont les plus importants,
- Il vaut mieux **remplir complètement la cloison**, un vide d'air n'est pas utile.

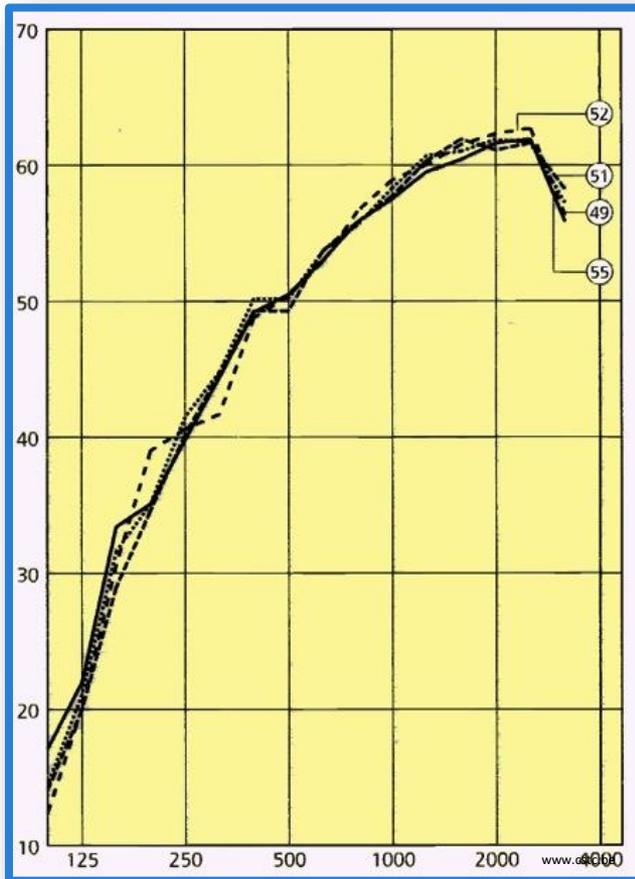




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : les ondes stationnaires au sein de la cavité

Chute de l'isolement aux fréquences correspondant aux **ondes stationnaires** → **présence d'un absorbant**



On constate de ces essais que :

- La **densité de l'absorbant** ne joue quasiment pas sur l'isolation de la cloison.





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : les ondes stationnaires au sein de la cavité

Chute de l'isolement aux fréquences correspondant aux **ondes stationnaires** → **présence d'un absorbant**



Choix de l'absorbant dans la cloison

- l'absorbant doit être poreux (ou fibreux) et présenter au moins un Alpha_w de 0,65.
- Ne PAS utiliser des isolants à cellules fermées (PU, XPS, EPS...)
- En général laine minérale mais alternatives écologiques parfaitement possibles.

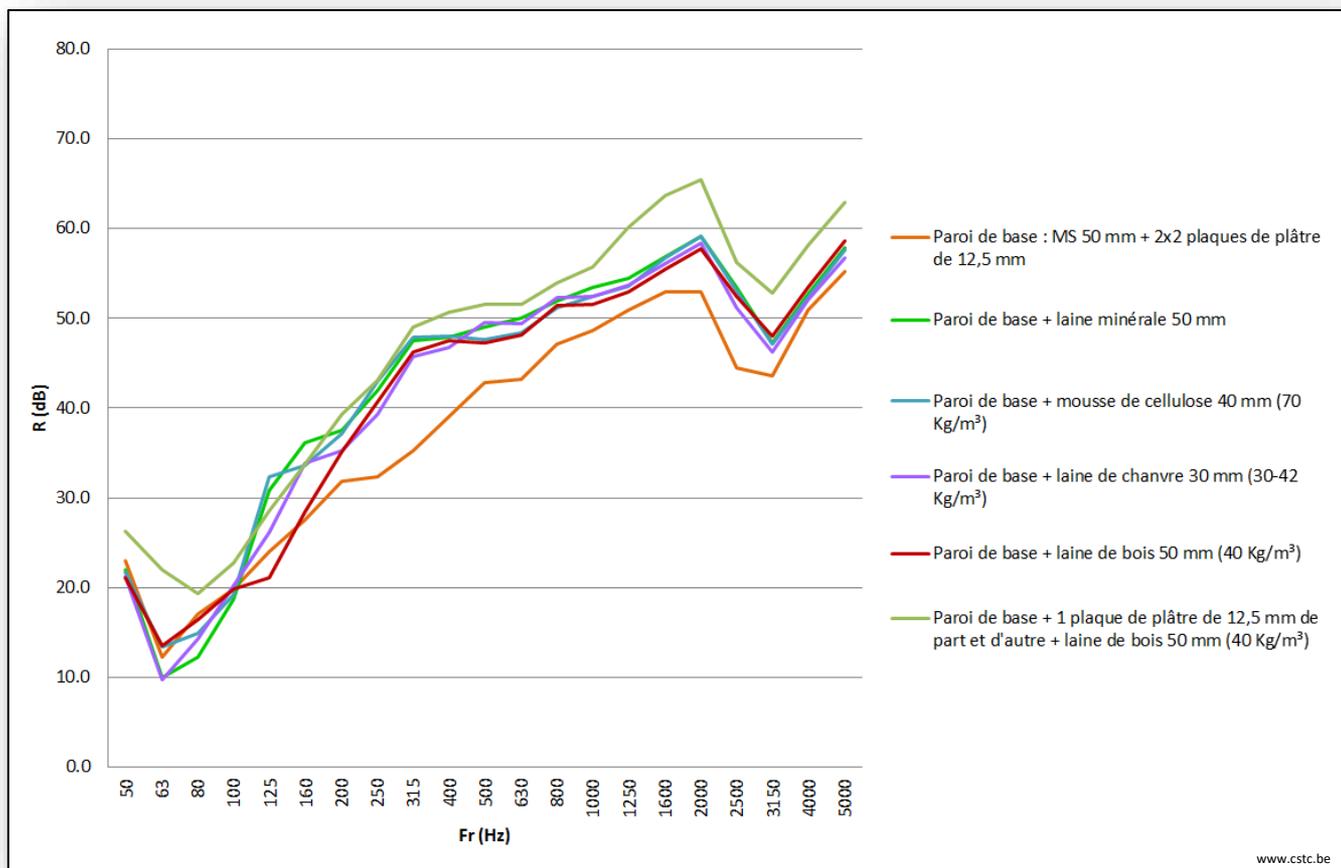




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : les ondes stationnaires au sein de la cavité

Chute de l'isolement aux fréquences correspondant aux **ondes stationnaires** → présence d'un absorbant





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

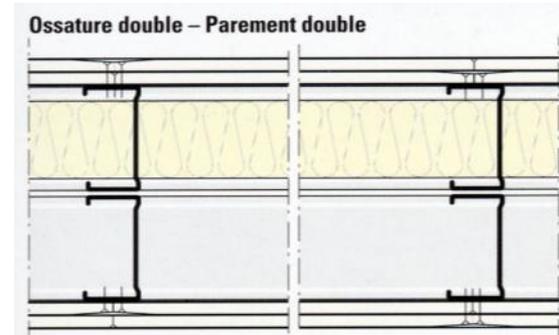
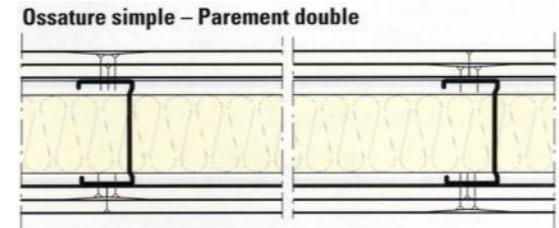
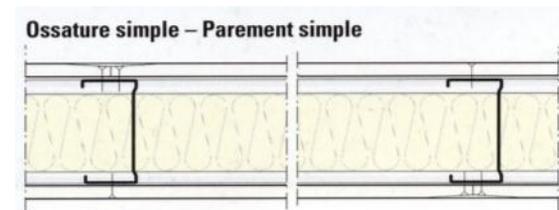
L'indice d'affaiblissement acoustique des parois en plaques de plâtre

La plaque de carton-plâtre (10-12,5 kg/m²)

Ossature simple, une couche de plaques	$R_w (C;C_{tr})$ (dB)
Ossature 50 mm + LM - Plaques BA13 12,5 mm	42 (-3;-10)
Ossature 100 mm + LM - Plaques BA13 12,5 mm	46 (-3;-9)

Ossature simple, double couche de plaques	$R_w (C;C_{tr})$ (dB)
Ossature 50 mm + LM - Plaques BA13 2x12,5 mm	50 (-2;-8)
Ossature 100 mm + LM - Plaques BA13 2x12,5 mm	52 (-3;-8)

Double ossature, double couche de plaques	$R_w (C;C_{tr})$ (dB)
Ossature 2x50 mm + LM - Plaques BA13 2x12,5 mm	61 (-4;-10)
Ossature 2x100 mm + LM - Plaques BA13 2x12,5 mm	63 (-3;-10)





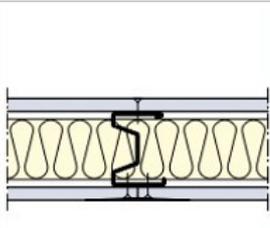
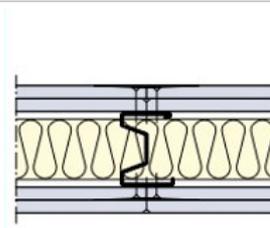
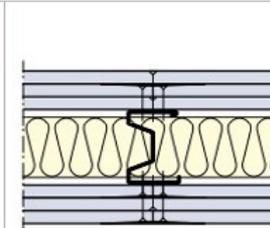
La pratique de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique des parois en plaques de plâtre

Plaques de plâtre et profilés « acoustiques »

Guide bâtiment durable : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/parois-legeres-en-plaque-de-platre-et-acoustique.html?IDC=10161>

Indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w des parois en plaque de plâtre de type Soundblock

Cloisons SoundBlock sur ossature simple (toutes les dimensions en mm)						
						
	Une couche de plaques		Deux couches de plaques		Trois couches de plaques	
Composition de la cloison						
Epaisseur totale de la cloison	75	100	100	125	125	150
Ossature: Metal Stud MSH	50	75	50	75	50	75
Ossature: Metal Stud MSdB	50	75	50	75	50	75
Epaisseur(s) des plaques par face	1x12,5		2 x 12,5		3x12,5	
Isolation acoustique aux bruits aériens (laboratoire - K.U. Leuven)						
R_w ($C; C_w$) en dB suivant EN ISO 717	45 (-5; -13)	50 (-6; -14)	58 (-6; -13)	61 (-4; -11)	62 (-2; -7)	65 (-2; -7)

(Source : Gyproc)

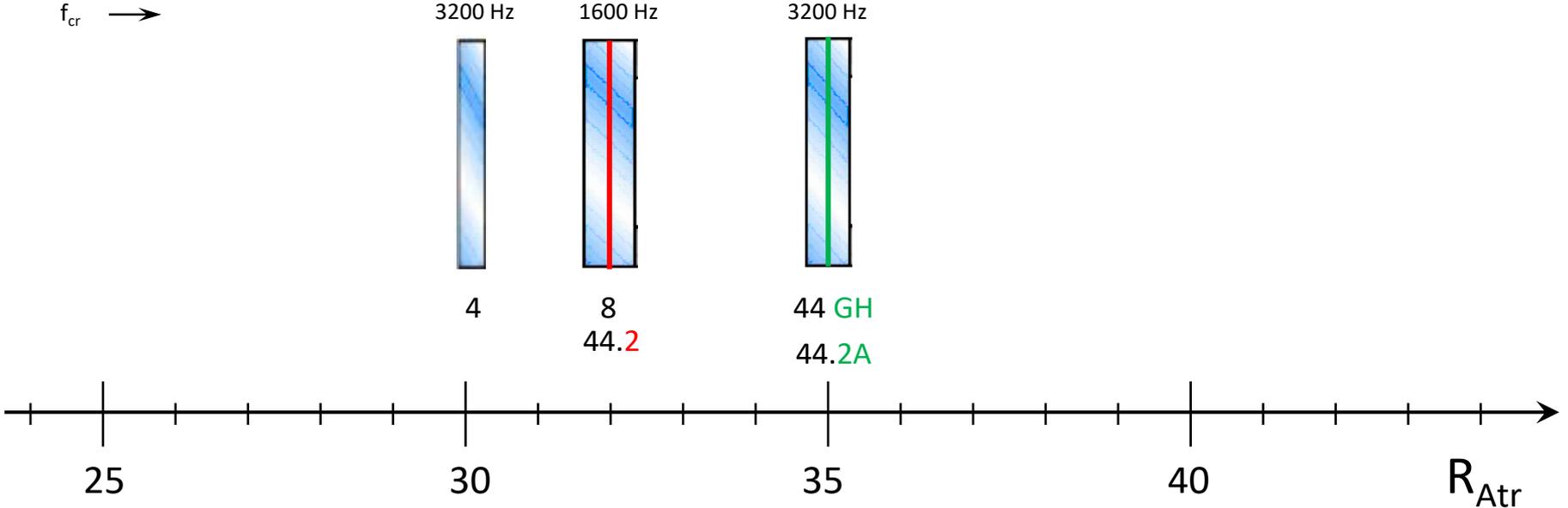


1111



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

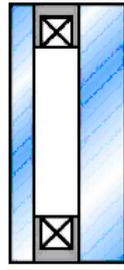
L'indice d'affaiblissement acoustique des parois vitrées



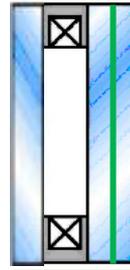
4-12-4



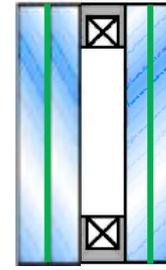
4-12-8



6-12-44.2A



66.2A-20-44.2A



$f_{MRM} \rightarrow$

245 Hz

212 Hz

187 Hz

122 Hz



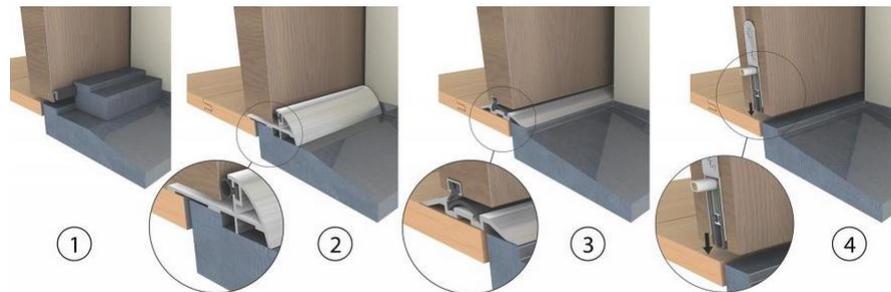
La pratique de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique des portes intérieures

Guide bâtiment durable : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/acoustique-des-portes.html?IDC=11043>

Les performances des portes, en fonction de leur type sont précisées ci-après :

Types de portes	R _w max
Portes à simple paroi (monoblocs) : <ul style="list-style-type: none">• Portes à nid d'abeille• Portes à noyau plein• Portes vantaux multicouches (épaisseur lamelle : 50 à 80mm)	+/- 25 dB +/- 32 dB +/- 40 dB
Portes à double paroi (masse-ressort-masse) : <ul style="list-style-type: none">• vide d'épaisseur : 60 à 120 mm	+/- 50 dB
Portes dédoublées / sas : <ul style="list-style-type: none">• épaisseur totale du complexe : 30 à 80 cm)	+/- 60 dB



© Oma Kiwi Design - Bruxelles Environnement



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique composé

Exemple 01 : cloison séparative entre bureaux :

Isolement cloison = R_1

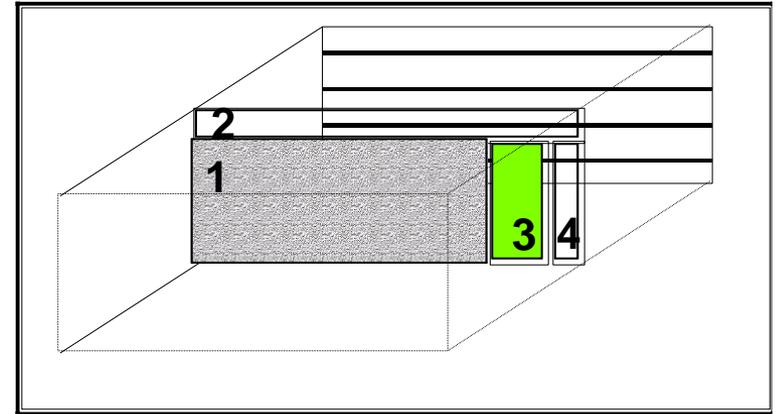
Isolement partie vitrée 2 = R_2

Isolement porte = R_3

Isolement partie vitrée 4 = R_4

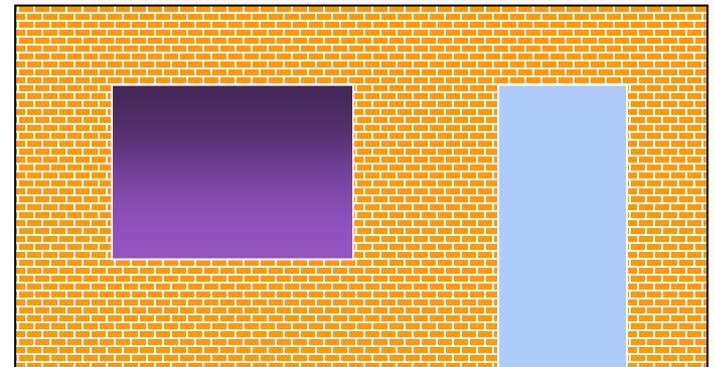
Isolement résultante (paroi complète) = R_{tot} :

$$R_{tot} = -10 \log \left(\sum_{i=1}^N \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{\frac{-R_i}{10}} \right)$$



Exemple 02 : façade :

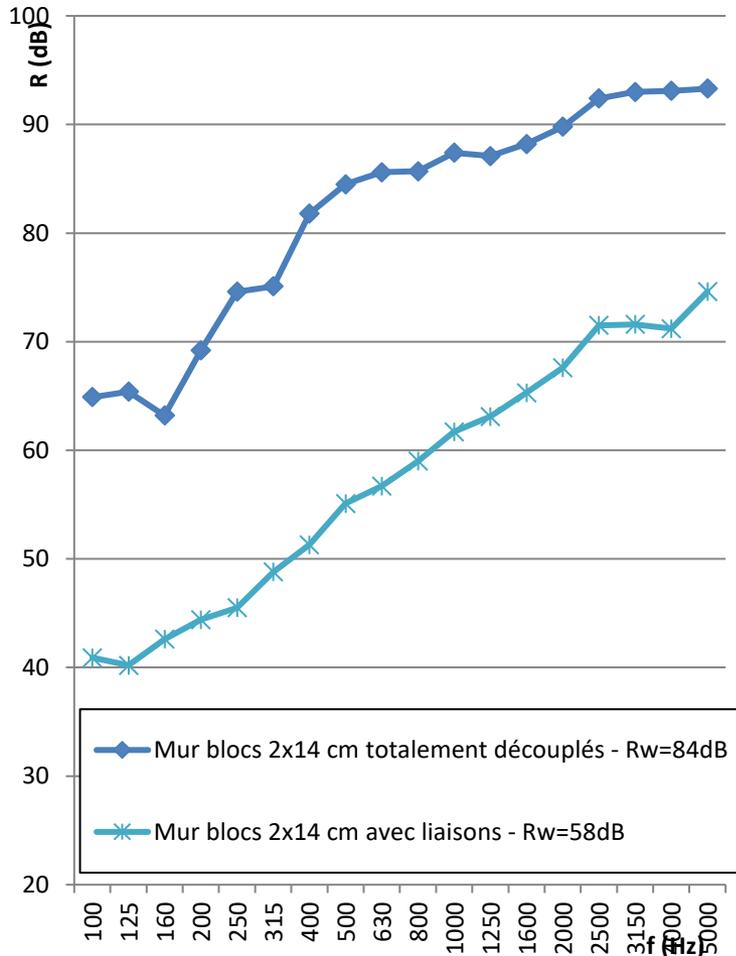
Surface	R_w élément
Vitrage 4 m ²	40 dB
Porte 2 m ²	25 dB
Paroi pleine 14 m ²	55 dB
Isolement composé R_{tot}	34,7 dB





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

L'indice d'affaiblissement acoustique des parois doubles lourdes – exemples des blocs de béton traditionnel



Difficulté d'interprétation des résultats des mesures **en laboratoire** sur les murs doubles lourds :

- conditions de continuité de la dalle,
- perte d'énergie dans la structure du laboratoire.

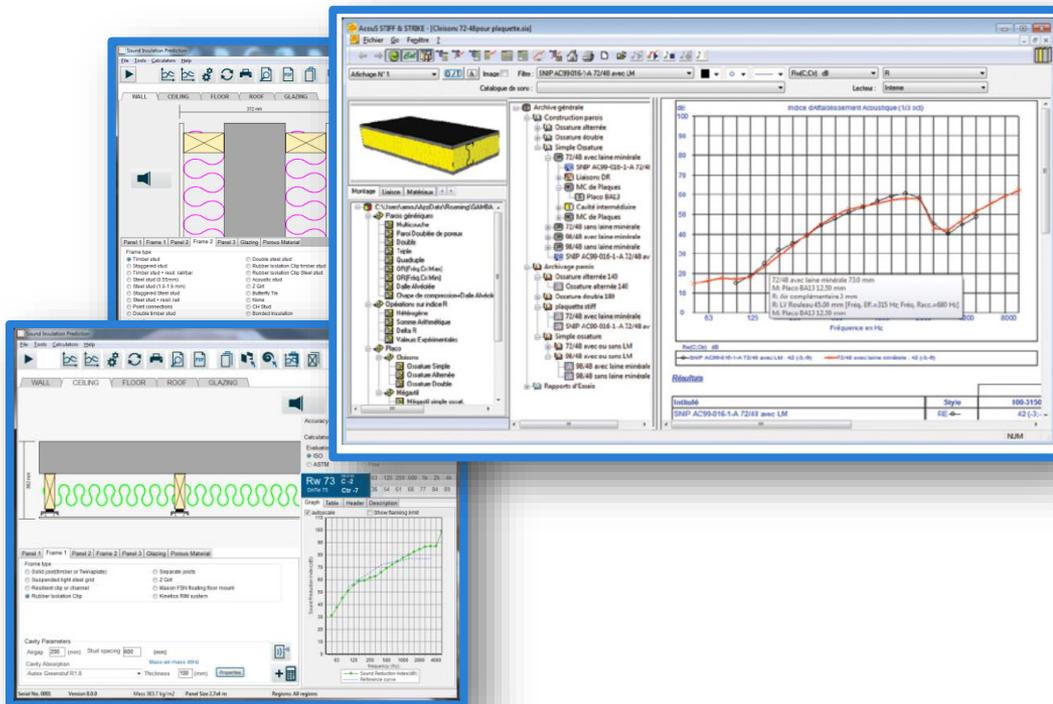




Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : simulations sur le R_w

- Optimisation des résultats d'essais en laboratoire
- Modélisation de compositions particulières



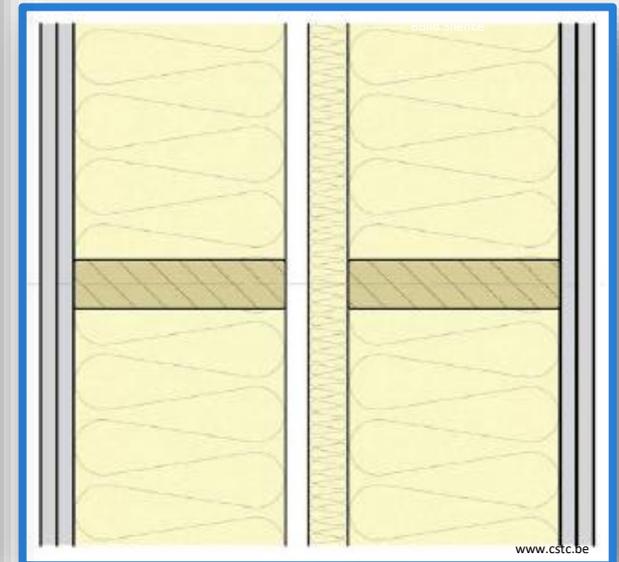


Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Optimisation des parois doubles : l'effet « masse-ressort-masse »

Une double-paroi sera d'autant plus efficace que :

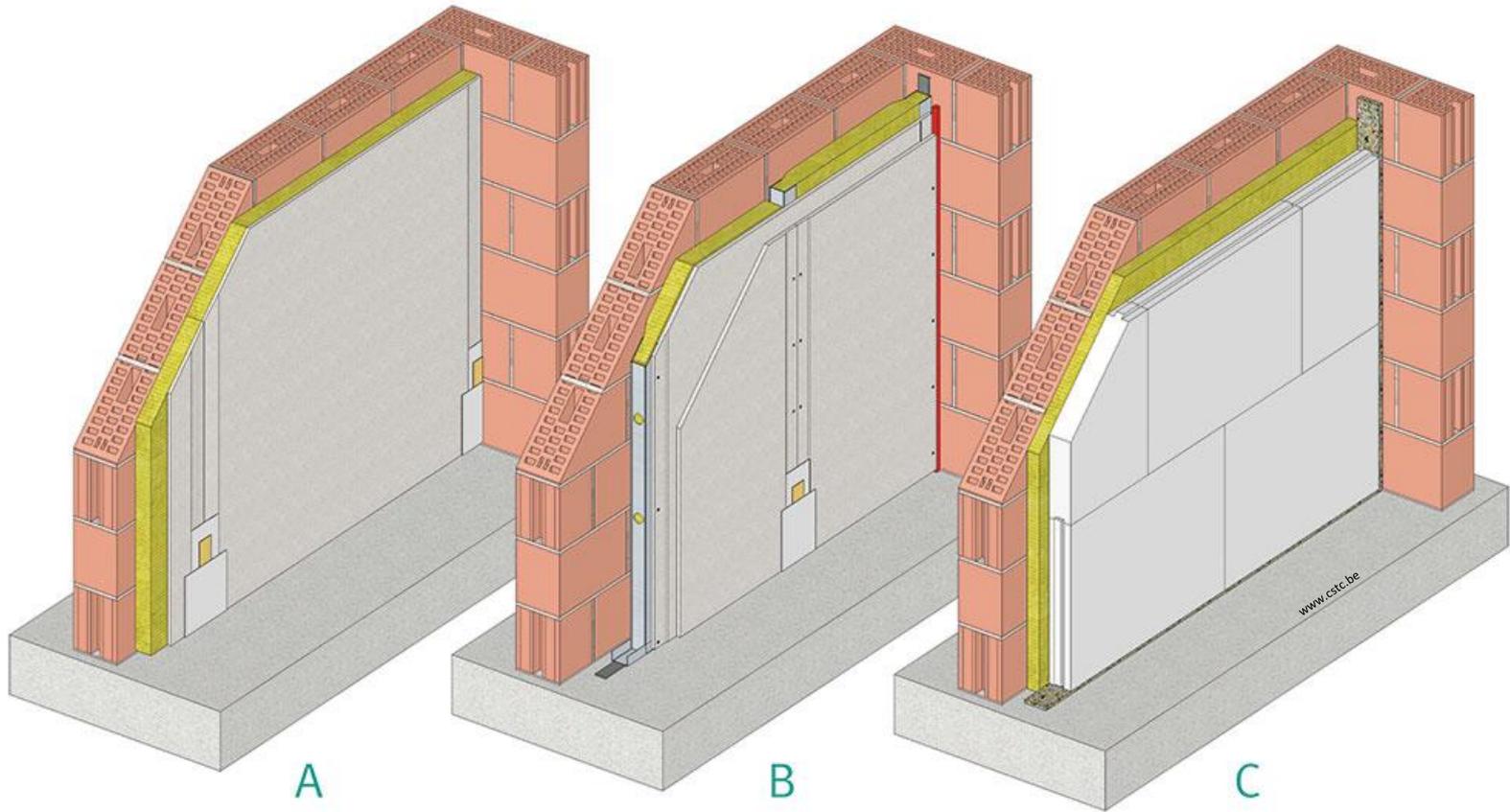
- Les parois qui la composent sont **lourdes**,
- Ces parois sont **éloignées**,
- Un **absorbant** à cellules ouvertes est présent dans le creux,
- Les parois sont correctement **désolidarisées** l'une de l'autre.





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Doublage acoustique : **système masse-ressort-masse** utilisant la masse de la paroi de base

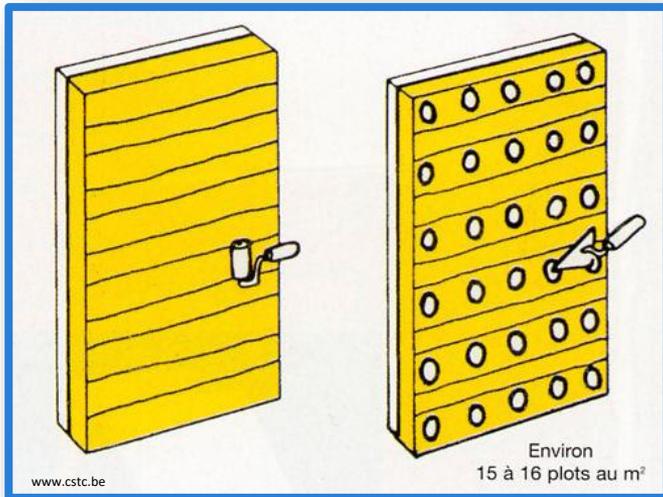


Important ! L'épaisseur de l'espace intérieur (absorbant compris) doit toujours être au moins de 70 mm.



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

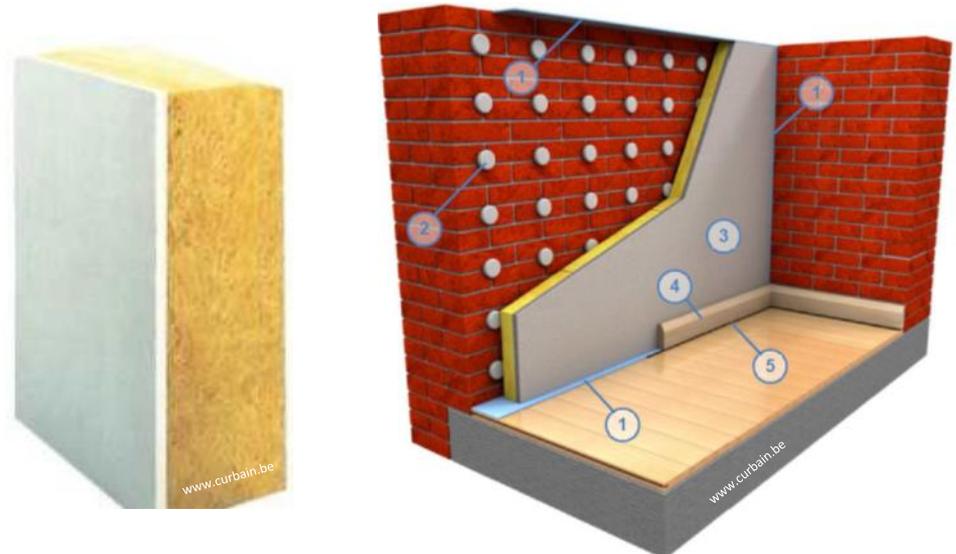
Les doublages acoustiques basés sur l'effet « masse-ressort-masse »



Les doublages de type A sont constitués d'éléments manufacturés où l'absorbant est collé à la plaque de finition, constituant ainsi des doublages thermo-acoustiques.

Seuls ceux à cellules ouvertes fonctionnent pour des applications en isolement acoustique.

Dans la grande majorité des cas, il s'agira de doublages à base de laine minérale. Ces doublages offrent des améliorations de 9 à 12 dB sur l'indice d'affaiblissement de la paroi de base.





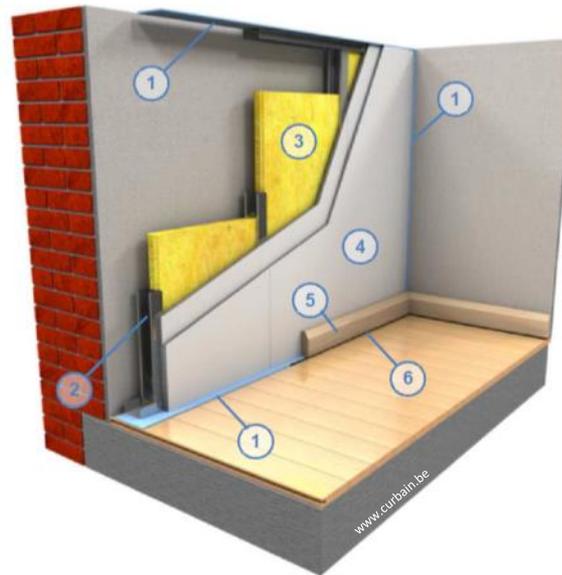
Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Les doublages acoustiques basés sur l'effet « masse-ressort-masse »



Les doublages de type B sont constitués d'une ossature indépendante (profilés ressorts, profilés métalliques, ossature bois décollée) de la paroi de base.

L'épaisseur des montants, souvent 50 mm, est remplie avec un absorbant sur toute la surface : **laine minérale ou autres absorbants écologiques poreux/fibreux.**



Les panneaux de finition sont constitués d'une double-épaisseur de plaques, par exemple **deux plaques de plâtre de 12,5 mm.**



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Les doublages acoustiques basés sur l'effet « masse-ressort-masse »



La réflexion « optimisation de la double paroi » sera exactement la même lorsqu'il s'agira de doubler acoustiquement un plafond.





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Les doublages acoustiques basés sur l'effet « masse-ressort-masse »

Guide bâtiment durable : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/contre-cloisons-legeres-et-acoustique.html?IDC=10162>

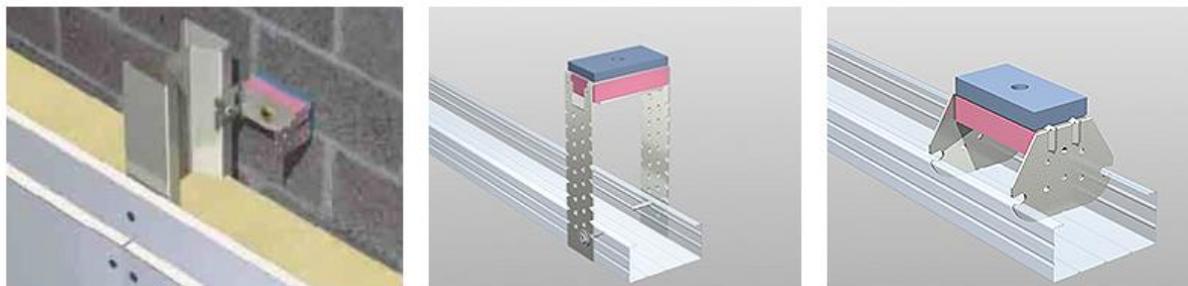
Même dans le cas des parois autonomes, il est parfois nécessaire de fixer la contre-cloison à la paroi principale (exemples si la contre-cloison est de haute taille). Dans ce cas, et si les exigences de performance sont élevées, utilisera des profils de fixation acoustiques spécifiques.

Méthode de fixation courante



© Gyproc

Profil de fixation acoustiques



© Gyproc



Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Doublage acoustique des planchers – faux-plafond isolant

Plafond acoustique (isolant) :

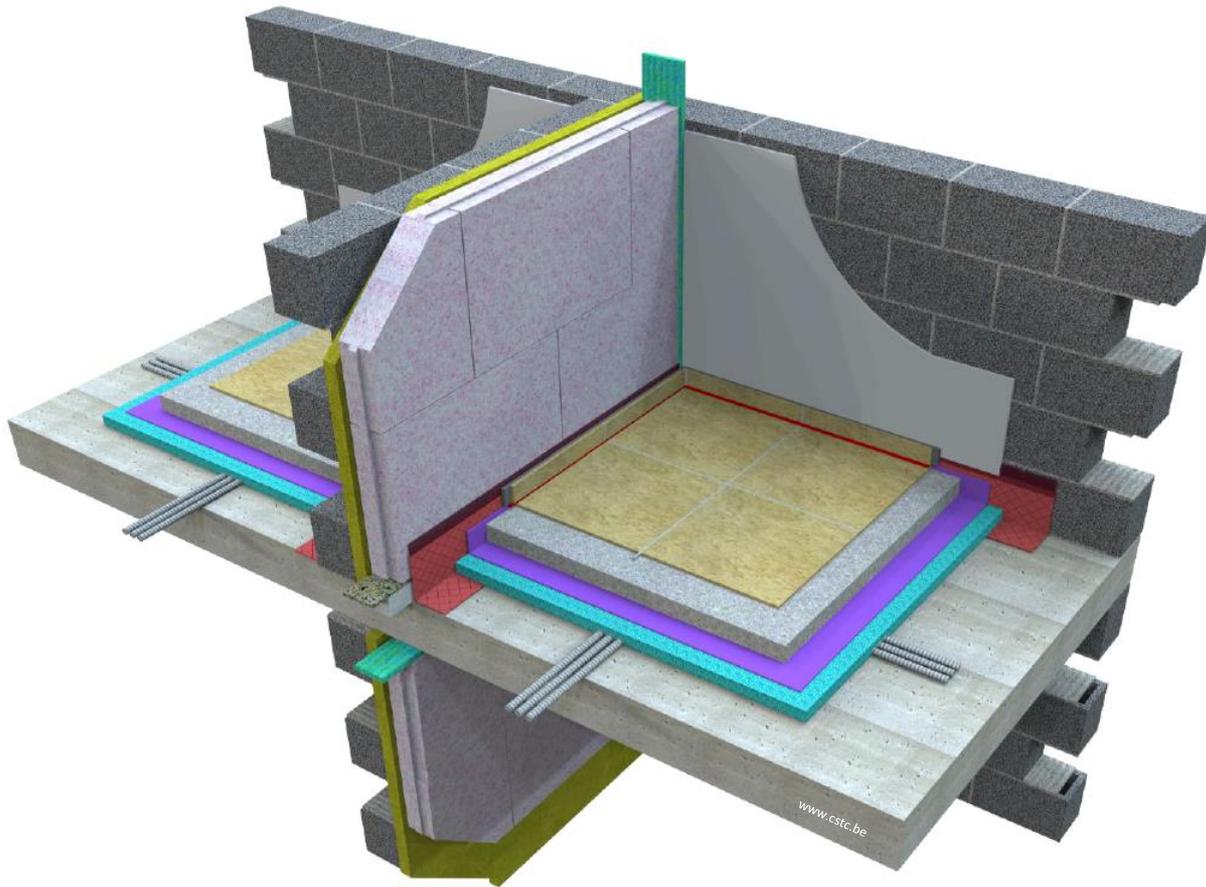
- Structure métallique (désolidarisée/autoportante)
- Laine minérale (min. 100 mm)
- Double épaisseur de plaques de plâtre (2x12,5mm)
- Joint périphérique souple





La pratique de l'isolement aux bruits aériens

Exemple de concept constructif « mur avec doublage acoustique » - Application de l'effet M-R-M





Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Les doublages acoustiques basés sur l'effet « masse-ressort-masse »



Les doublages de type C sont constitués de mur lourds posés sur membranes résilientes devant de la paroi de base.

Le matériau le plus souvent utilisé dans cette application est le carreau de plâtre lourd.

On doit placer à l'arrière de ce doublage un absorbant, celui-ci devra bien entendu être ici aussi **un absorbant poreux ou fibreux.**



Le mur est désolidarisé de la structure sur ses quatre faces au moyen de dispositifs de désolidarisation adéquats.







Caractérisation de l'isolement aux bruits aériens

Synthèse des grandeurs relatives à l'isolement aux bruits aériens

Mesures en laboratoire :

$$R_w (C;C_{tr})$$

$$D_{n,e,w} (C;C_{tr})$$

Catégories I_a, I_b, II_a, II_b, III_a, III_b, IV_a ou IV_b



Caractérisation des **performances acoustiques des produits** mesurées **en laboratoire** → documentations techniques = base des calculs de prédiction des performances sur site

Mesures in situ (à l'intérieur) :

$$D_{nT,w} (C,C_{tr})$$

$$D_{n,w} (C,C_{tr})$$

$$R'_w (C,C_{tr})$$

Catégories I_a, I_b, II_a, II_b, III_a, III_b, IV_a ou IV_b



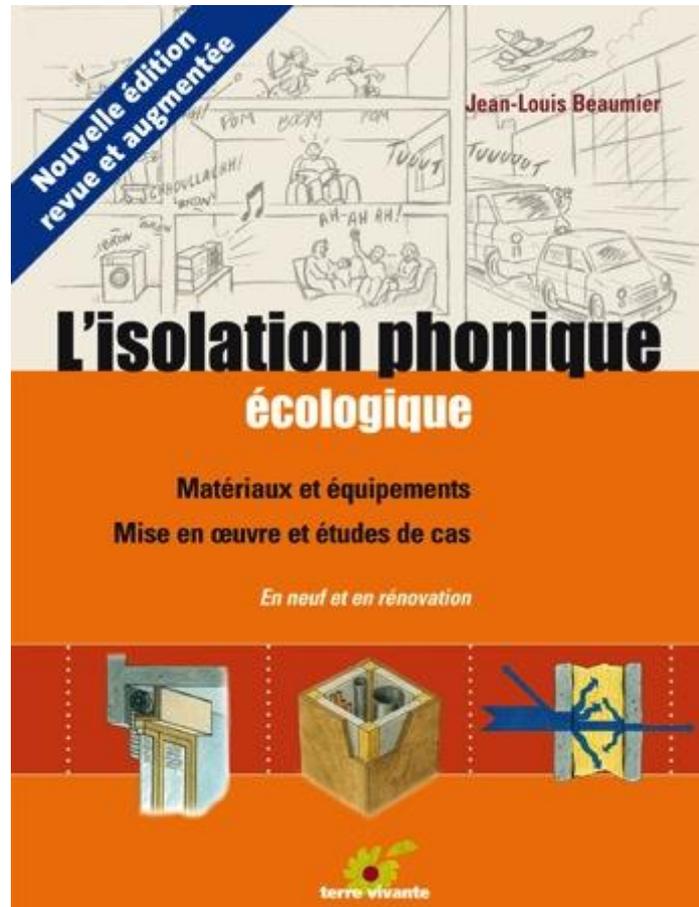
Exprime les **performances d'isolement aux bruits aériens entre locaux, obtenues sur site** → C'est sur ces grandeurs que portent les exigences de la plupart des normes

Prudence quand on veut comparer les deux !

Outils, sites internet, etc... intéressants :

L'isolation phonique écologique

J.L. Beaumier - éd. Terre Vivante 2011



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.
- BOUWAKOESTIEK – B. Ingelaere – Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Limelette – 2002.
- Articles et conférences du CSTC 2001-2016 – www.cstc.be – www.normes.be
- INITIATION A L'ACOUSTIQUE – A. Fischetti – BELIN, Paris – 2003.
- ACOUSTIQUE – R. Josse – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Grenoble.
- ACOUSTIQUE DU BÂTIMENT ET LUTTE CONTRE LE BRUIT- J.J. Embrechts – Université de Liège, Faculté des Sciences Appliquées – 2001.
- BOUWAKOESTIEK – B. Ingelaere – Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Limelette – 2002.
- LA PRATIQUE DE L'ISOLATION ACOUSTIQUE DES BÂTIMENTS – J. Pujolle – Editions du Moniteur, Paris – 1978.



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

