



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
LEEFMILIEU BRUSSEL
- IBGE·BIM -

L'ADMINISTRATION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ÉNERGIE DE LA RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE
DE MILIEU- EN ENERGIEADMINISTRATIE VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

Performances acoustiques des éléments de façade

Exposé dans le cadre de la formation
Bâtiment durable : ACOUSTIQUE

Manuel Van Damme, Ing.

CSTC-WTCB – Guidance Éco-Construction et Développement durable

Mai-Juin 2012



BRUXELLES ENVIRONNEMENT

IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT



Objectifs et plan de l'exposé

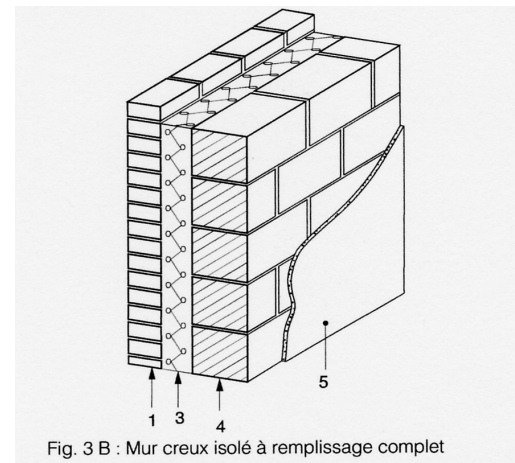
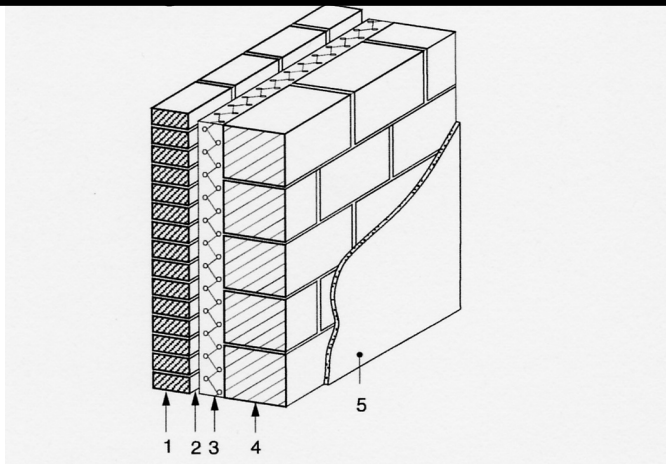
Performances acoustiques des éléments de façade

- Vitrages et châssis,
- Grilles et ouvertures de ventilation,
- Toitures.



R_{Atr} des murs de façade

Brique pleine de 9 cm / lame d'air non ventilée de 5 cm remplie de laine minérale / bloc de béton creux de 19 cm / enduit	$R_w (C;Ctr) = 55 (-1;-5) \text{ dB}$ → $(R_{Atr} = 55 - 5 = 50 \text{ dB})$
Brique de parement de 9 cm / lame d'air non ventilée de 5 cm / bloc de béton creux de 14 cm / enduit	$R_w = 54 \text{ dB}$
Brique pleine de 9 cm / lame d'air non ventilée de 5 cm / bloc de béton d'argile exp. de 14 cm / enduit	$R_w = 52 \text{ dB}$
Brique 10 cm / lame d'air non ventilée de 5 cm / ossature bois / agglo de 18 mm / BA10	$R_w = 46 \text{ dB}$



Performances acoustiques des vitrages usuels

Type	Composition (mm)	$R_w (C;C_{tr})$	R_{Atr} ou $R_w + C_{tr}$
Simple	4	32(-1;-2) dB	30 dB
	6	34(-1;-2) dB	32 dB
	8	35(-1;-3) dB	32 dB
	10	37(-1;-2) dB	35 dB

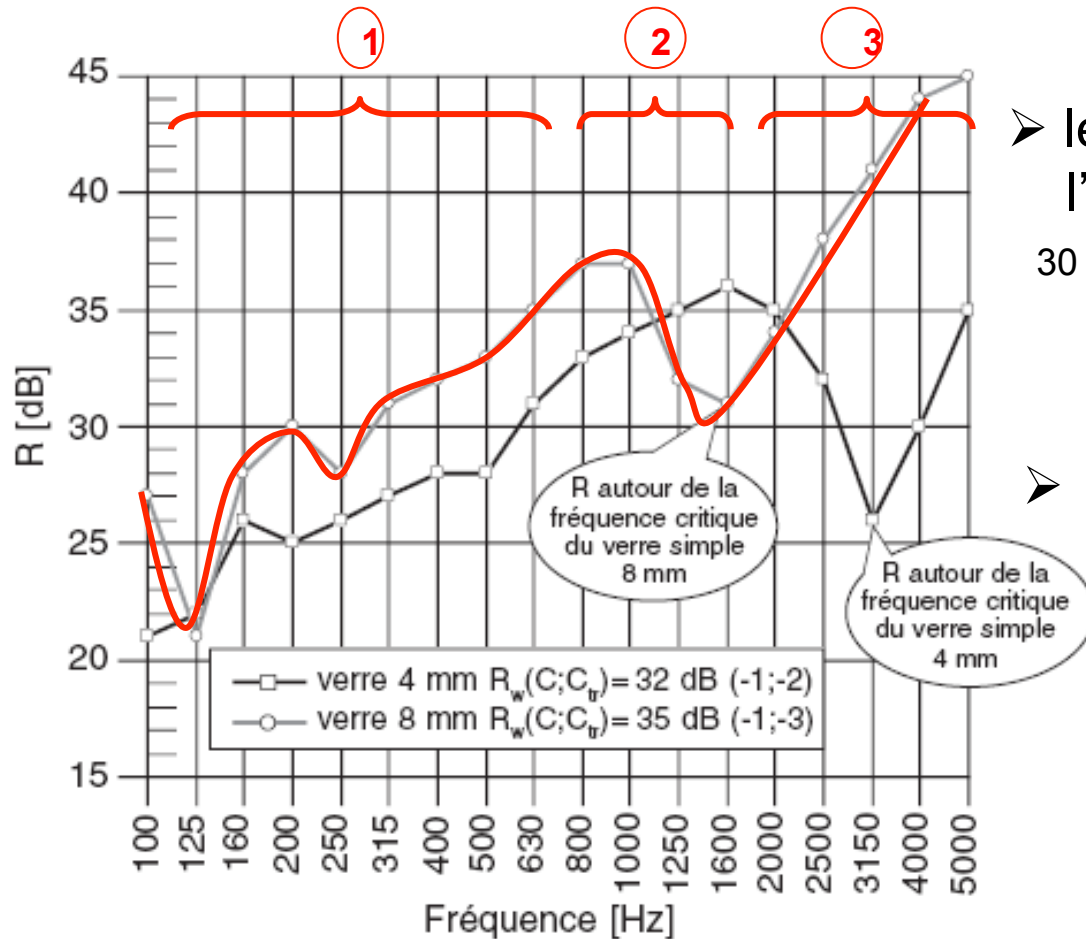
Loi de masse en acoustique : au plus lourd = au plus isolant

A chaque doublement de masse : décalage de la courbe d'isolement de +4 dB

Loi de la fréquence : l'isolation augmente avec la fréquence

Performances acoustiques des vitrages usuels

Les simples vitrages



➤ les performances **augmentent** avec l'épaisseur du verre

$$30 \text{ dB (4 mm)} < R_w + C_{tr} < 37 \text{ dB (19 mm)}$$

➤ **Trois** zones caractérisent la courbe d'isolation acoustique

1 Croissance avec la fréquence

2 Zone de coïncidence (freq. Critique)

3 Croissance avec la fréquence

Performances acoustiques des vitrages usuels

Type	Composition (mm)	$R_w (C;C_{tr})$	R_{Atr} ou $R_w + C_{tr}$
Simple	4	32(-1;-2) dB	30 dB
	6	34(-1;-2) dB	32 dB
	8	35(-1;-3) dB	32 dB ←
	10	37(-1;-2) dB	35 dB
Feuilletté non-acoustique	33.2	33(-1;-2) dB	31 dB
	44.2	35(-1;-3) dB	32 dB ←
	66.2	39(-1;-4) dB	35 dB
Feuilletté acoustique	33.2A	36(0;-3) dB	33 dB
	44.2A	37(0;-2) dB	35 dB ←
	66.2A	40(-1;-3) dB	37 dB

Performances acoustiques des vitrages usuels

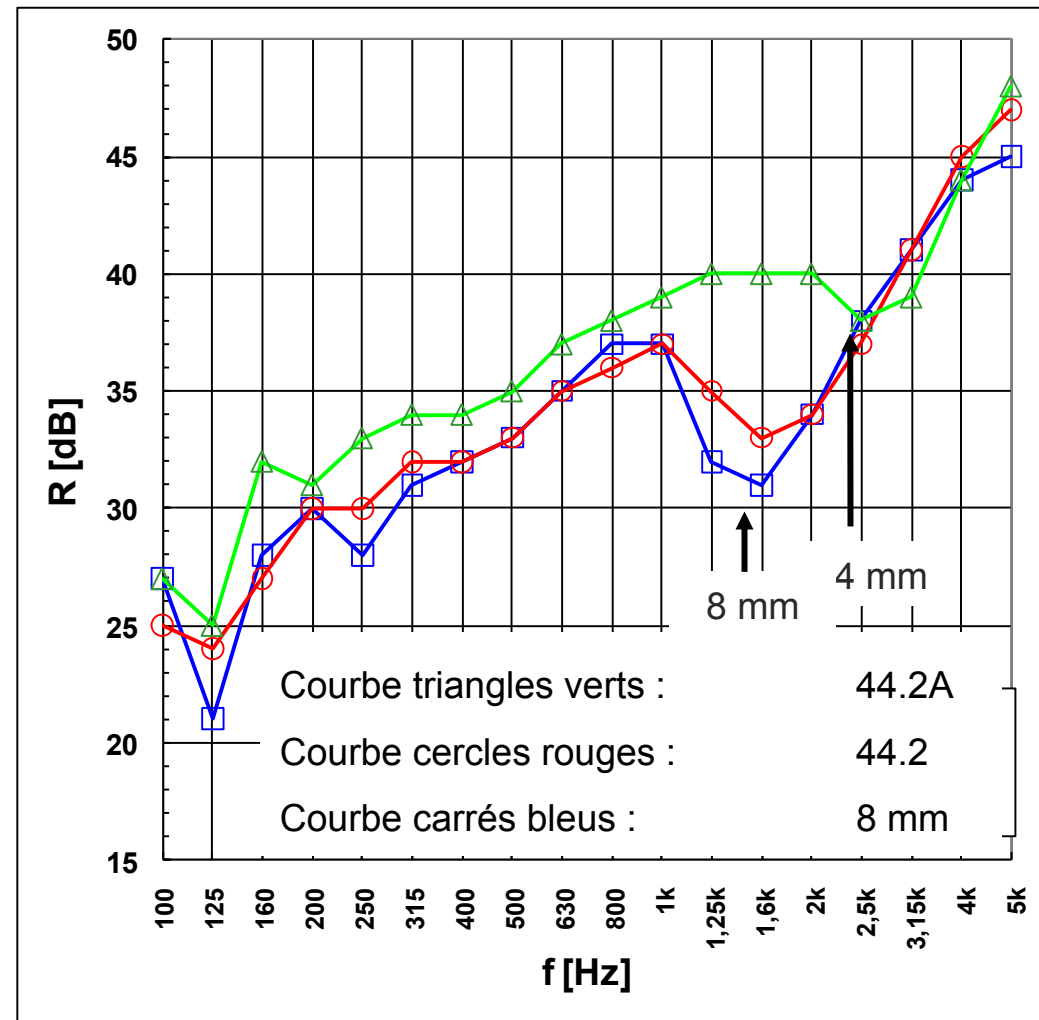
Vitrage feuilleté ou non-feuilleté

Le PVB(A) produit un meilleur « amortissement » que la simple feuille de PVB classique

Simple vitrage

Non-feuilleté

Feuilleté



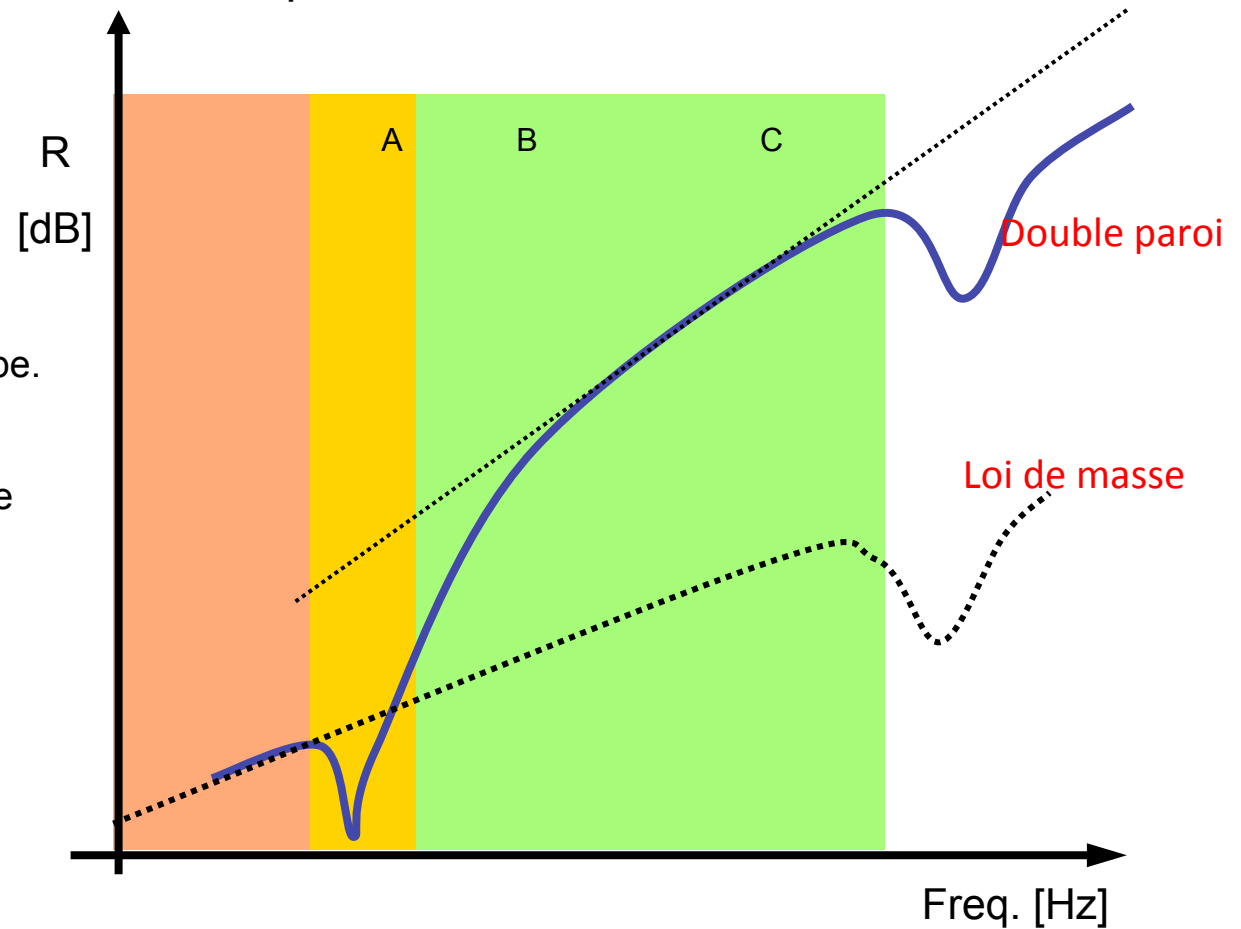
Performances acoustiques des vitrages usuels

Type	Composition (mm)	$R_w (C;C_{tr})$	R_{Atr} ou $R_w + C_{tr}$
Double symétrique	4-15-4	29(-1;-4) dB	25 dB
	4-16-4	30(-1;-3) dB	27 dB ←
	6-16-6	33(-1;-4) dB	29 dB

L'isolation n'est plus basée sur la masse mais sur l'effet masse-ressort-masse = effet « double paroi » → très néfaste dans le cas des vitrages

Performances acoustiques des vitrages usuels

Comportement des parois doubles

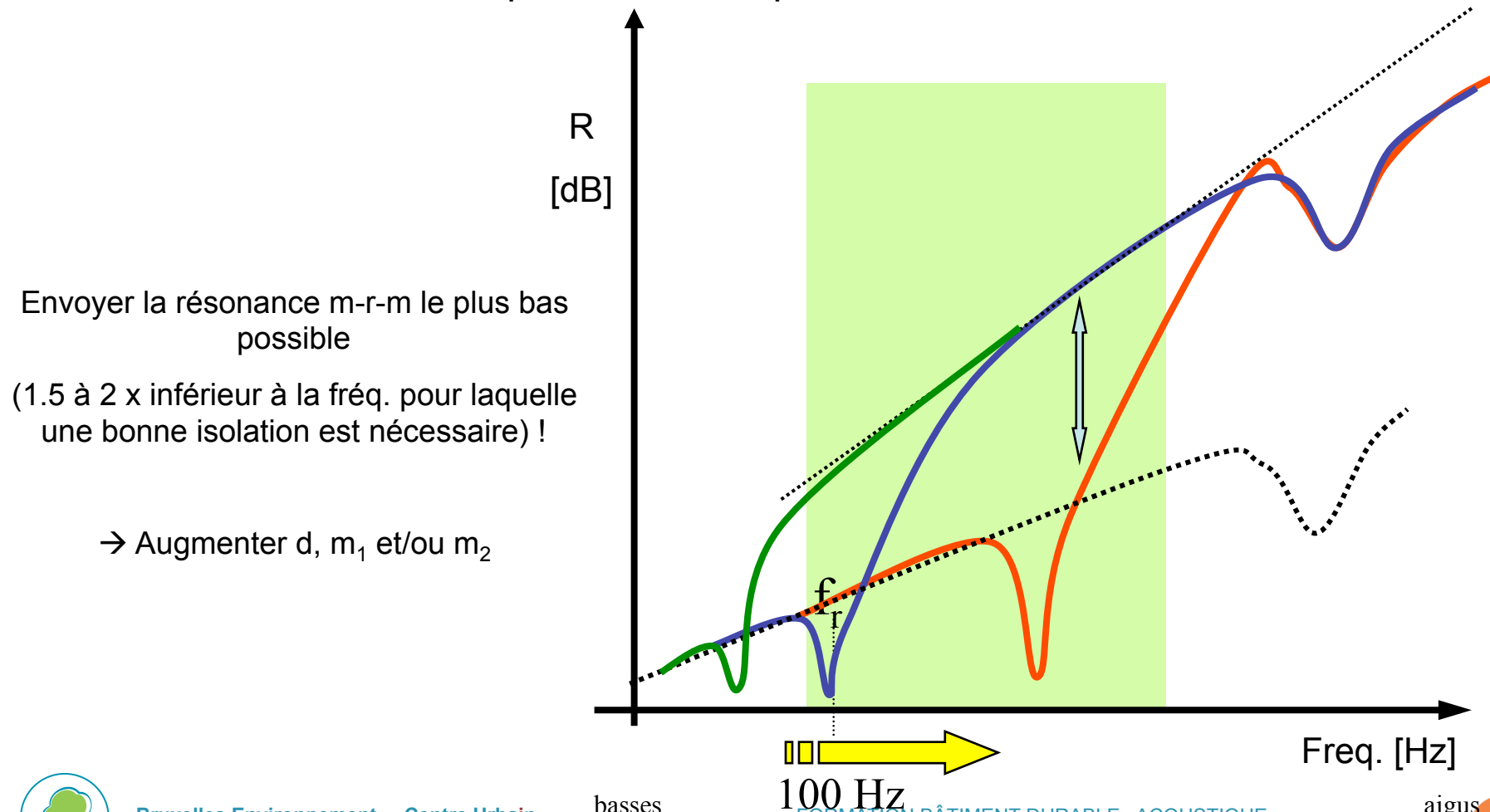


Trois zones importantes dans la courbe.

1. Le système suit la loi de masse
2. L'isolement chute à la fréquence de résonance
3. Le ressort "transmet mal" l'onde acoustique et l'isolement est beaucoup plus important que celui attendu selon la loi de masse

Problème de la résonance des parois doubles

Comportement des parois doubles

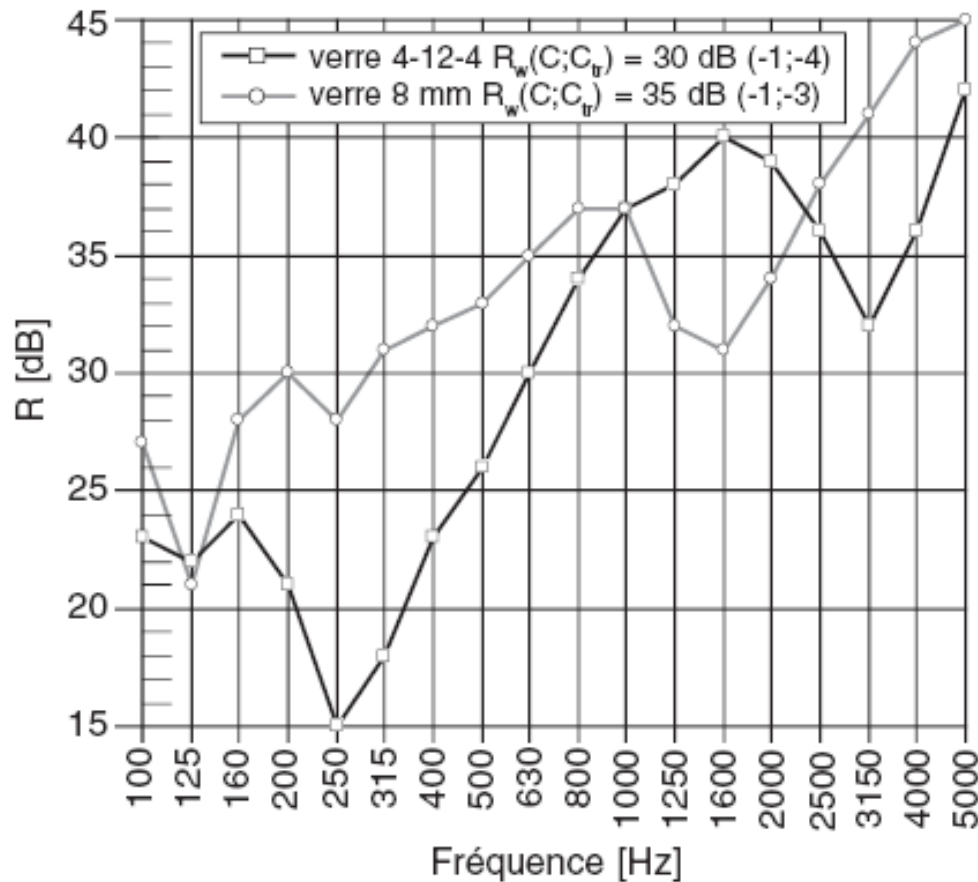


Envoyer la résonance m-r-m le plus bas possible
(1.5 à 2 x inférieur à la fréq. pour laquelle une bonne isolation est nécessaire) !

→ Augmenter d , m_1 et/ou m_2

Performances acoustiques des vitrages usuels

Comparaison des simples et doubles vitrages standards



➤ Pour une épaisseur de verre totale équivalente, les performances d'un double vitrage sont **inférieures** au simple vitrage

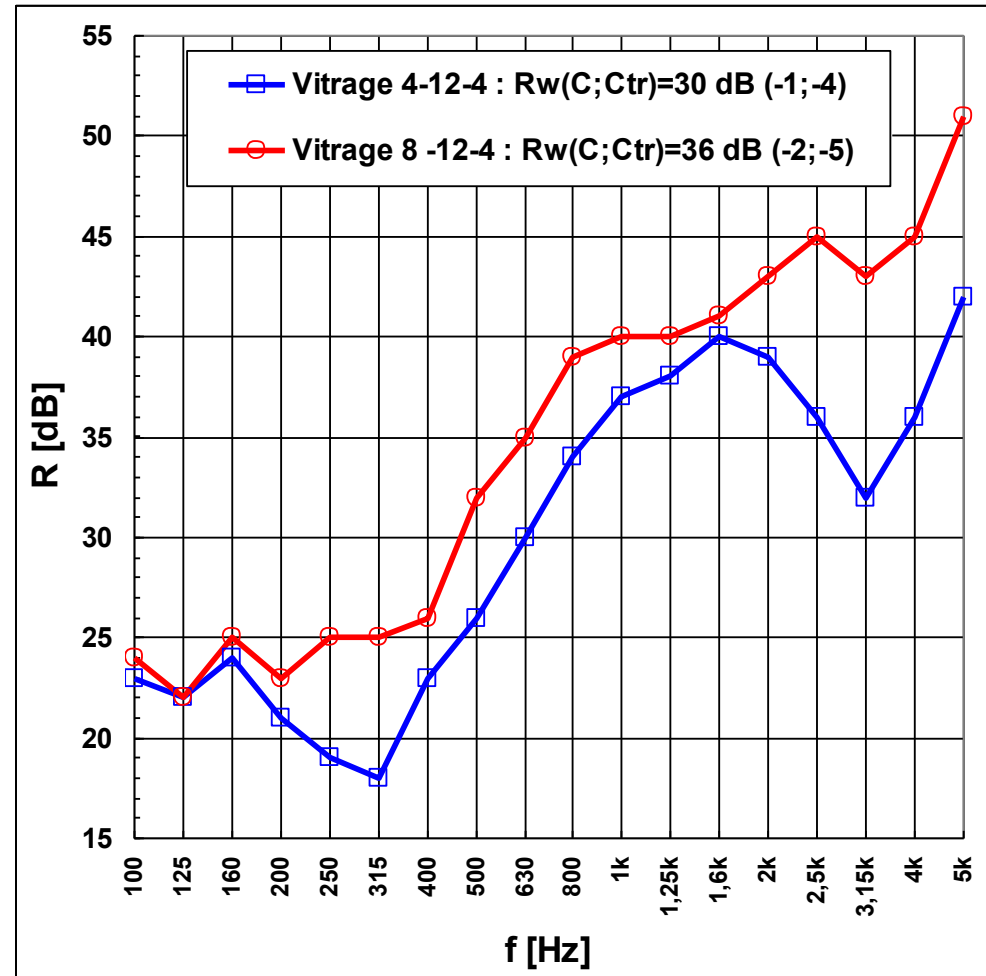
➤ Les avantages du double vitrage se situent en moyennes et hautes fréquences.

Performances acoustiques des vitrages usuels

Type	Composition (mm)	$R_w (C;C_{tr})$	R_{Atr} ou $R_w + C_{tr}$
Double symétrique	4-15-4	29(-1;-4) dB	25 dB ←
	4-16-4	30(-1;-3) dB	27 dB
	6-16-6	33(-1;-4) dB	29 dB
Double asymétrique	6-15-4	34(-1;-4) dB	30 dB ←
	6-16-4	35(-2;-5) dB	30 dB
	6-15-10	38(-1;-4) dB	34 dB
	6-20-10	37(-1;-2) dB	35 dB

Performances acoustiques des vitrages usuels

La zone de coïncidence est fortement marquée lorsque les deux feuilles de verre ont la même épaisseur. On préférera des vitrages constitués de deux épaisseurs de verre différentes.

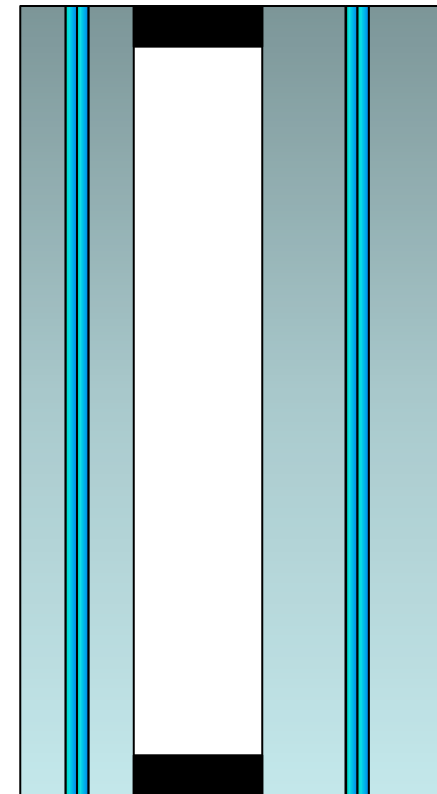
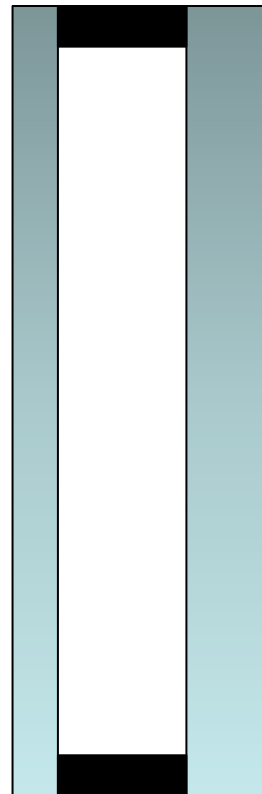


Performances acoustiques des vitrages usuels

Simple vitrage
non-feuilleté
feuilleté

Double vitrage (thermique)

Symétrique
Asymétrique
Feuilleté d'un côté
Double feuilleté



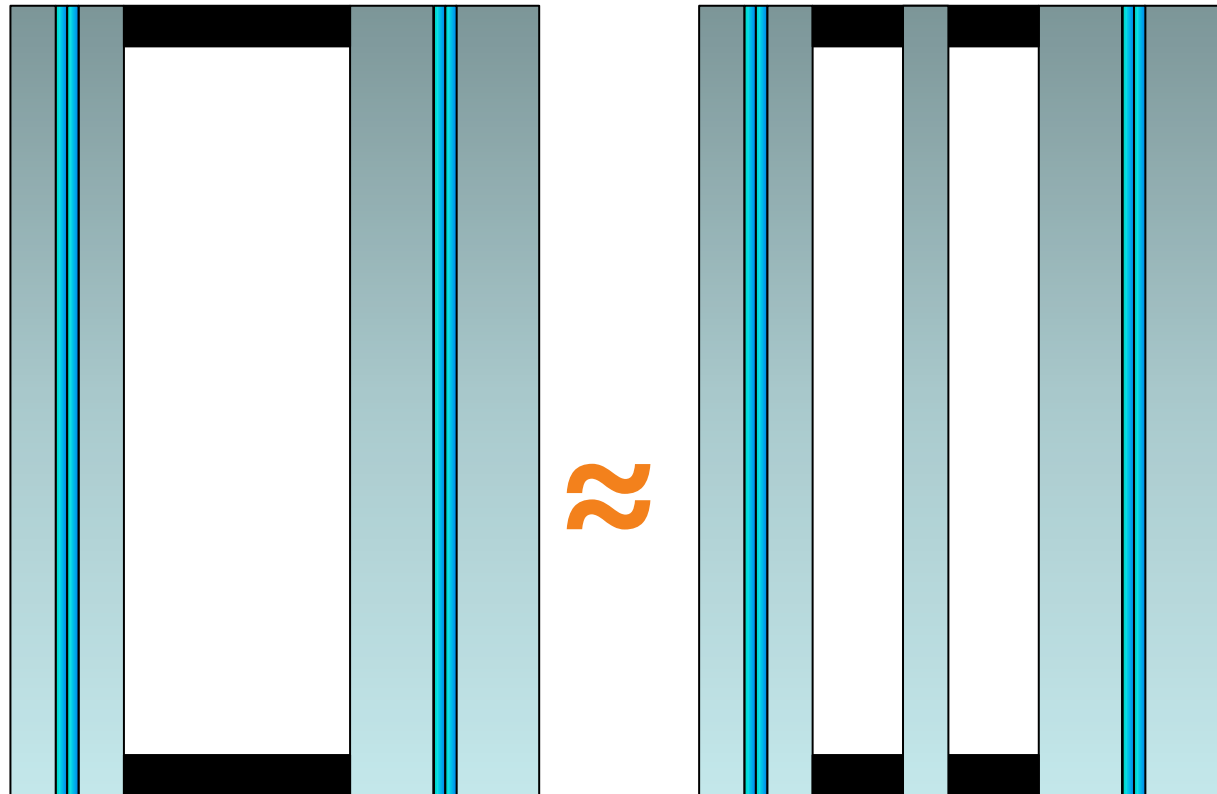
Performances acoustiques des vitrages usuels

Type	Composition	$R_w (C;C_{tr})$	R_{Atr} ou $R_w + C_{tr}$
Double asymétrique	6-15-4	34(-1;-4) dB	30 dB ←
	6-16-4	35(-2;-5) dB	30 dB
	6-15-10	38(-1;-4) dB	34 dB ←
	6-20-10	37(-1;-2) dB	35 dB
Double feuilleté une face	6-15-55.2	39(-1;-4) dB	35 dB
	4-16-44.2	37(-2;-6) dB	31 dB
	6-20-55.2	42(-1;-5) dB	37 dB
Double feuilleté acoustique	8-15-66.2A	43(-2;-4) dB	39 dB
	8-15-44.2A	41(-2;-6) dB	35 dB
	10-20-44.2A	45(-1;-4) dB	41 dB ←
	12-20-66.2A	45(-1;-3) dB	42 dB
Double 2x feuilleté acoustique	66.2A-20-44.2A	50(-2;-8) dB	42 dB ←
	66.2A-20-44.2A	49(-2;-6) dB	43 dB
	66.2A-15-88.2A	51(-1;-4) dB	47 dB

Performances acoustiques des vitrages usuels

Pas d'amélioration significative par rapport aux double vitrages de même épaisseur totale

Triple vitrage

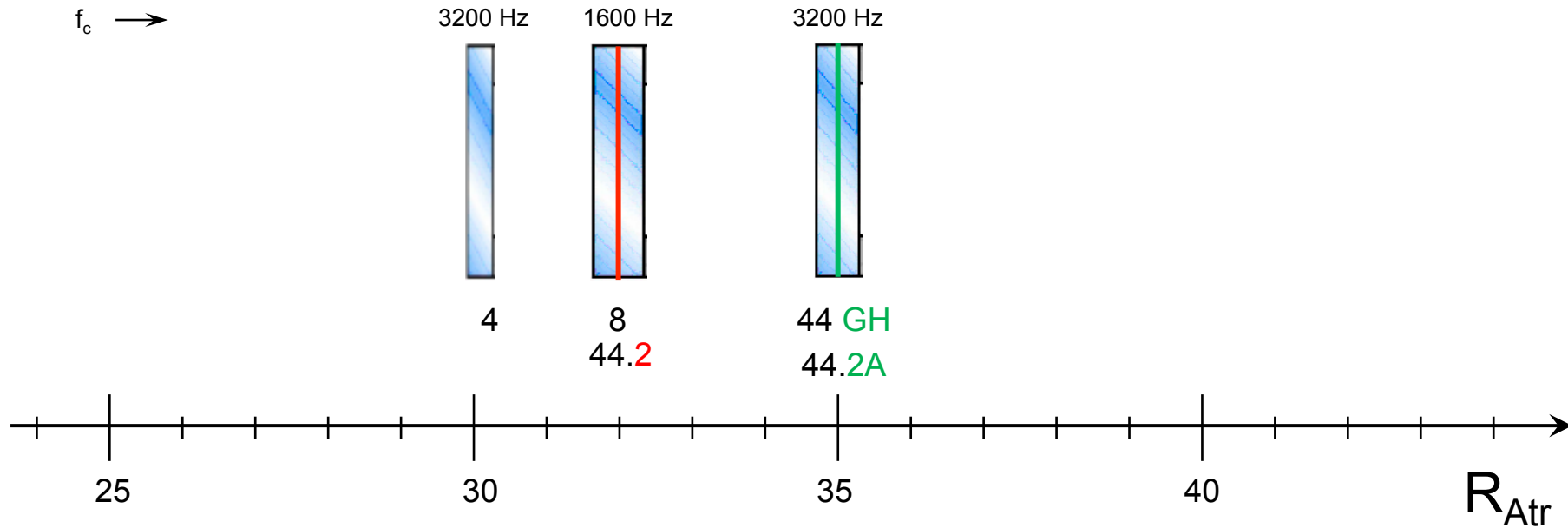


Performances acoustiques des vitrages usuels

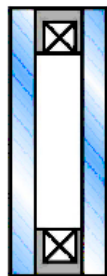
Type	Composition	$R_w (C;C_{tr})$	R_{Atr} ou $R_w + C_{tr}$
Triple	4-16-4-16-4	32(-2;-5) dB	27 dB ←
Triple feuilletté	6-12-4-12-44.1A	42(-1;-5) dB	37 dB
Triple 2xfeuilletté	44.1A-12-4-12-44.1A	47(-2;-6) dB	41 dB
	66.1A-12-6-12-44.1A	50(-2;-6) dB	44 dB



Indice d'affaiblissement acoustique des vitrages (R_{Atr} labo)

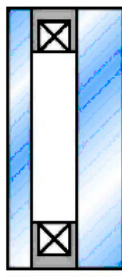


4-12-4



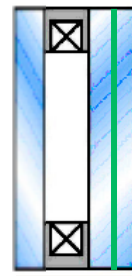
245 Hz

4-12-8



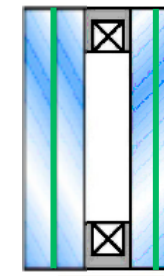
212 Hz

6-12-44.2A



187 Hz

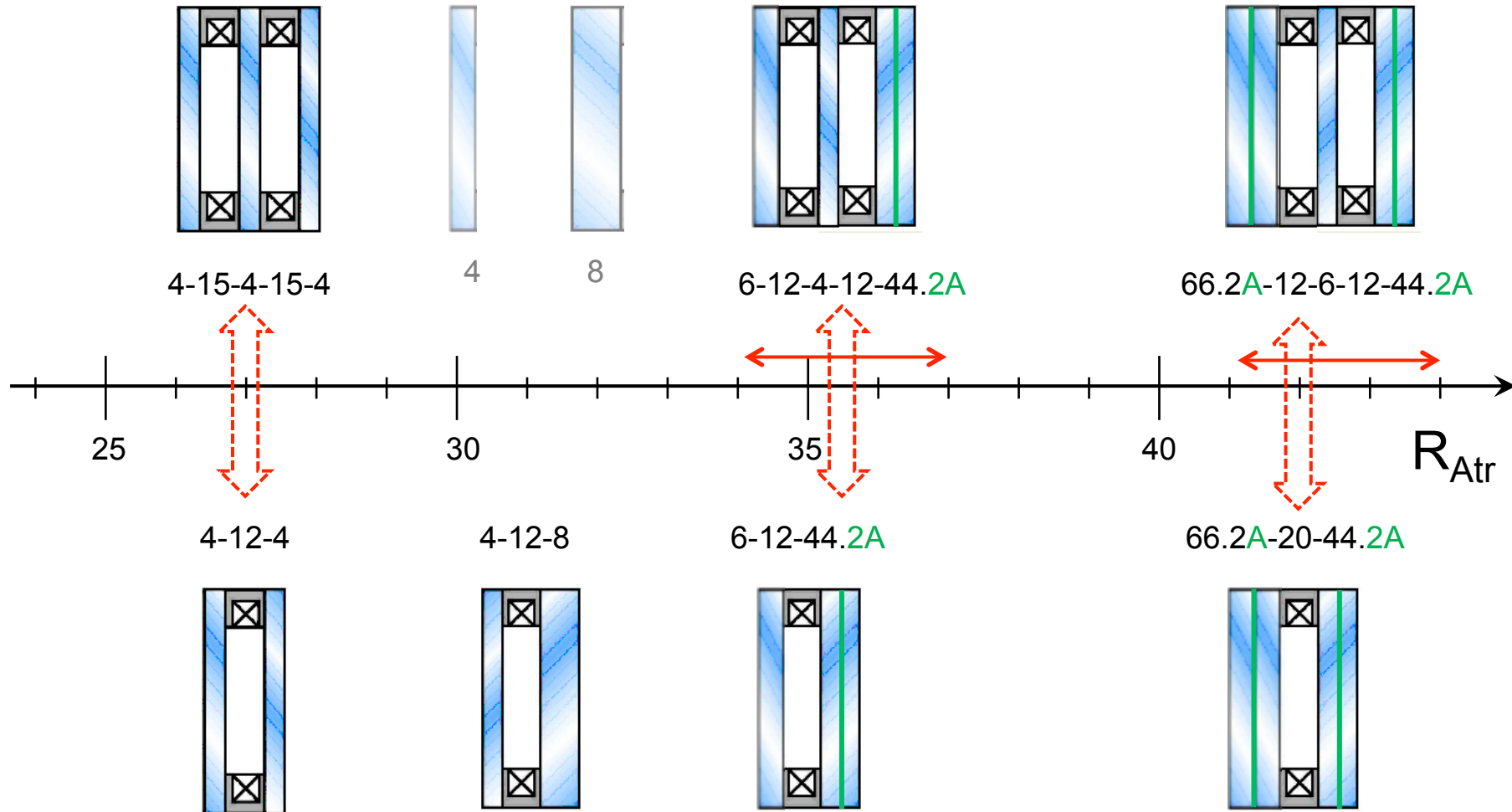
66.2A-20-44.2A



122 Hz



Indice d'affaiblissement acoustique des vitrages (R_{Atr} labo)



Type	Composition du vitrage	$R_w (C;C_{tr})$	R_{Atr} ou R_w+C_{tr}
Simple	4	32(-1;-2) dB	30 dB
	8	35(-1;-3) dB	32 dB
Feuilleté non acoustique	44.2	35(-1;-3) dB	32 dB
Feuilleté acoustique	44.2A	37(0;-2) dB	35 dB
Double symétrique	4-15-4	29(-1;-4) dB	25 dB
	6-16-6	33(-1;-4) dB	29 dB
Double asymétrique	6-15-4	34(-1;-4) dB	30 dB
	6-15-10	38(-1;-4) dB	34 dB
Double feuilleté une face	6-15-55.2	39(-1;-4) dB	35 dB
Double feuilleté acoustique	8-15-66.2A	43(-2;-4) dB	39 dB
	10-20-44.2A	45(-1;-4) dB	41 dB
Double 2x feuilleté acoustique	66.2A-20-44.2A	50(-2;-8) dB	42 dB
	66.2A-15-88.2A	51(-1;-4) dB	47 dB
Triple	4-16-4-16-4	32(-2;-5) dB	27 dB
Triple feuilleté acoustique	6-12-4-12-44.1A	42(-1;-5) dB	37 dB
Triple 2x feuilleté acoustique	44.1A-12-4-12-44.1A	47(-2;-6) dB	41 dB
	66.1A-12-6-12-44.1A	50(-2;-6) dB	44 dB

Performances acoustiques des vitrages : dimensions des vitrages

Données issues des mesures en laboratoire

$$R_w (C; C_{tr}) \quad \rightarrow \quad R_{Atr} = R_w + C_{tr}$$

- Facteur de correction en fonction de la surface réelle du vitrage par rapport aux surfaces testées en laboratoire : l'indice d'affaiblissement diminue avec l'augmentation de S

Surface réelle	Diminution de l'indice d'affaiblissement acoustique par rapport à la valeur laboratoire obtenue sur un châssis de 1.82 m ²
$S_{réelle} \leq 2.7 \text{ m}^2$	Pas d'adaptation
$2.7 \text{ m}^2 < S_{réelle} \leq 3.6 \text{ m}^2$	$R_{Atr} -1 \text{ dB}$
$3.6 \text{ m}^2 < S_{réelle} \leq 4.6 \text{ m}^2$	$R_{Atr} -2 \text{ dB}$
$4.6 \text{ m}^2 < S_{réelle}$	$R_{Atr} -3 \text{ dB}$

Performances acoustiques des vitrages : influence du châssis

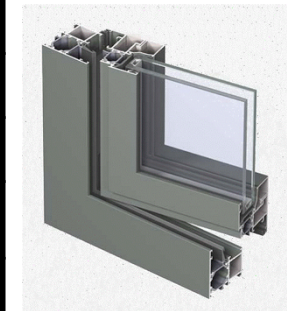
Données nécessaires : fenêtre = châssis + vitrage

$$R_w (C; C_{tr}) \quad \rightarrow \quad R_{Atr} = R_w + C_{tr}$$

Règle approximative pour l'estimation de l'indice d'affaiblissement acoustique des fenêtres à partir de celui des vitrages en l'absence de PV sur l'ensemble



$R_{Atr} = R_w + C_{tr}$ du vitrage	$R_{Atr} = R_w + C_{tr}$ du châssis
24	26
25	27
26	28
27	29
28	30
30	31
32	32
34	33
36	34



Au-delà de 33 dB, le châssis joue un rôle négatif sur l'isolement de l'ensemble sauf dans le cas de châssis spéciaux acoustiques

Performances acoustiques des vitrages : influence du châssis

Résultats de mesures en laboratoire : idéalement = PV sur la configuration placée

		Châssis			R _{Atr} Verre seul
		50 mm	60 mm	70 mm	
Vitrage	4/20/6	33	33	32	30 dB
	6/20/55.2	37	37	36	37 dB
	66.2/20/55.2	40	39	38	44 dB

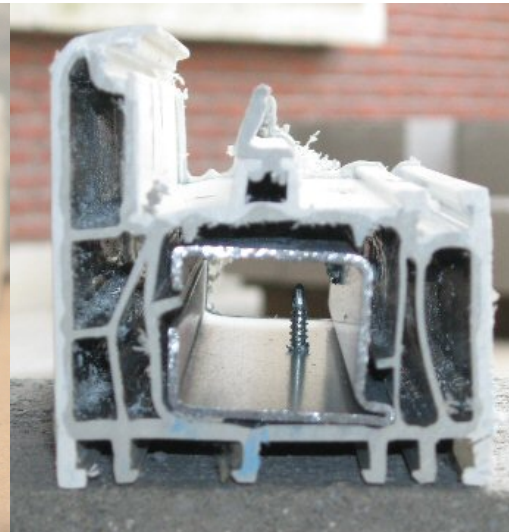
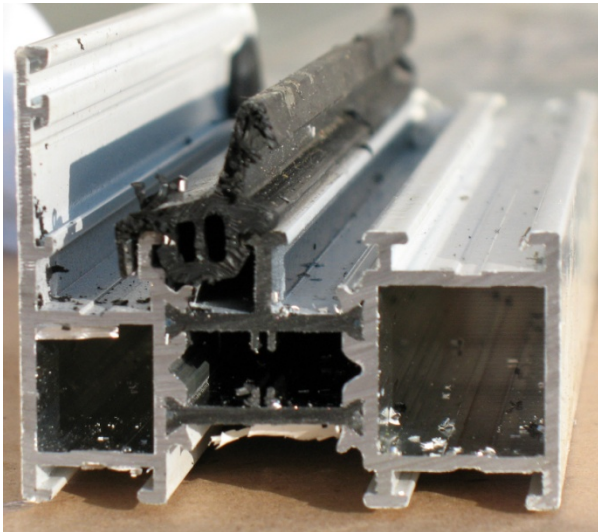


Performances acoustiques des fenêtres

Résultats de mesures en laboratoire : idéalement = PV sur la configuration placée

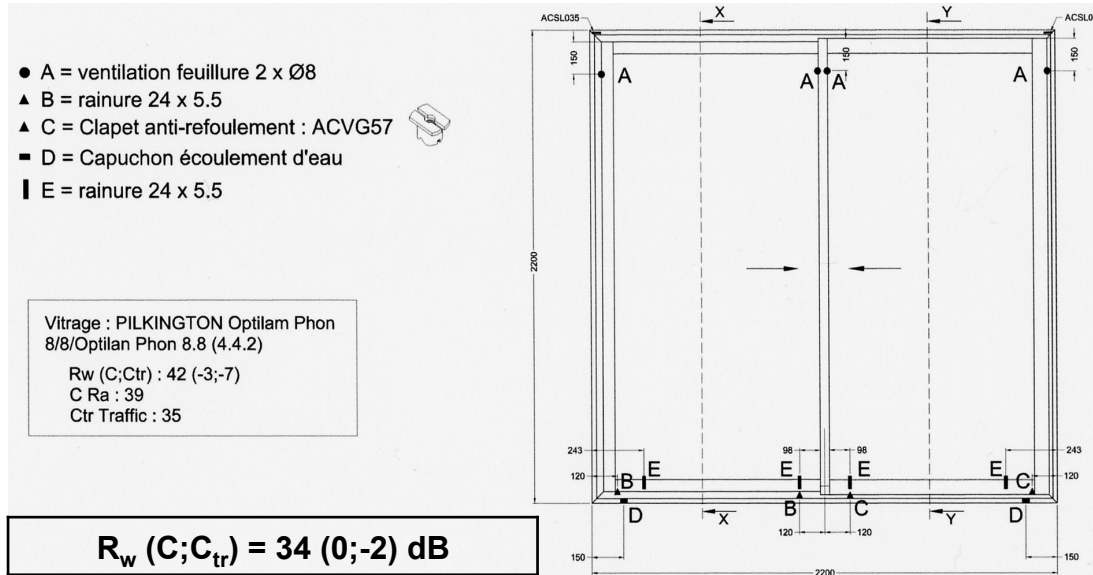
Compilation des résultats sur les 150 derniers essais réalisés au CSTC :

R_{Atr} Vitrage	Châssis aluminium R_{Atr} châssis	Châssis bois R_{Atr} châssis	Châssis PVC R_{Atr} châssis
35 dB	31 à 37 dB	33 à 37 dB	34 à 35 dB
38 dB	36 à 38 dB	36 à 39 dB	37 à 41 dB
42 dB	37 à 41 dB	39 à 43 dB	36 à 43 dB



Performances acoustiques des châssis

Problème de l'étanchéité des châssis coulissant



Performances acoustiques des châssis

Problème de l'étanchéité des châssis coulissant

Résultats de mesures en laboratoire :

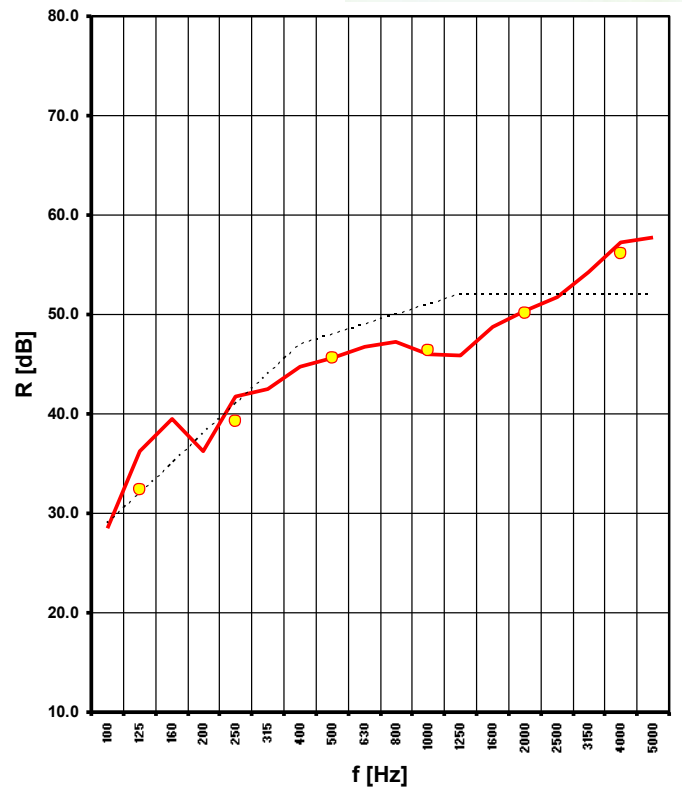
- idéalement = PV sur la configuration placée.
- pertes de 0 à 5 dB par rapport au vitrage mis en œuvre
- meilleurs résultats obtenus = châssis tombants

R_{Atr} Vitrage	R_{Atr} châssis
34 dB	29 à 34 dB
38 dB	35 à 38 dB
43 dB	38 à 41 dB



Châssis en bois à très haute isolation acoustique

$R_w = 48 (-1;-5)$ dB !

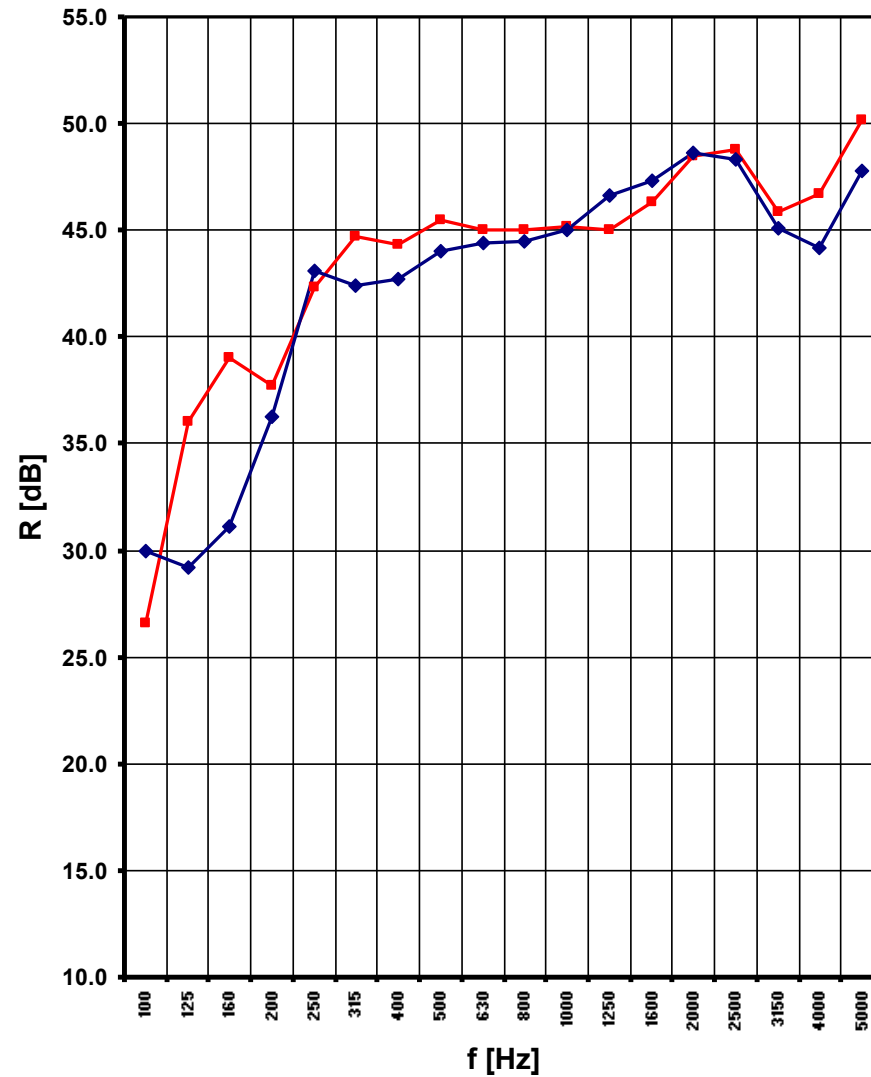


Performances acoustiques des châssis

Châssis en PVC à très haute isolation acoustique

Simple ouvrant : $R_w = 46$ (-1;-4) dB

Double ouvrant : $R_w = 46$ (-2;-4) dB

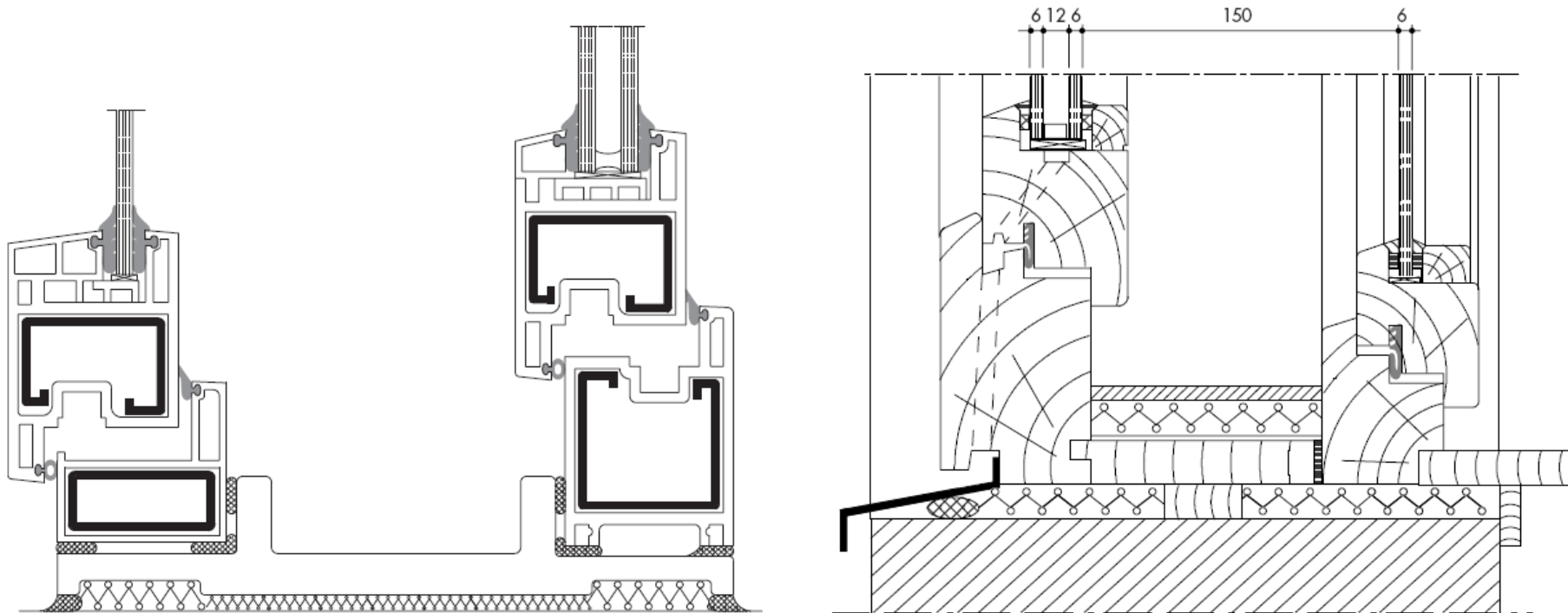


Performances acoustiques des châssis

Châssis à très haute isolation

“Double fenêtre” ($R_{Atr} = 45$ à 50 dB)

Résonance $\ll 100$ Hz grâce à une distance importante entre les vitrages



Performances acoustiques des châssis

Châssis à très haute isolation

“Double fenêtre” ($R_{Atr} = 45 \text{ à } 50 \text{ dB}$)

Exemple : double châssis aluminium : $R_w = 56(-2; -6) \text{ dB}$! – composition :

- châssis ouvrant $R_w = 43(-2; -6) \text{ dB}$ (vitrage 10-12-44.2A)
- vide de 50 mm
- châssis fixe $R_w = 44(-1; -5) \text{ dB}$ (vitrage 12-20-44.2A)

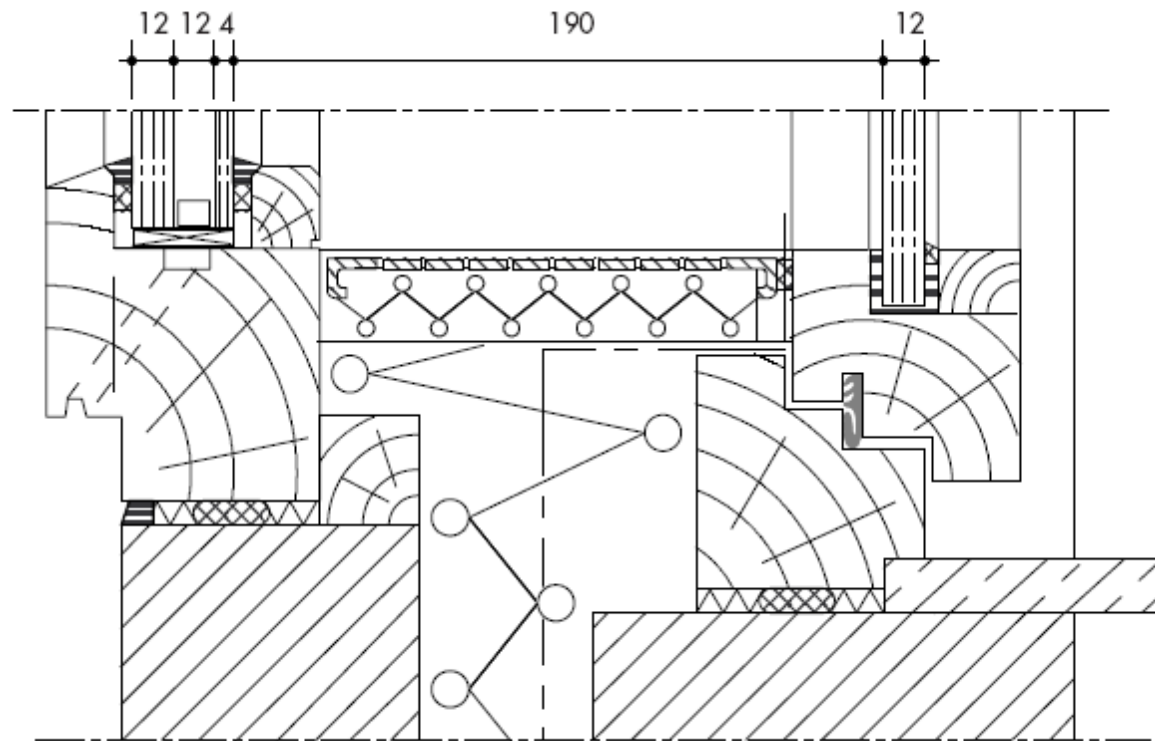


Performances acoustiques des châssis

Châssis à très haute isolation

“Double fenêtre découplée” ($R_{Atr} > 50$ dB)

Résonance $\lll 100$ Hz grâce à une distance importante entre les vitrages



Performances acoustiques des menuiseries extérieures : les portes

Mesures de l'indice d'affaiblissement acoustique

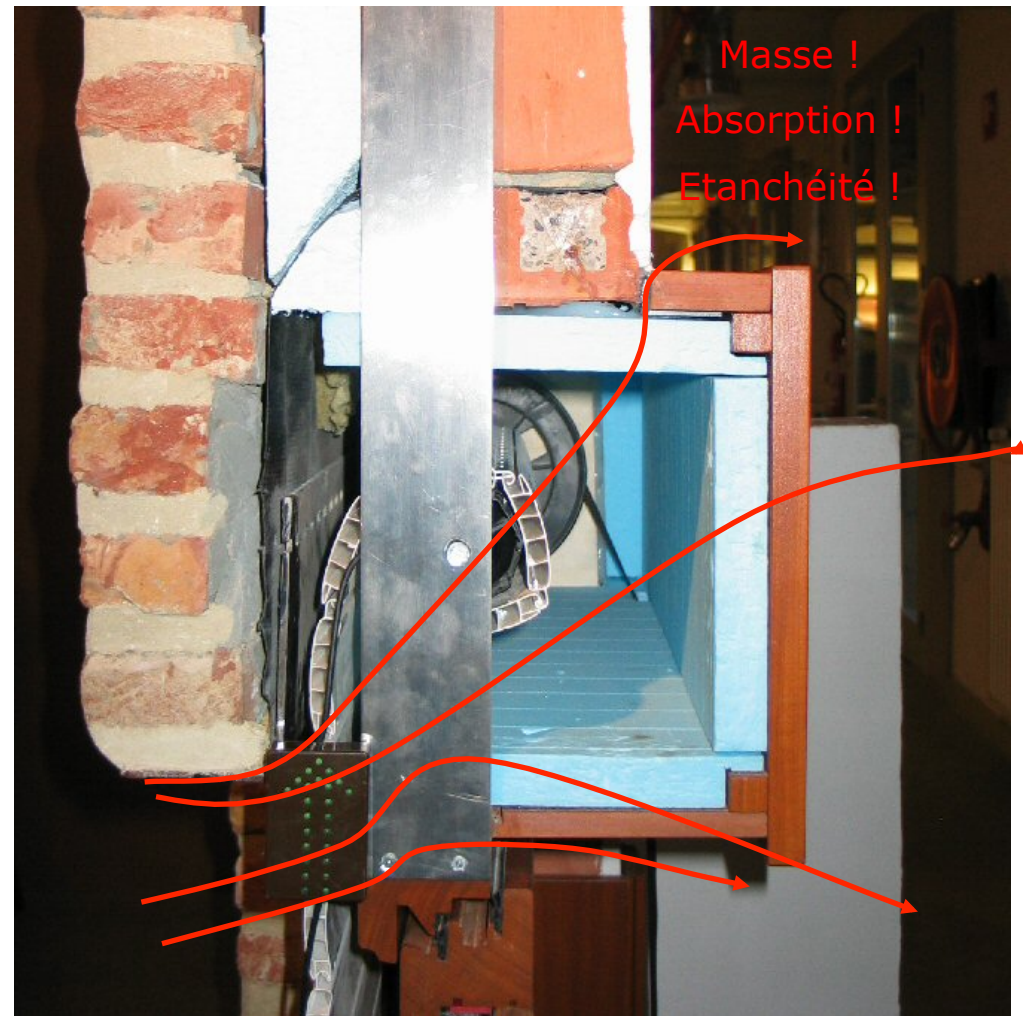


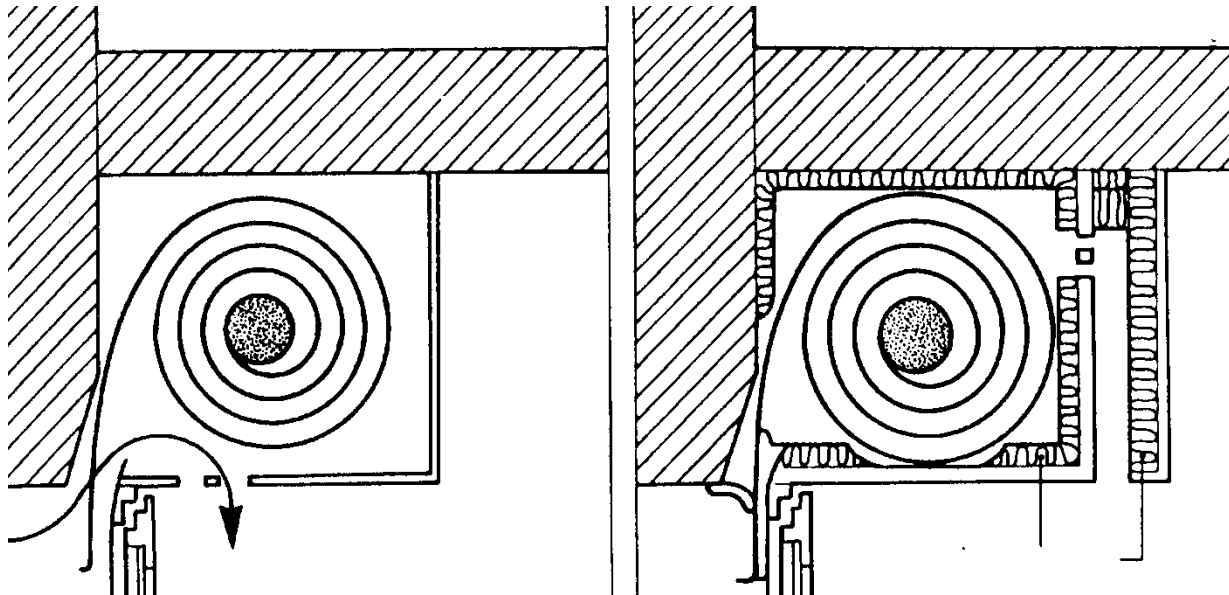
Résultats de mesures en laboratoire :

- idéalement = PV sur la configuration placée.
- Valeur supérieure mesurée : $R_{Atr}=38$ dB
- Portes "acoustiques", valeurs R_{Atr} de 35 à 38 dB

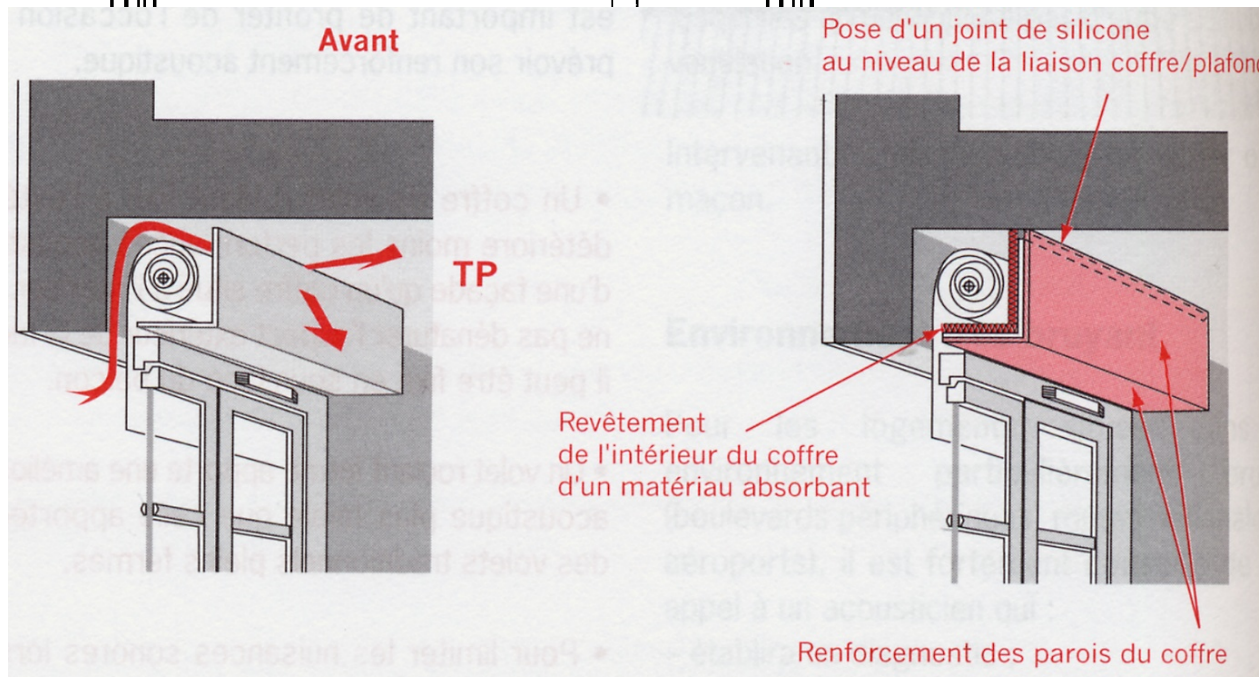
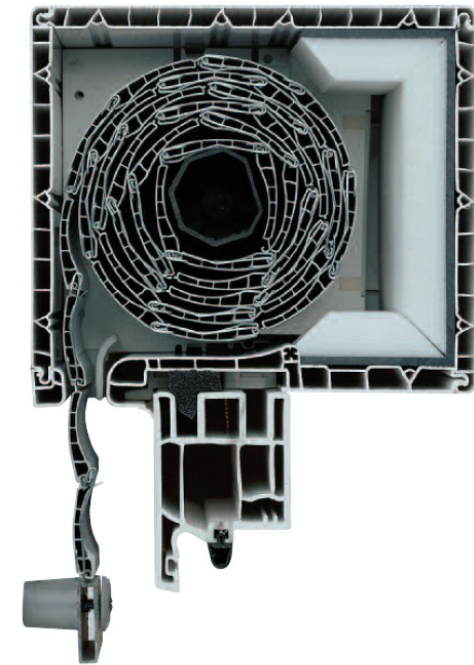
Caissons à volets

Caisson, resserrage du caisson sur la structure, sangle





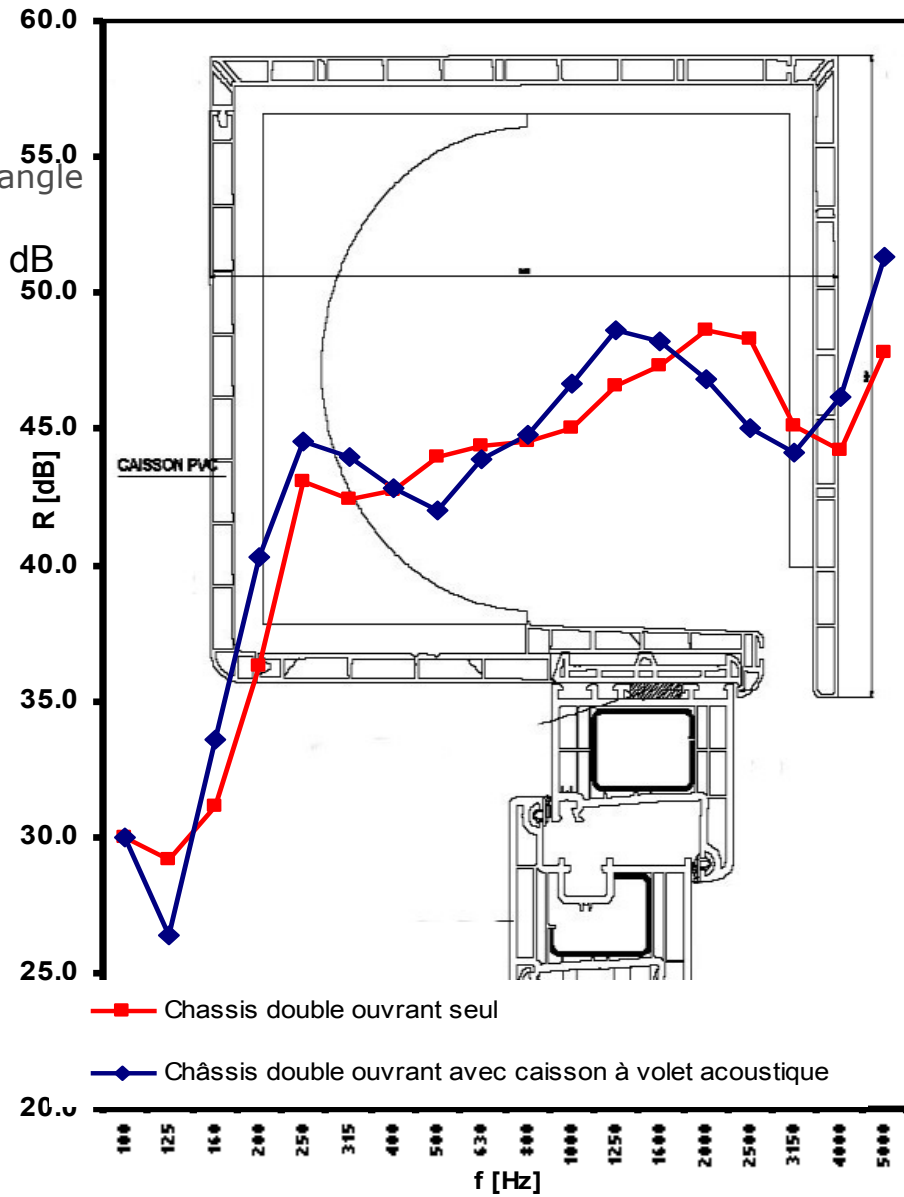
Caissons à volets avec
 isolation acoustique
 renforcée



Caissons à volets

Caisson, resserrage du caisson sur la structure, sangle

$$R_w = 45 \text{ (-1;-3) dB}$$



Fenêtres de toiture

Pertes dans l'isolement :

Diminution de la désolidarisation

Faible isolement du vitrage

standards :

3-18-3 avec $R_w = 29$ dB

4-16-4 avec $R_w = 32$ dB

possibilités :

33.1-14-4 avec $R_w = 35$ dB

sur-vitrage $\rightarrow 42$ dB



Source : Velux

Fenêtres de toiture

Solutions

Fenêtre dans les pignons

Utilisation d'un nouveau type de fenêtre pour toiture :

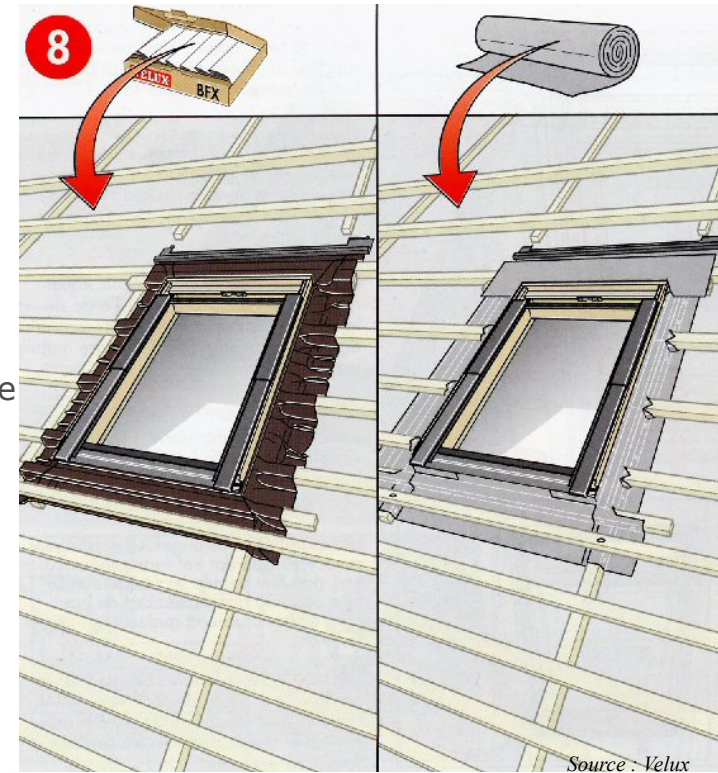
Vitrage + sur-vitrage : $R_w = 42$ dB !

Retour de sous-toiture en matériau lourd, double couche

Remplissage du vide périphérique par un isolant (cadre alu+polypropylène)

Problème : coût élevé (4x prix standard)

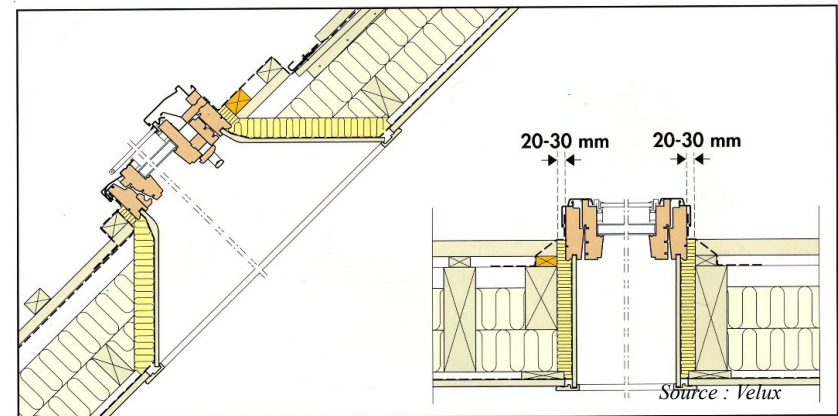
Mise en œuvre plus délicate



Source : Velux



nt Centre Urbain
 Stadswinkel



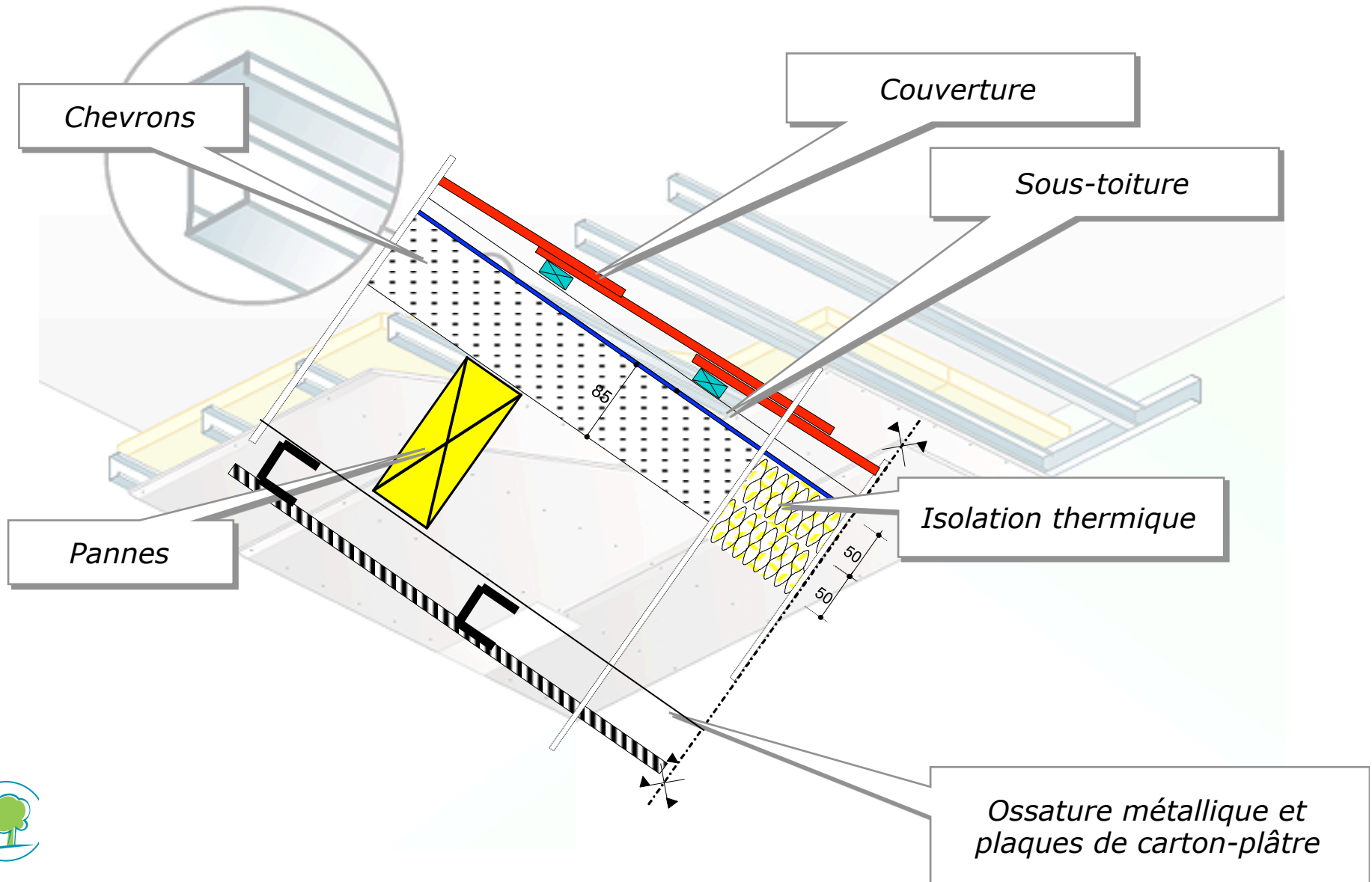
Source : Velux

Isolation acoustique des toitures inclinées

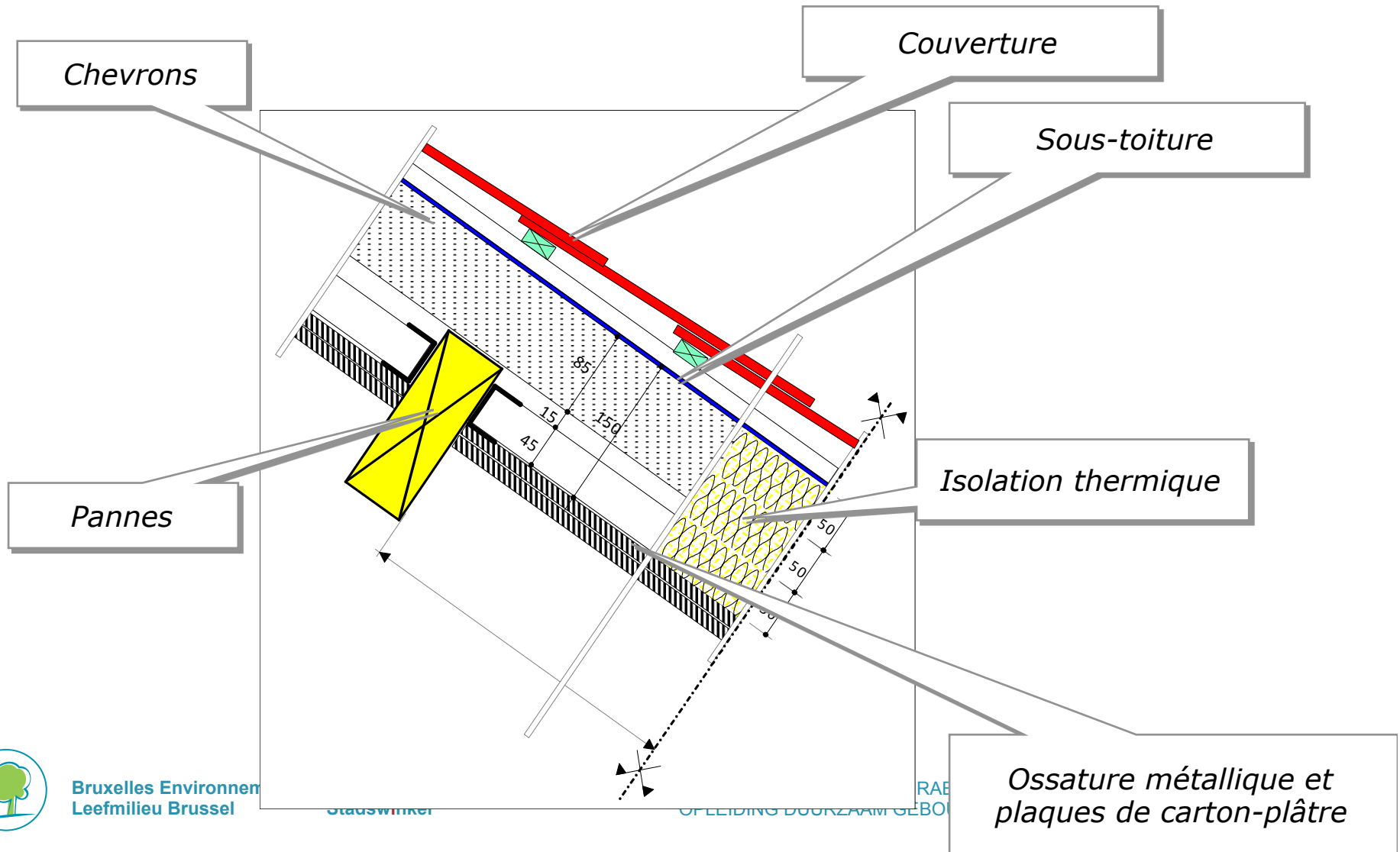


Isolation acoustique des toitures légères

Solution optimale

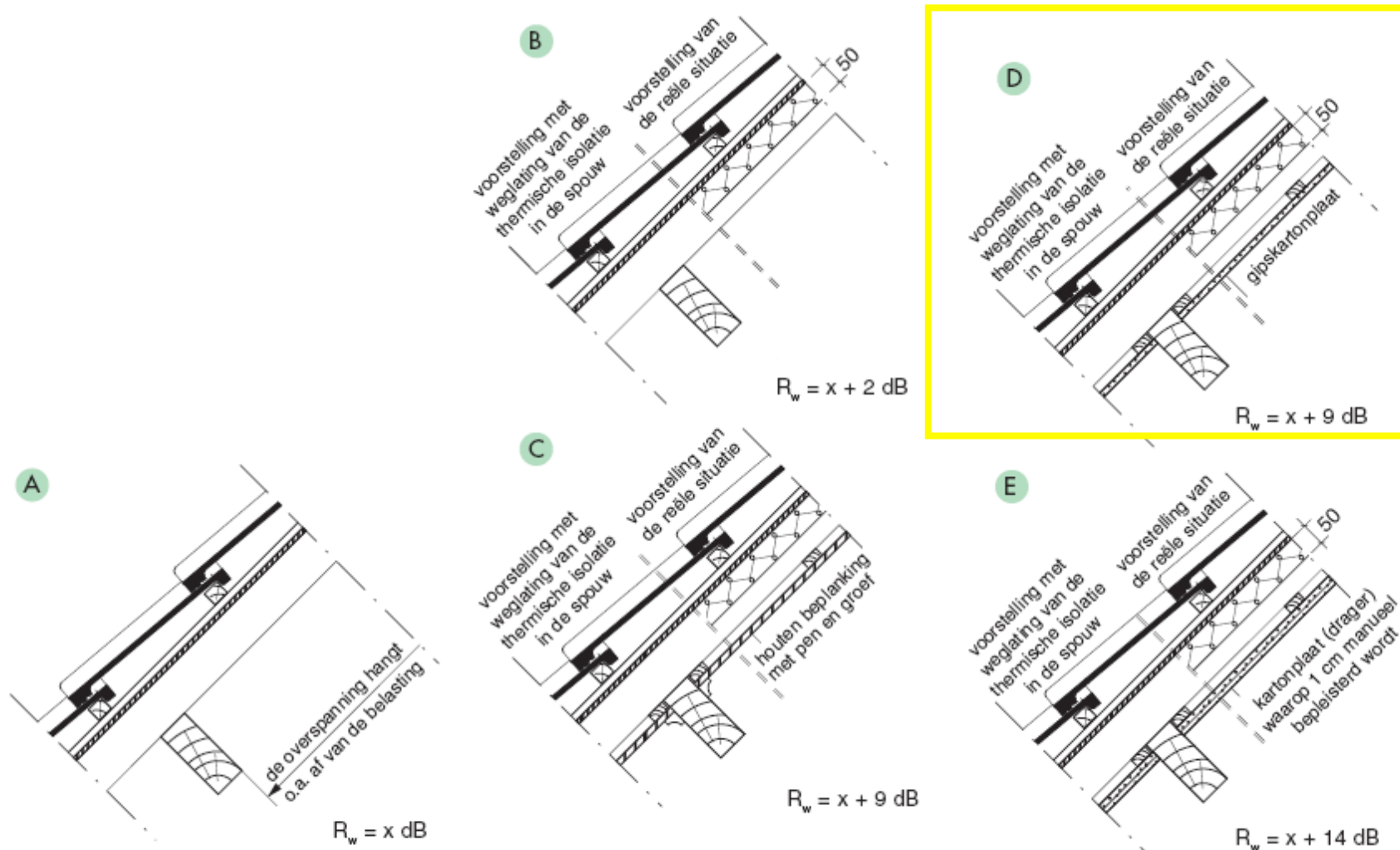


Isolation acoustique des toitures légères Solution performante



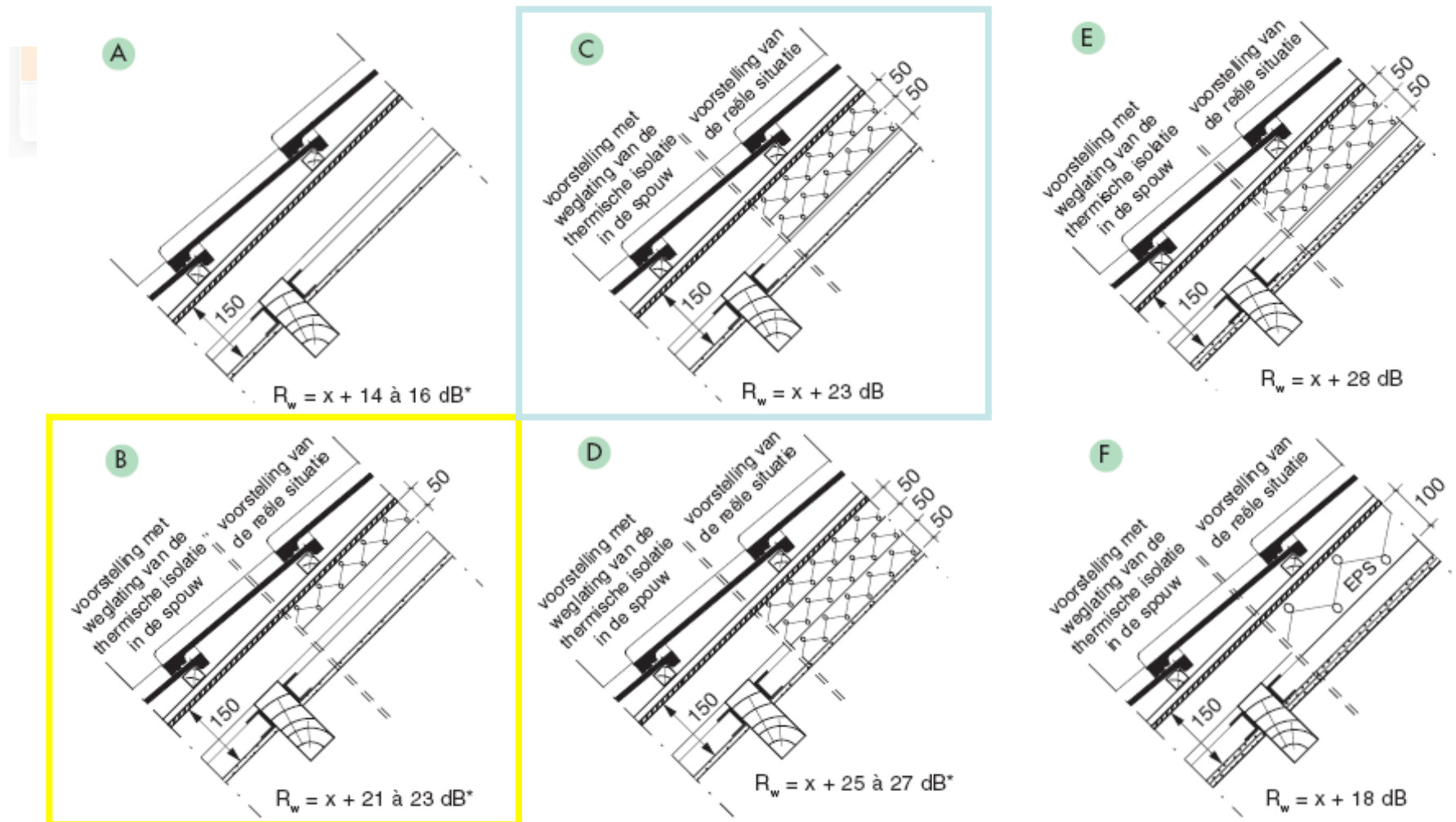
Isolation acoustique des toitures légères

Étude paramétrique



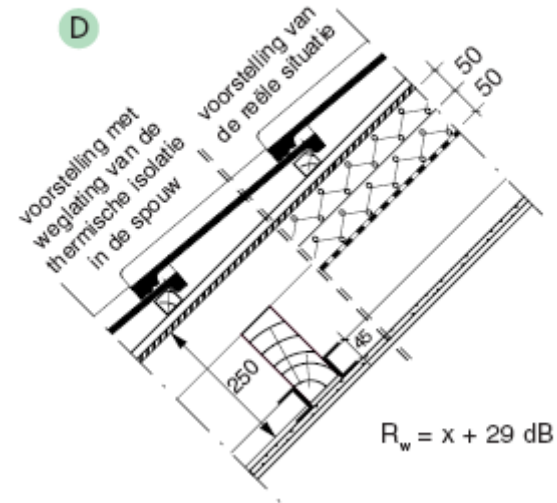
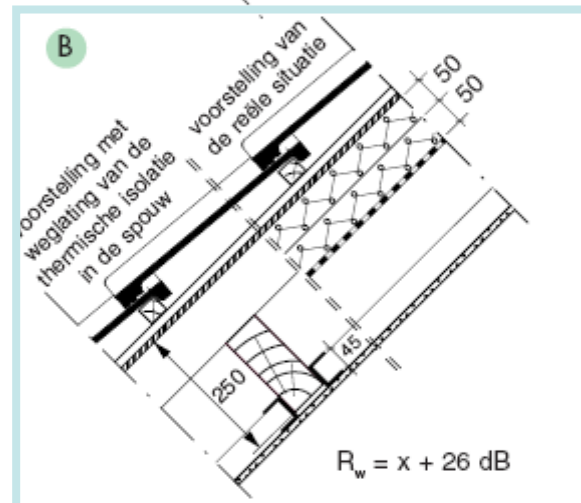
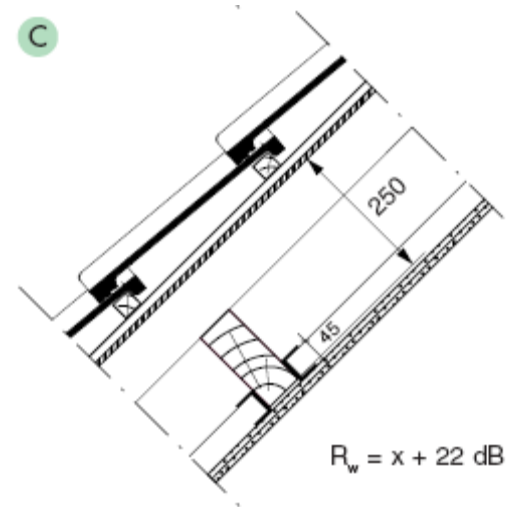
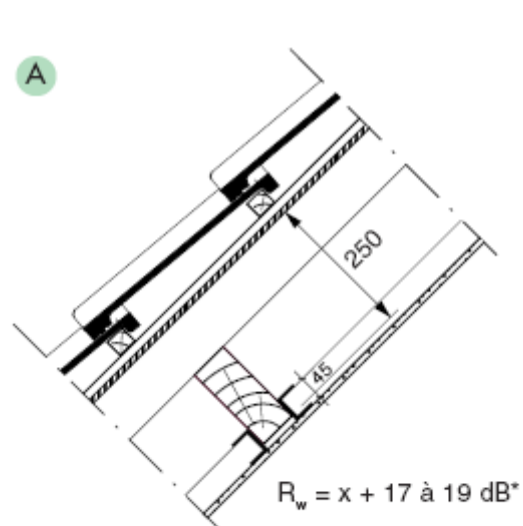
Isolation acoustique des toitures légères

Étude paramétrique

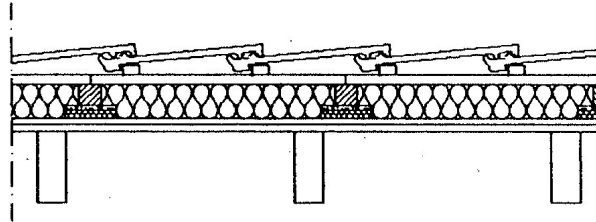
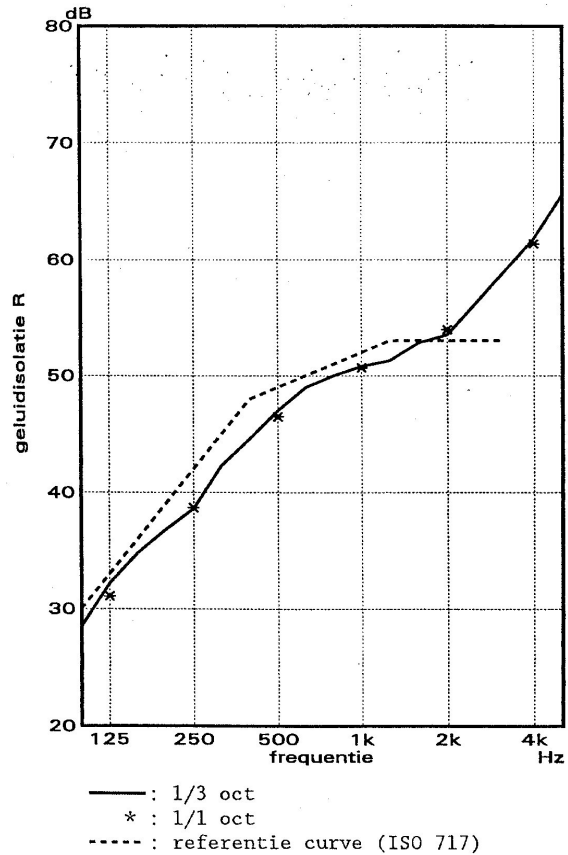


Isolation acoustique des toitures légères

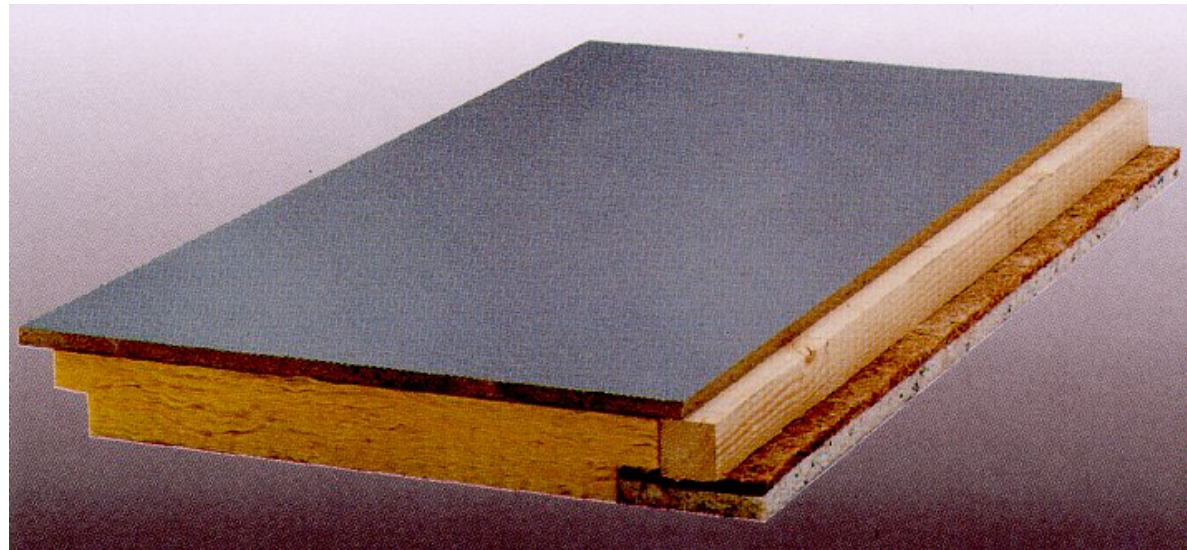
Étude paramétrique



Isolation acoustique des toitures légères Panneaux autoportants

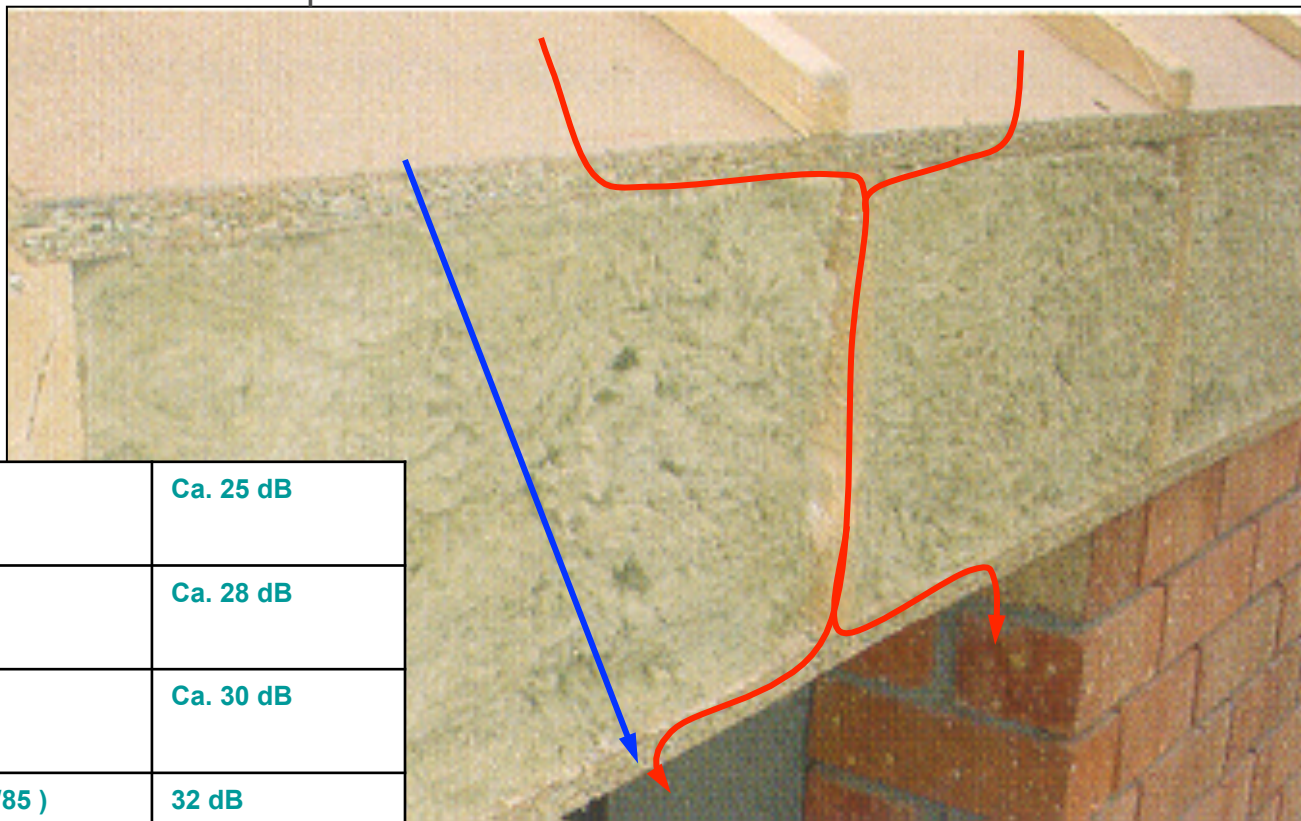


- Pannen
- Tengels en panlatten
- DK-85 elementen
- 12 mm cementgebonden plaat
- 19 mm Underlayment
- Balkenlaag 80 x 185 h.o.h. 60



Isolation acoustique des toitures légères

Panneaux autoportants



Sandwich PS (panneau de 3 mm intérieur et extérieur)	Ca. 25 dB
Sandwich PU (panneau de 8 mm intérieur et extérieur)	Ca. 28 dB
Sandwich PU avec pare-vapeur (panneau de 12 mm intérieur et extérieur)	Ca. 30 dB
Panneau simple avec PU (p.ex. fermacell 65/85)	32 dB
Panneau simple avec laine minérale	34 dB
Panneau sandwich à base de laine minérale	39 dB

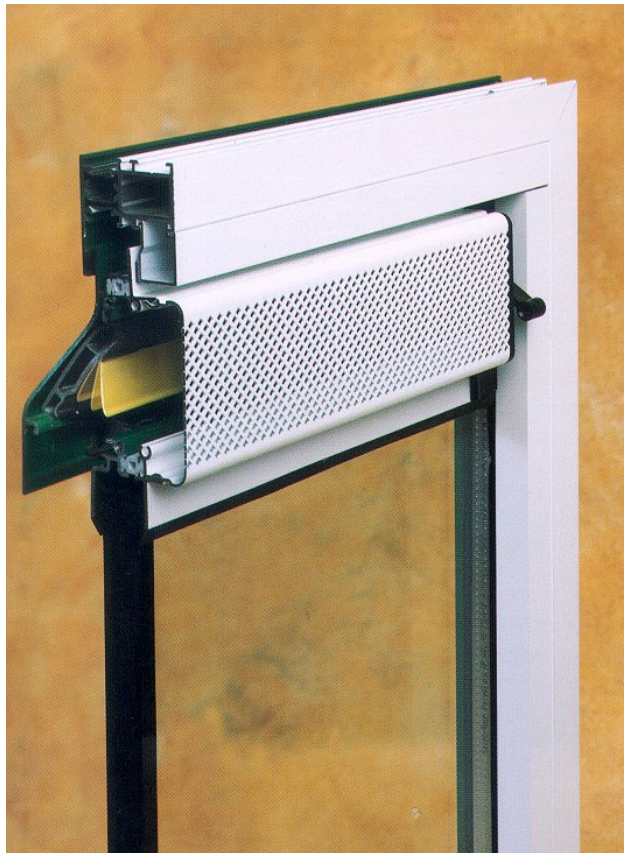
Étanchéité acoustique = étanchéité à l'air parfaite + masse

! Étanchéité à l'air → nécessité de ventiler efficacement !



Grilles et système de ventilation : le paramètre $D_{ne,w} + C_{tr} = D_{ne,Atr}$

Grilles de ventilation « simples » : $D_{ne,Atr} = +/- 25 \text{ à } 30 \text{ dB}$

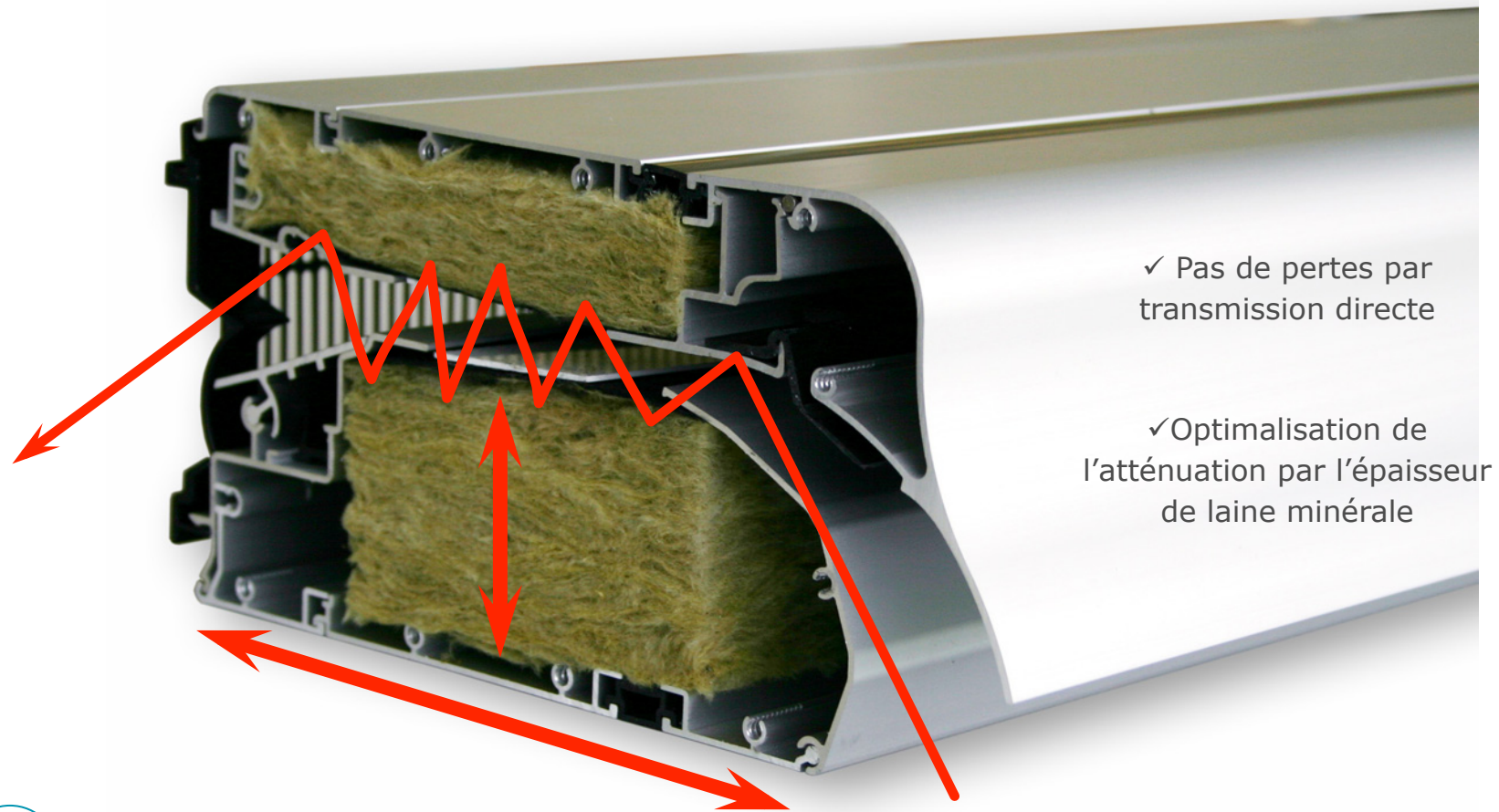


source : www.alusta.be



Grilles et système de ventilation : le paramètre $D_{ne,w} + C_{tr} = D_{ne,Atr}$

Grilles de ventilation acoustiques



Grilles et système de ventilation : le paramètre $D_{ne,w} + C_{tr} = D_{ne,Atr}$

Grilles de ventilation acoustiques



Bron : www.duco.be



Bron : www.renson.be



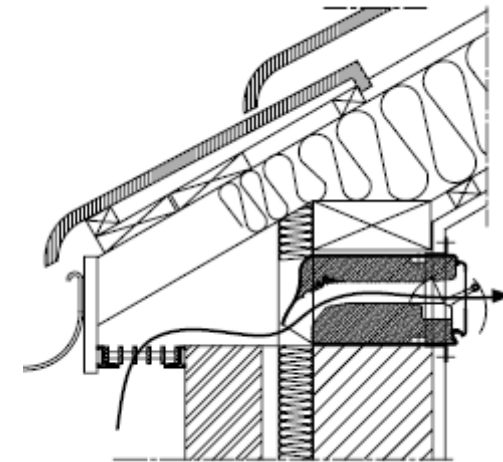
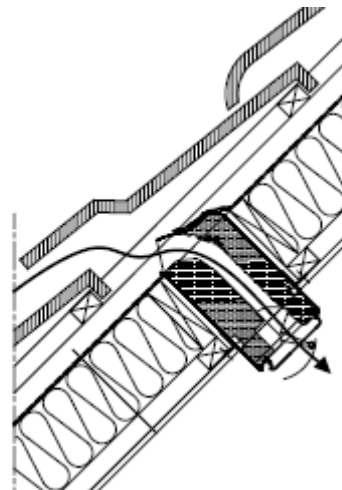
Bron : www.alusta.be



Bron : www.duco.be
FORMATION BÂTIMENT DURABLE ACOUSTIQUE
OPLEIDING DUURZAAM GEBOUW : AKOESTIEK

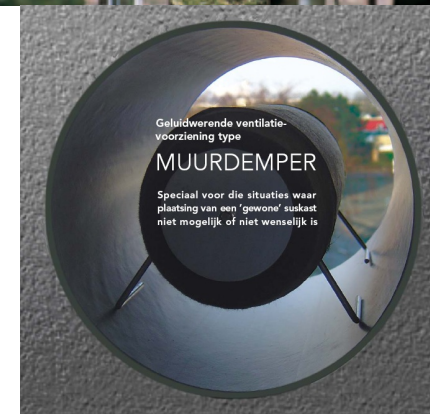
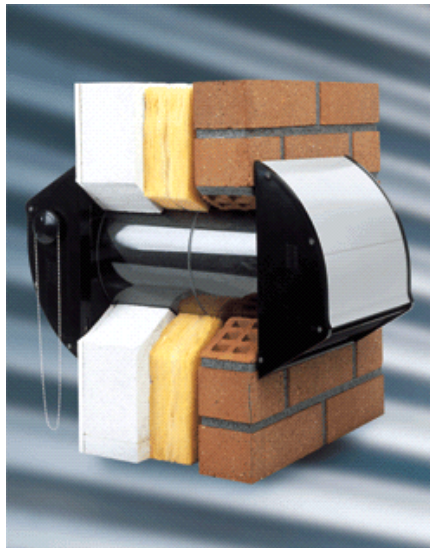
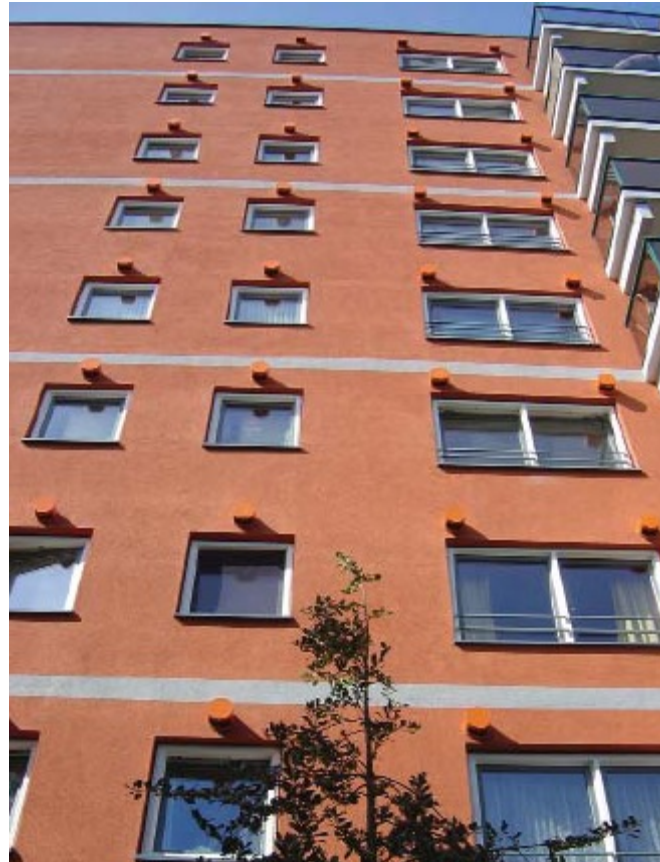
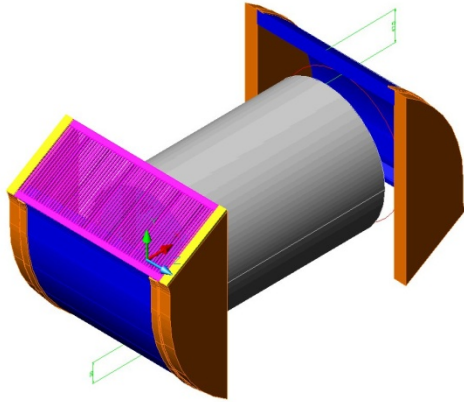
Grilles et système de ventilation : le paramètre $D_{ne,w} + C_{tr} = D_{ne,Atr}$

Grilles de ventilation acoustiques



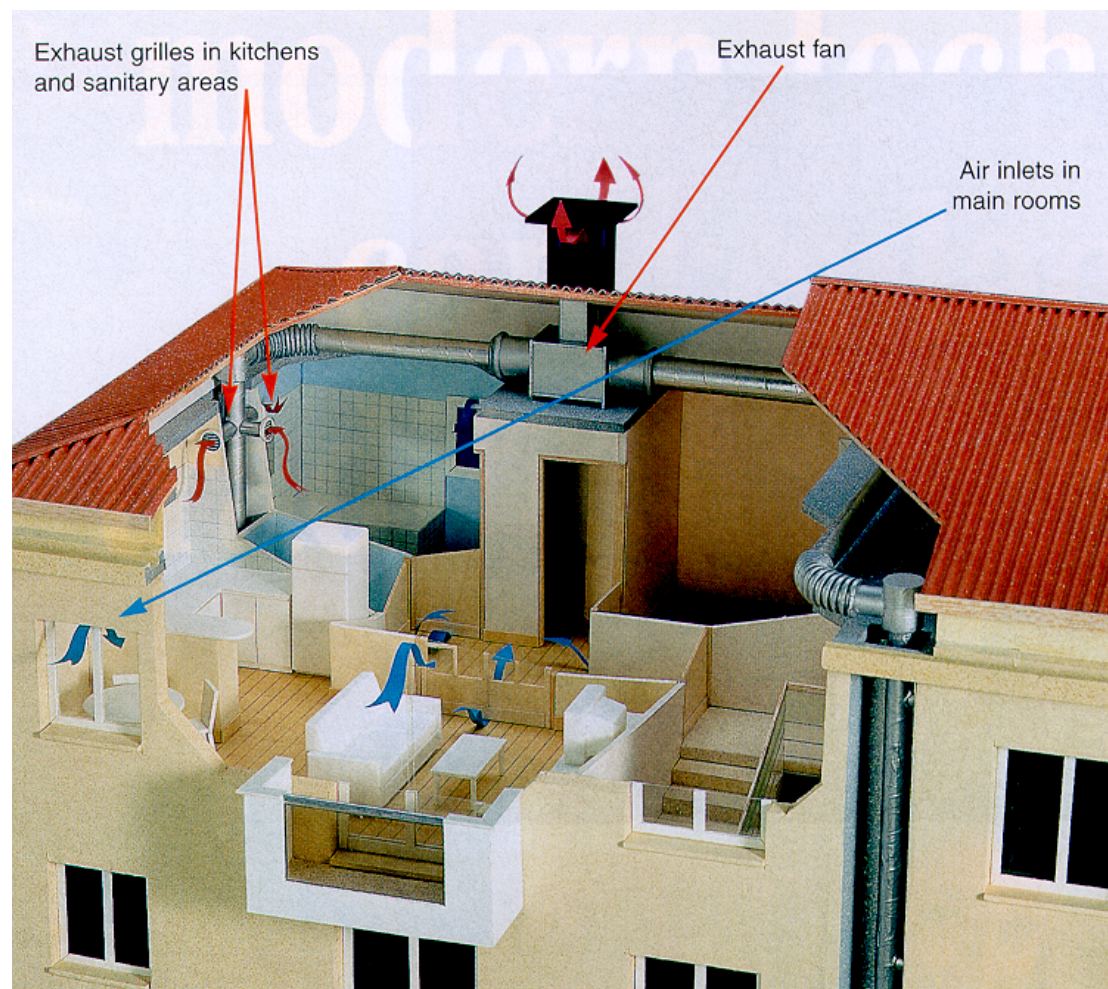
Ventilation des bâtiments : grilles de ventilation

Grilles de ventilation acoustiques murales



Ventilation des bâtiments : ventilation mécanique

Systèmes B, C ou idéalement D



Influence du montage de la fenêtre

Resserrages mousse de polyuréthane / laine de roche et finition extérieure

Résultats pour montage sans resserrage en façade :

Montage laboratoire (Mastic Perenator)	Mousse PU classique	Mousse PU acoustique	Laine de roche
R_{Atr} châssis	R_{Atr} châssis	R_{Atr} châssis	R_{Atr} châssis
37 dB	35 dB	36 dB	37 dB
40 dB	38 dB	38 dB	38 dB

Résultats pour montage avec resserrage en façade (mortier + silicone) :

Montage laboratoire (Mastic Perenator)	Mousse PU classique	Mousse PU acoustique	Laine de roche
R_{Atr} châssis	R_{Atr} châssis	R_{Atr} châssis	R_{Atr} châssis
37 dB	36 dB	37 dB	37 dB
40 dB	39 dB	40 dB	40 dB

Joint d'étanchéité et resserrages

Le remplissage du joint est fonction de son épaisseur



Bron : www.illbruck.com

- **jointes minces** / pertes dans les hautes fréquences

jusqu'à 7 mm >>> silicone

jusqu'à 1.5 cm >>> mastic lourd, cimentage et silisone,... lourd

- **jointes larges et trous** / pertes sur l'ensemble du spectre

>>> matériaux les plus lourds possible : cimentage, plâtre, MDF... Attention à la règle de l'isolation composée !

L'élément le plus faible déterminera l'isolation de l'ensemble