

FORMATION BATIMENT DURABLE

ENVELOPPE :
RÉNOVATION DE LA TOITURE

AUTOMNE 2023

Se protéger du bruit
Acoustique

Manuel VAN DAMME



- ▶ (Re)voir quelques notions de base, termes usuels et principes fondamentaux de l'isolation acoustique
- ▶ Identifier les sources de bruit applicables à la toiture et les exigences qui s'y rapportent.
- ▶ Parcourir les solutions d'isolation à ces sources de bruit, les règles de bonne pratique et points d'attention.



EN THÉORIE: CONTEXTE ET NOTIONS DE BASE

- ▶ **Bruits aériens**
- ▶ **Bruits de contacts**
- ▶ **Bruits d'équipements**
- ▶ **Principes de base**

EN PRATIQUE

- ▶ Isolation aux bruits aériens
- ▶ Isolation aux bruits de contacts
- ▶ Isolation des bruits d'équipements
- ▶ Absorption acoustique



Normes

- ▶ **NBN S01-401 : 1987** (Acoustique - Valeurs limites des niveaux de bruit en vue d'éviter l'inconfort dans les bâtiments)

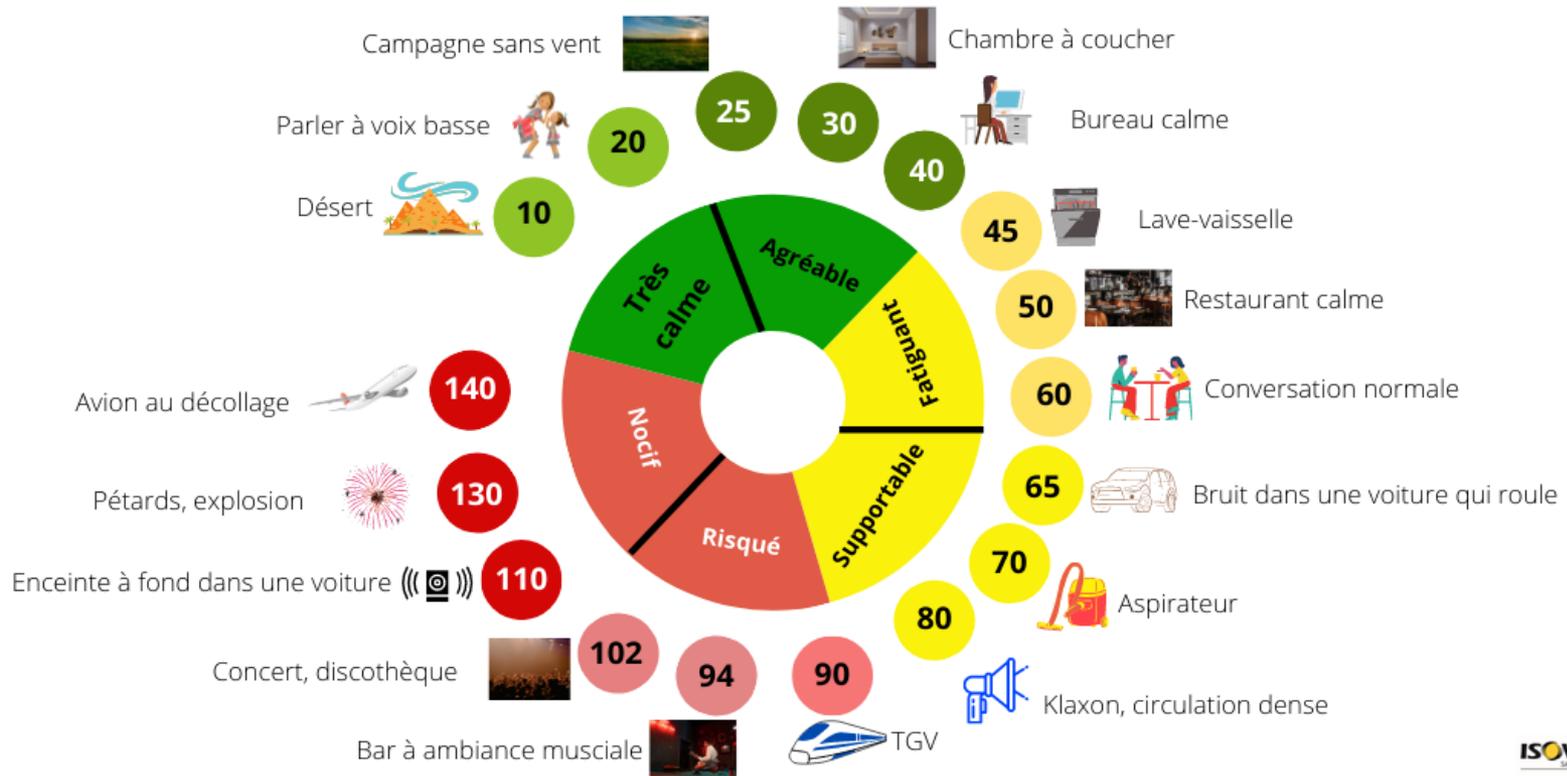
NEW

- ▶ **NBN S01-400-1 : 2022** (Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation - norme actualisée)
- ▶ **NBN S01-400-2 : 2012** (Critères acoustiques pour les bâtiments scolaires - norme actualisée)
- ▶ **NBN S01-400 : 1977** et **NBN S 01-401 : 1987** (bureaux, hôpitaux, maisons de retraite et hôtels)
 - bientôt remplacée par la **NBN S 01-400-3**
- ▶ **NBN EN 15251:2007** (Critères pour l'environnement intérieur et évaluation des performances énergétiques des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique)

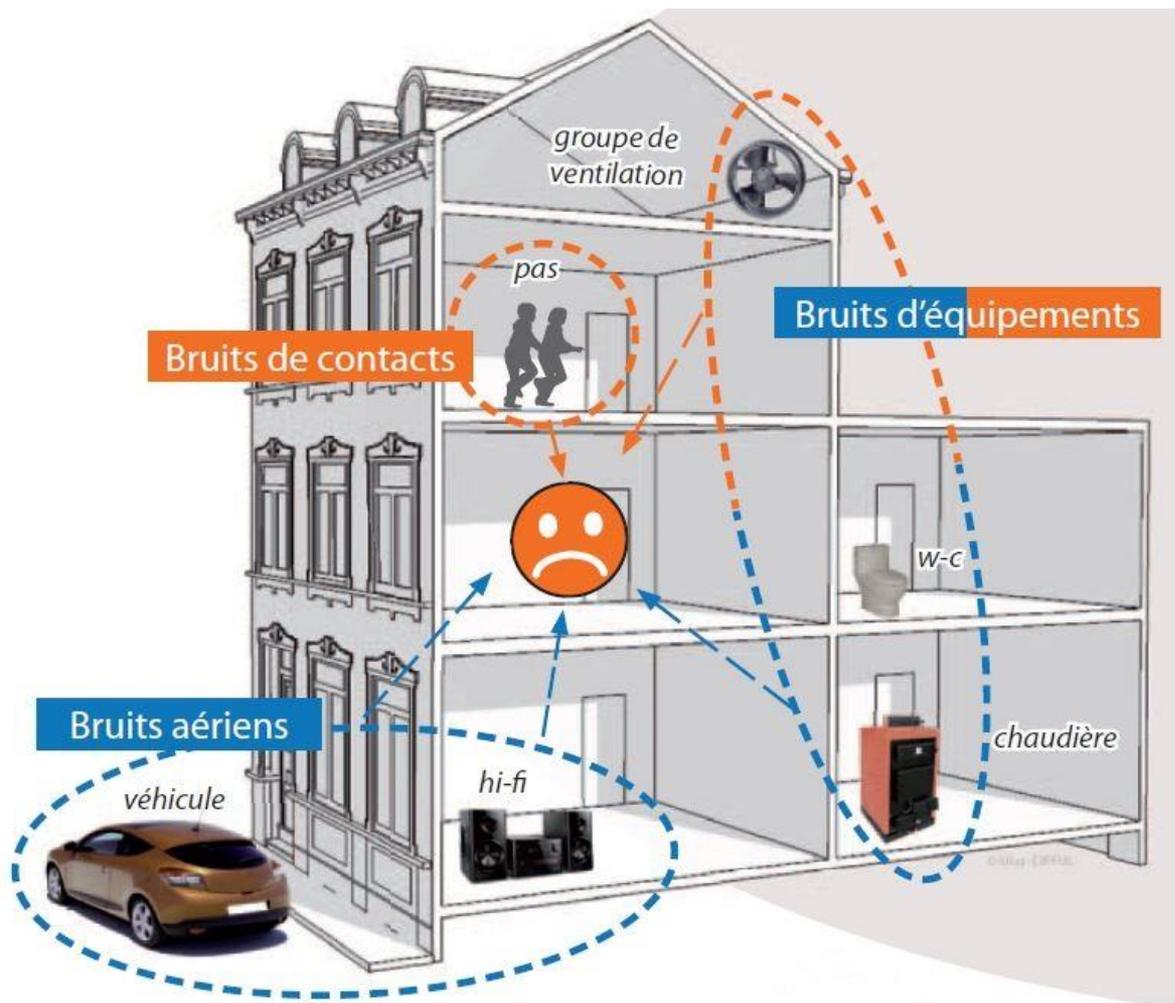


Décibel

Echelle du bruit



Sources de bruit

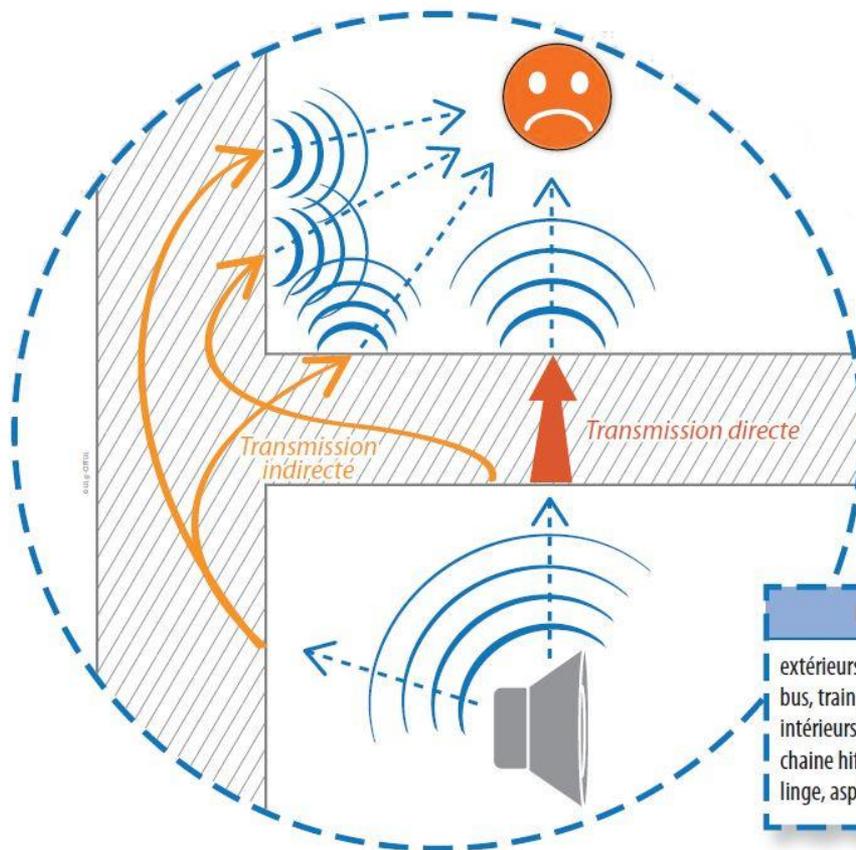


Source: Brochure
[Le point sur l'isolation
acoustique](#)



Définition et sources

- ▶ Bruit émis par une source et dont le son est transmis par la vibration de l'air
- ▶ Sources:



Source: Soprema

BRUITS AÉRIENS

Exemples	Propagation
extérieurs : voitures, camions, bus, trains, avions... intérieurs : radio, télévision, chaîne hifi, lave-linge, sèche-linge, aspirateur...	Ils se propagent dans l'air et font vibrer la structure du bâtiment qui à son tour met l'air en vibration

Source: Brochure [Le point sur l'isolation acoustique](#)



Exigences normatives

- ▶ **NBN S01-400-1 : 2022** (Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation - norme actualisée)
 - Isolation acoustique des façades

Tableau 3 – Critères pour l'isolation des pans de façade pour les trois niveaux de performances

Local à protéger	Classe A	Classe B	Classe C
séjour, salle à manger, cuisine, bureau et chambre à coucher	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 30 \text{ dB}$ et $D_{Atr} \geq 32 \text{ dB}$		$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 34 \text{ dB}$ et $D_{Atr} \geq 28 \text{ dB}$
chambre à coucher	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 25 \text{ dB}$		$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 28 \text{ dB}$
	 $D_{Atr} \geq 34 \text{ dB}$		

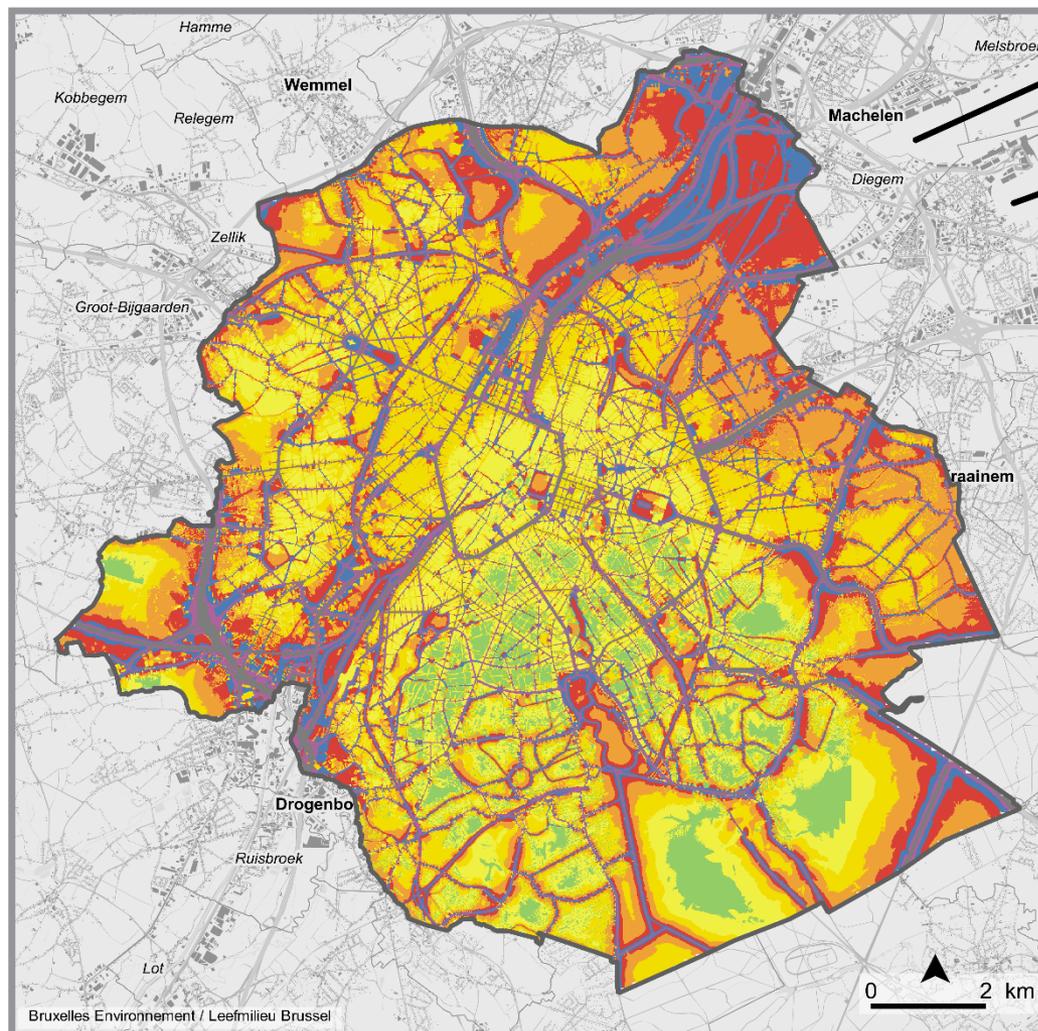
Source: Buildwise



Exposition au bruit

- Cartographie en ligne

Cartographie du bruit multi-exposition en Région de Bruxelles-Capitale
 Geluidskarten van het multi-blootstelling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
 Année 2016 - Jaar 2016
 Indicateur Global - Lden - Globale indicator



Lden

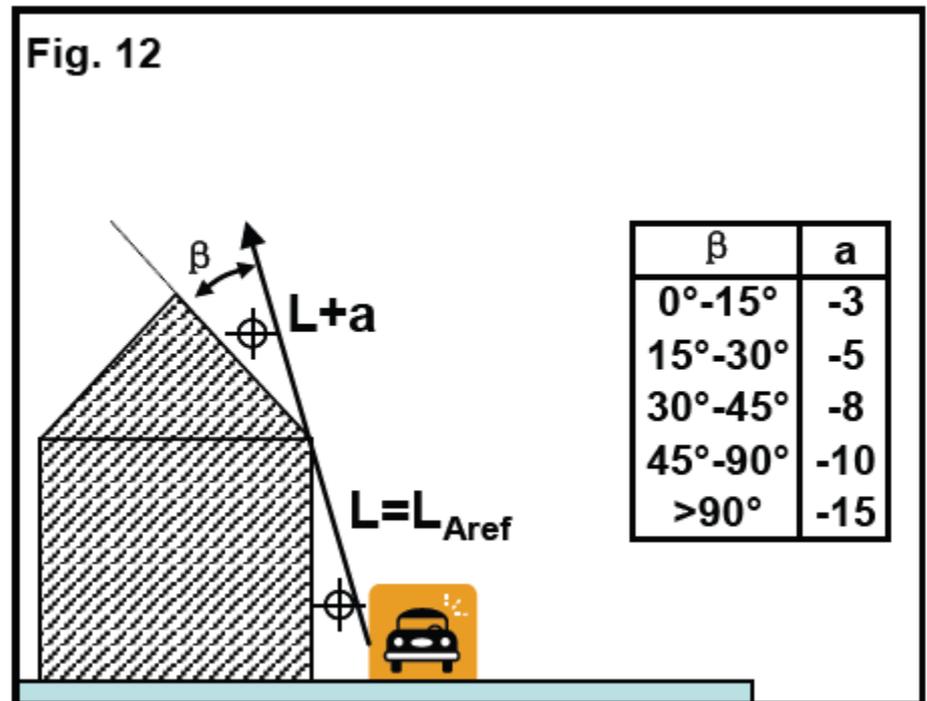
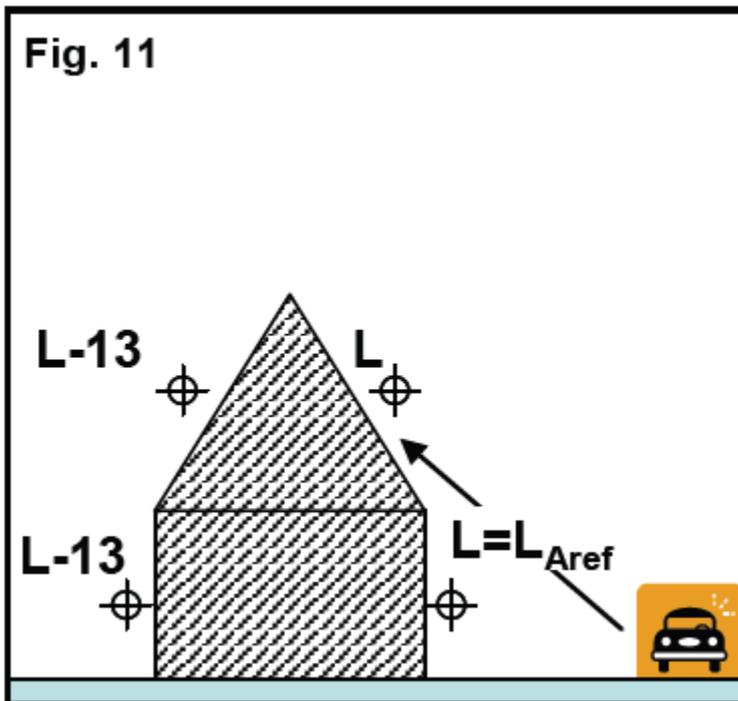
	< 45 dB(A)	Très calme / Heel Stil
	45 - 50 dB(A)	
	50 - 55 dB(A)	Calme / Stil
	55 - 60 dB(A)	
	60 - 65 dB(A)	Bruyant / Lawaaierig
	65 - 70 dB(A)	
	70 - 75 dB(A)	Très bruyant / Heel lawaaierig
	≥ 75 dB(A)	

Niveau moyen annuel / Gemiddeld jaarniveau
 Selon l'indicateur - Volgens indicator Lden (Day / Evening / Night)

Multi-exposition = bruit des transports routiers, ferroviaires et aériens
 Multi-blootstelling = geluid van het vervoer over de weg, vervoer per spoor en luchtvervoer



Exposition au bruit



Source: NBN



Isolation acoustique aux bruits aériens – indicateurs

- ▶ R_w , R_A , R_{atr}

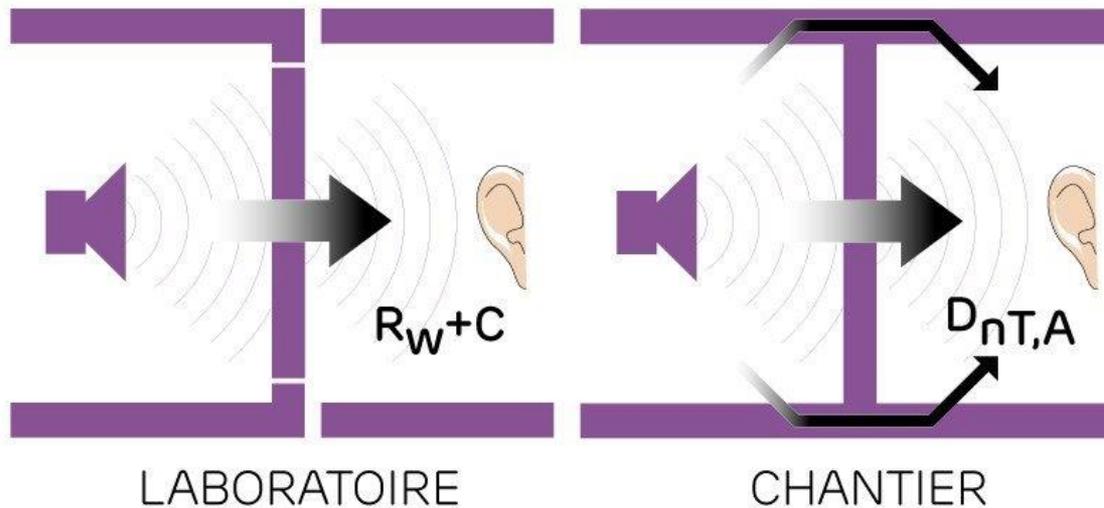
$R_w (C;C_{tr})$

55 (-2;-6) [dB]

$R_A = 53$ dB

$R_{Atr} = 49$ dB

- ▶ Indice d'affaiblissement acoustique \neq Isolation acoustique



Source: Siniat



Isolation acoustique aux bruits aériens – indicateurs

- ▶ **R_w - Indice d'affaiblissement acoustique d'un élément de l'enveloppe du bâtiment [dB]**

Valeur unique, mesurée en laboratoire, de l'isolation aux bruits aériens d'un élément de l'enveloppe. Plus la valeur de l'indice d'affaiblissement acoustique R_w est élevée, meilleure est l'isolation acoustique.

⇒ **Propre à un élément**

- ▶ **R_{Atr} - Indice d'affaiblissement acoustique d'un élément de l'enveloppe vis-à-vis des bruits de trafic [dB]**

Valeur unique, mesurée en laboratoire, de l'isolation d'un élément de l'enveloppe vis-à-vis des bruits de trafic, sachant que $R_{Atr} = R_w + C_{tr}$. L'isolation est d'autant plus performante que la valeur R_{Atr} est élevée.

⇒ **Propre à un élément**

- ▶ **D_{Atr} - Isolation acoustique in situ d'un pan de l'enveloppe du bâtiment [dB]**

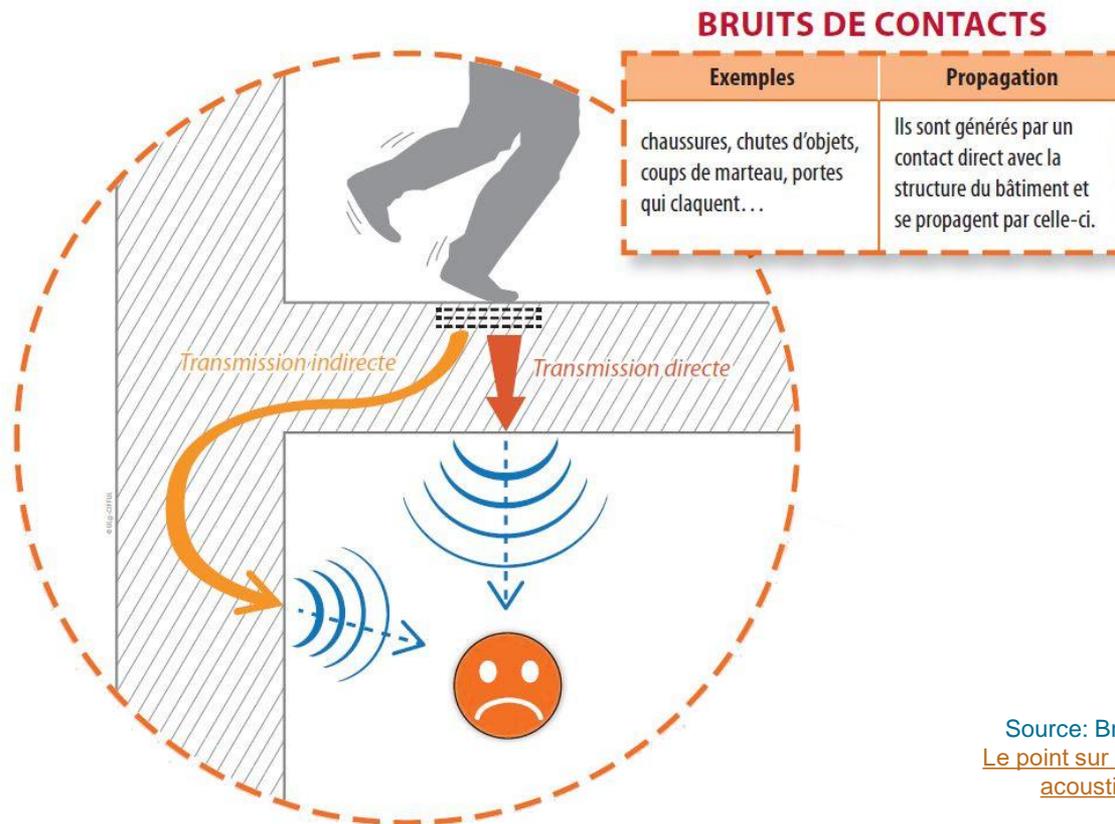
Valeur unique, mesurée in situ, de l'isolation d'un pan de l'enveloppe (comme un versant de toiture, par exemple) vis-à-vis des bruits du trafic routier urbain.

⇒ **Propre à une configuration**



Définition et sources

- ▶ Bruits générés par un contact direct avec la structure du bâtiment et se propagent par celle-ci.
- ▶ Sources:



Source: Brochure
[Le point sur l'isolation
 acoustique](#)



Isolation acoustique aux bruits de choc – indicateurs

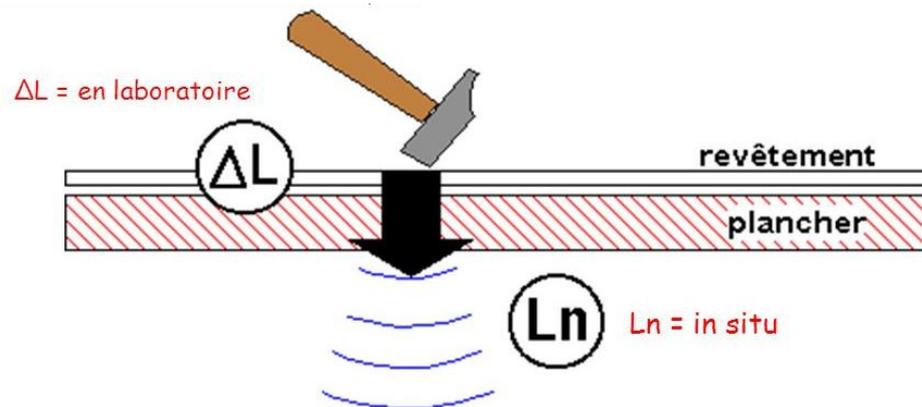
- ▶ ΔL_w [dB] – Gain normalisé d'isolement acoustique aux bruits de choc
Plus la valeur est élevée, meilleure est la performance du système

⇒ **Propre à un produit dans une composition de paroi donnée**

- ▶ $L'_{nT,w}$ [dB] – Niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé mesuré in situ.

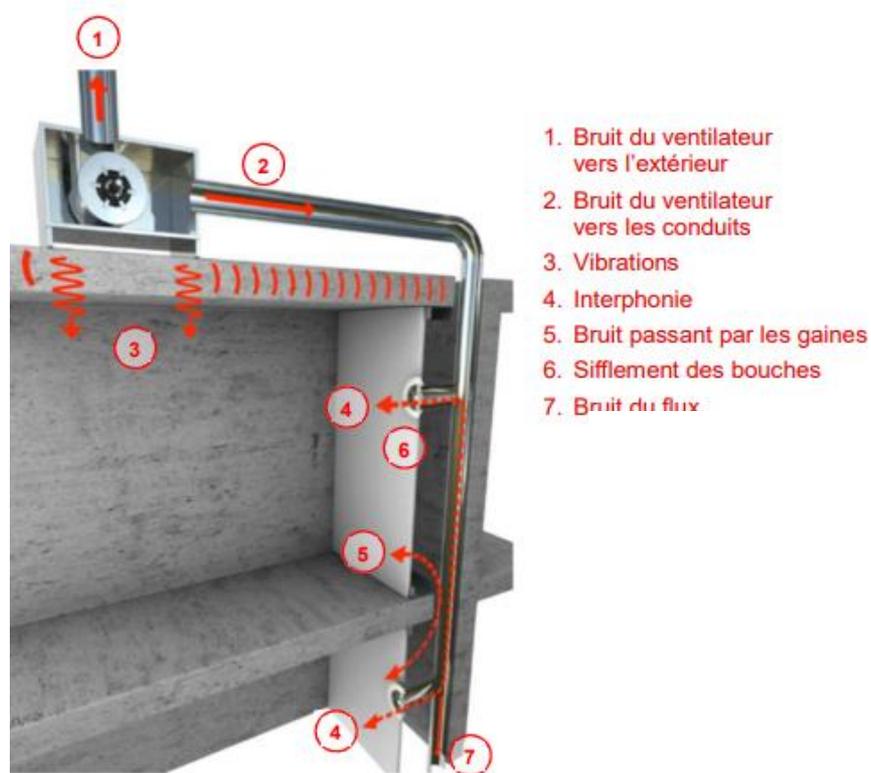
Correspond au niveau de pression acoustique lors de la réception d'un bruit de choc normalisé, corrigé en fonction de la durée de réverbération du local. Plus cet indicateur est faible, meilleure est l'isolation.

⇒ **Propre à une configuration**



Définition et sources

- ▶ Bruits générés par des appareils fixés à la structure du bâtiment, ils se propagent par celle-ci ainsi que dans l'air
- ▶ Génère des bruits de aériens et de contact
- ▶ Sources: Pompes à chaleur, groupes de ventilation...

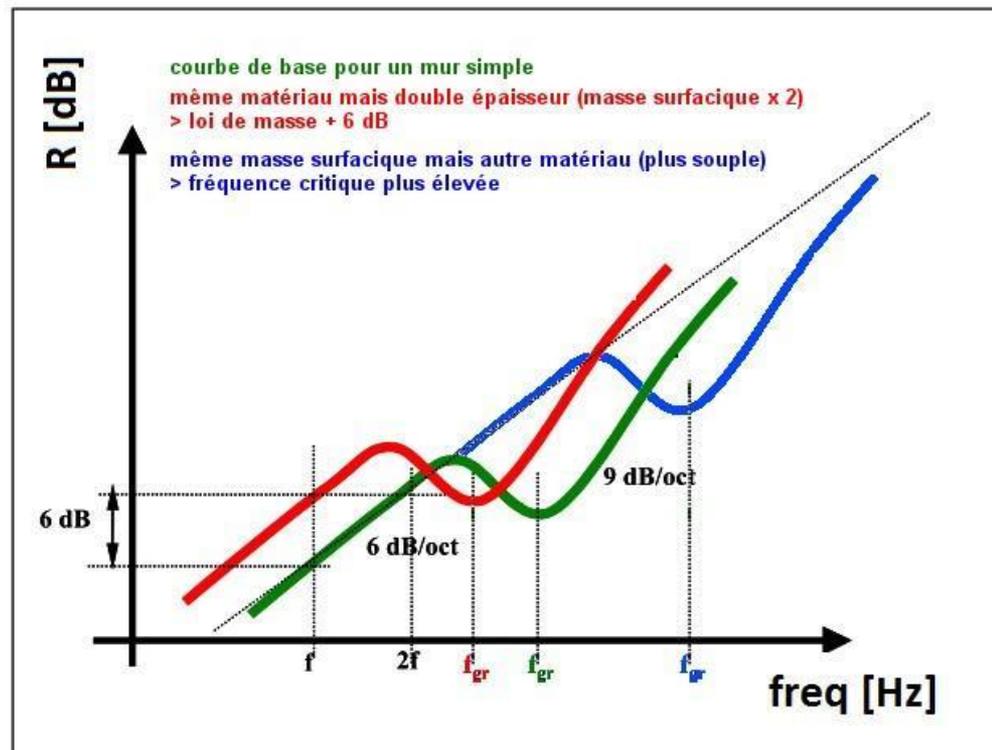


Source: Bruxelles Environnement



Loi de masse:

- ▶ Plus une paroi est lourde, meilleure est l'isolation aux bruits aériens.
- ▶ L'indice d'affaiblissement acoustique R d'une paroi augmente de 4-6 dB par doublement de masse



Source: Tractebel



Loi de masse

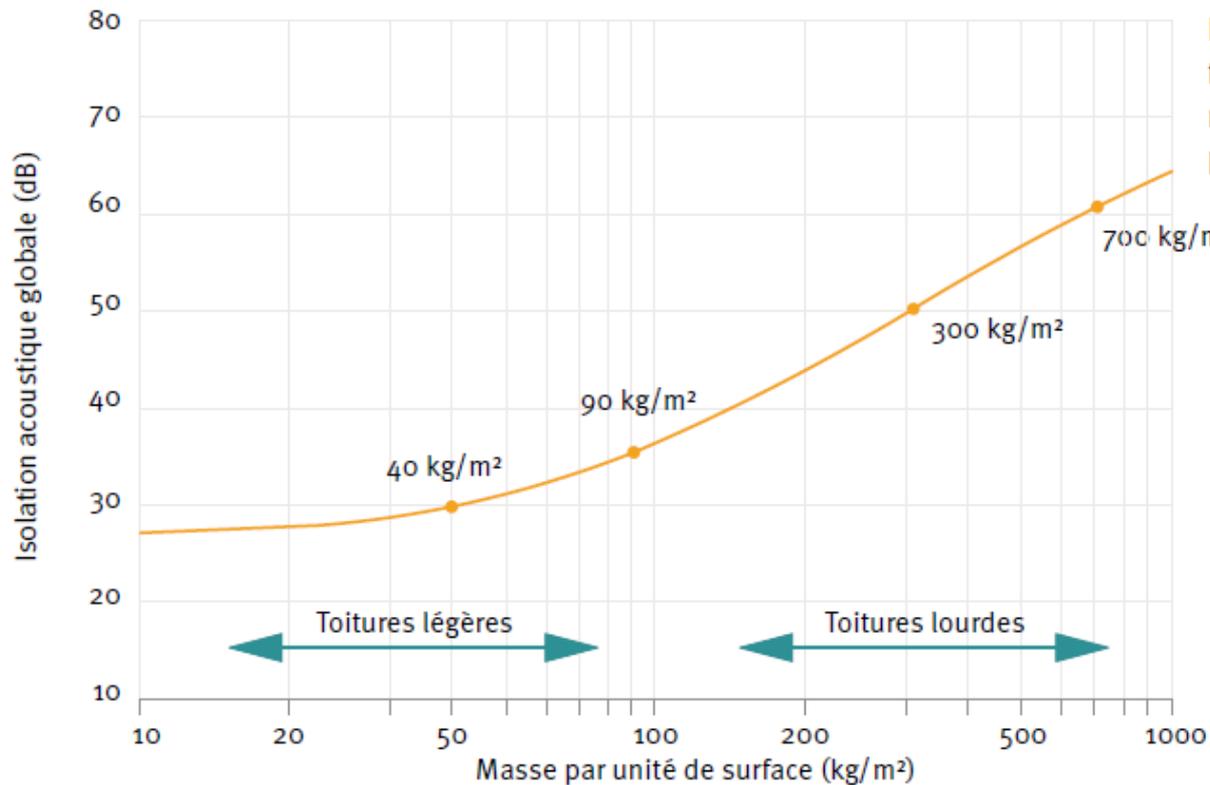
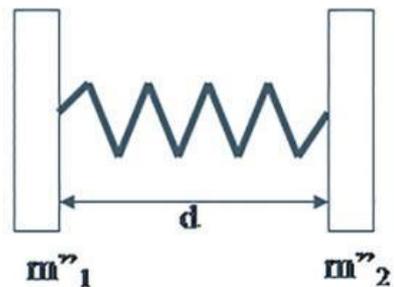


Fig. 18 Isolation aux bruits aériens en fonction de la masse surfacique : relation empirique dans le cas de parois simples.

Source: Buildwise



Effet « masse-ressort-masse » (MRM)



$$f_r = \frac{75}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{1}{m''_1} + \frac{1}{m''_2}}$$

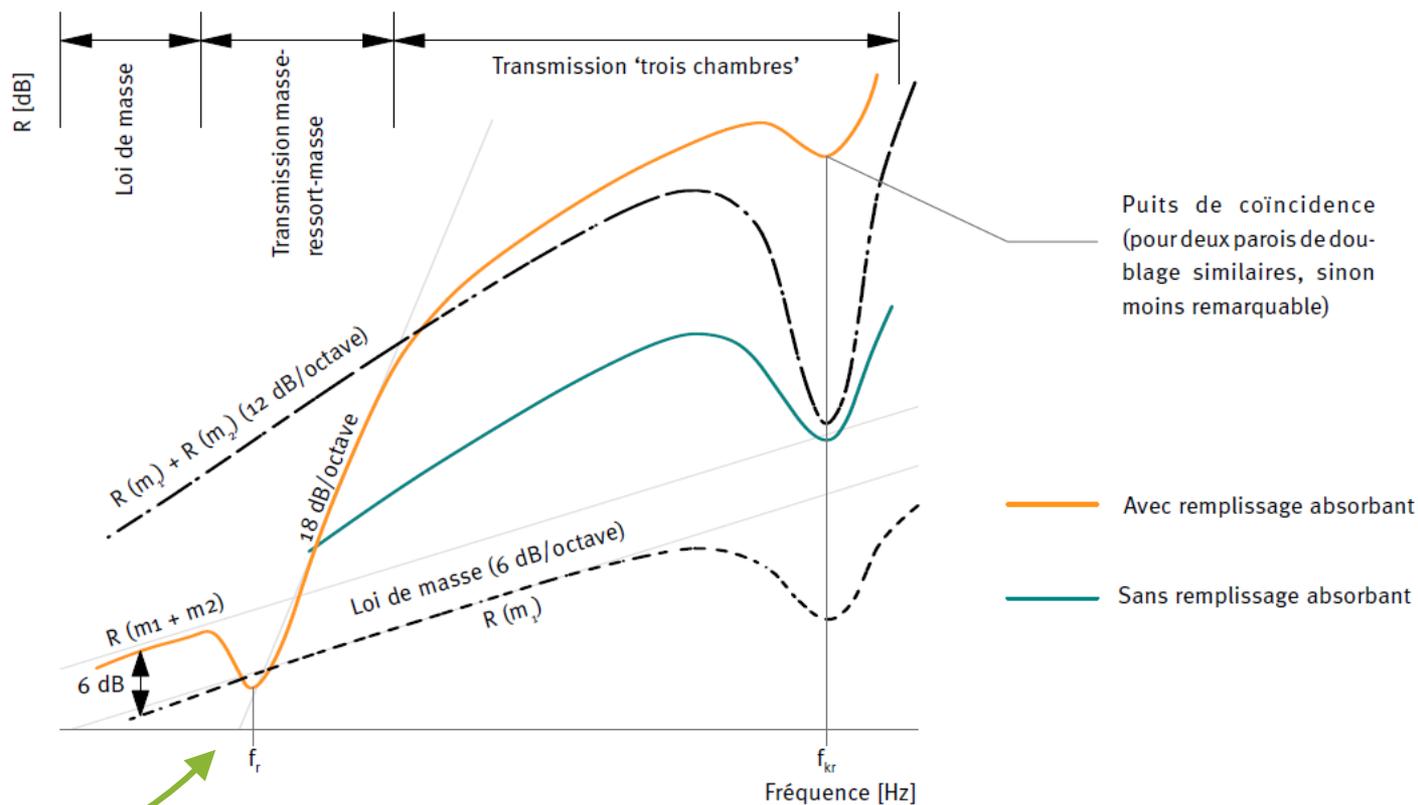


Fig. 02 Évolution schématique de l'indice d'affaiblissement acoustique des doubles parois.

Source: Buildwise



EN THÉORIE: CONTEXTE ET NOTIONS DE BASE

EN PRATIQUE

- ▶ **Isolation aux bruits aériens**
- ▶ **Isolation aux bruits de contacts**
- ▶ **Isolation aux bruits d'équipements**
- ▶ **Absorption acoustique**



Toiture légère - Masse-Ressort-Masse (MRM)

► Principe

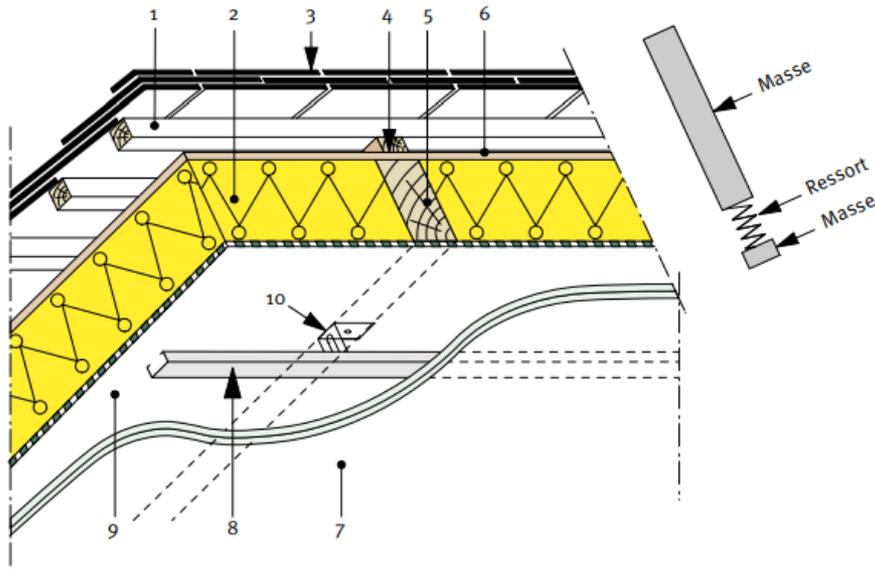


Fig. 6 Application du principe 'masse-ressort-masse' aux toitures à versants.

- | | |
|-----------------|---|
| 1. Latte | 7. Revêtement intérieur |
| 2. Isolant | 8. Profilé métallique pour la fixation du plafond |
| 3. Couverture | 9. Barrière à l'air et à la vapeur |
| 4. Contre-latte | 10. Fixation du profilé de plafond (éventuellement variante acoustique) |
| 5. Fermette | |
| 6. Sous-toiture | |

Source: Buildwise



Toiture légère - MRM

- ▶ Optimisation de la masse extérieure
 - Toiture plate: choisir une étanchéité lourde p.ex. roofing alourdi au lieu d'EPDM

Mieux mais effet limité

- Toiture inclinée:

Sous-toiture rigide lourde



ISOLATION AUX BRUITS AÉRIENS

Toiture légère - MRM

- ▶ Optimisation du ressort
 - Choisir un isolant de type fibreux, acoustiquement absorbant. Pas d'isolants à cellules fermées (PU, XPS, EPS...)

Laines (bois, minérale, etc.), insufflé (cellulose, fibre bois, etc)



- Augmenter l'épaisseur de l'isolant

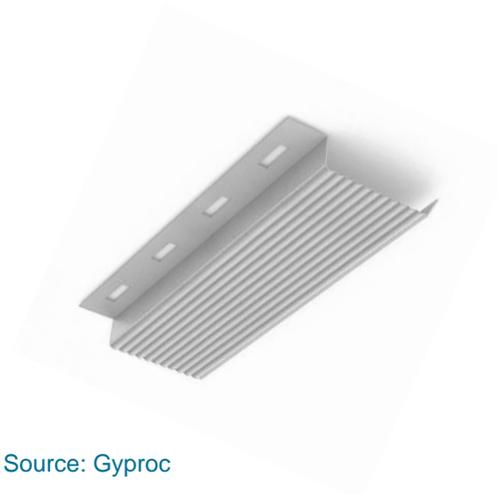


Toiture légère - MRM

- ▶ Optimisation du ressort
 - Opter pour des profilés de fixation acoustiques



Source: Buildwise



Source: Gyproc



- Désolidarisation totale via faux-plafond autoportant



Toiture légère - MRM

- ▶ Optimisation de la masse intérieure
 - Augmenter la masse surfacique de la finition:



Plaque d'argile 25 mm

≈ 36 kg/m²

Plaque de fibres-gypse 18 mm

≈ 21,5 kg/m²

Plaque de fibres-gypse 12,5 mm

≈ 15 kg/m²

Double plaque de plâtre 9,5 mm

≈ 15 kg/m²

Plaque de plâtre acoustique 12,5

≈ 12,5 kg/m²

Plaque de fibres-gypse 10 mm

≈ 11,5 kg/m²

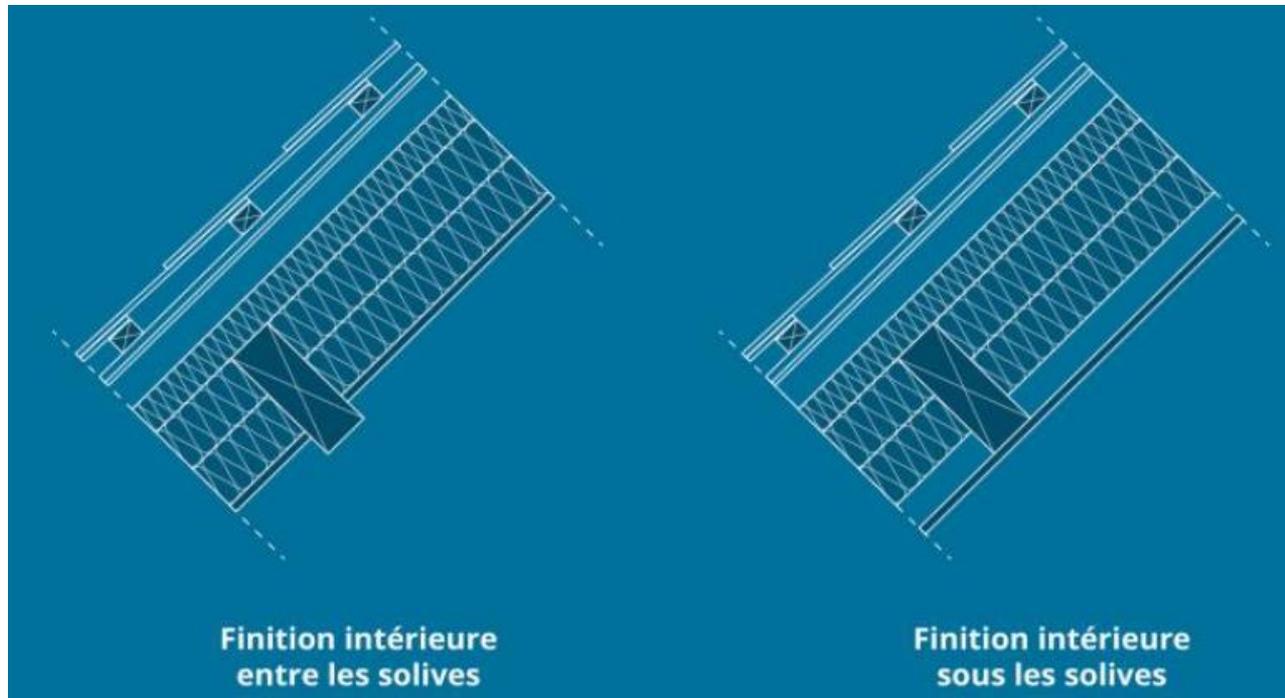
Plaque de plâtre simple 9,5 mm

≈ 7,5 kg/m²



Toiture légère - MRM

- ▶ Optimisation de la masse intérieure
 - Mise en œuvre continue de la finition intérieure



Source: Bruxelles Environnement



Toiture légère - MRM

- Quelques ordres de grandeur

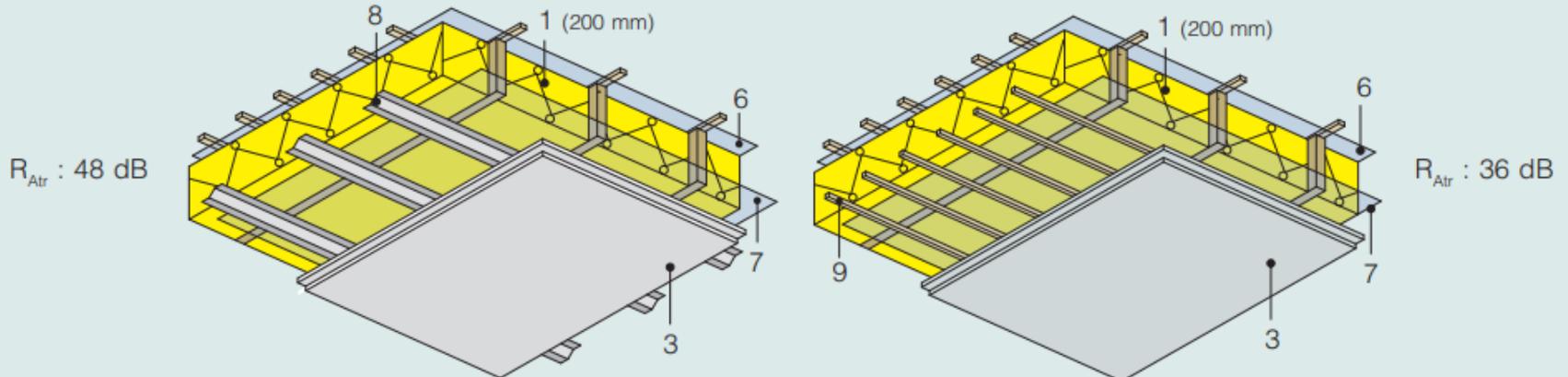
LEGENDE

1. Isolant thermique acoustiquement absorbant
2. Isolant thermique non acoustiquement absorbant
3. Plaque de plâtre de 12,5 mm d'épaisseur (une plaque ou deux)
4. Panneaux de contreplaqué WBP (*Weather and Boil Proof*)
5. OSB
6. Sous-toiture (si nécessaire)

7. Barrière d'étanchéité à l'air et à la vapeur sur OSB
8. Montants à ressorts
9. Ossature en bois
10. Panneau de particules

(*) La résistance thermique de cette couche doit toujours être inférieure à la moitié de la résistance de la couche 2 (cf. Les Dossiers du CSTC 4/2008, cahier 10).

CONSTRUCTIONS TRADITIONNELLES ET FERMETTES INDUSTRIALISÉES :



Source: Buildwise



Toiture légère - MRM

- Quelques ordres de grandeur

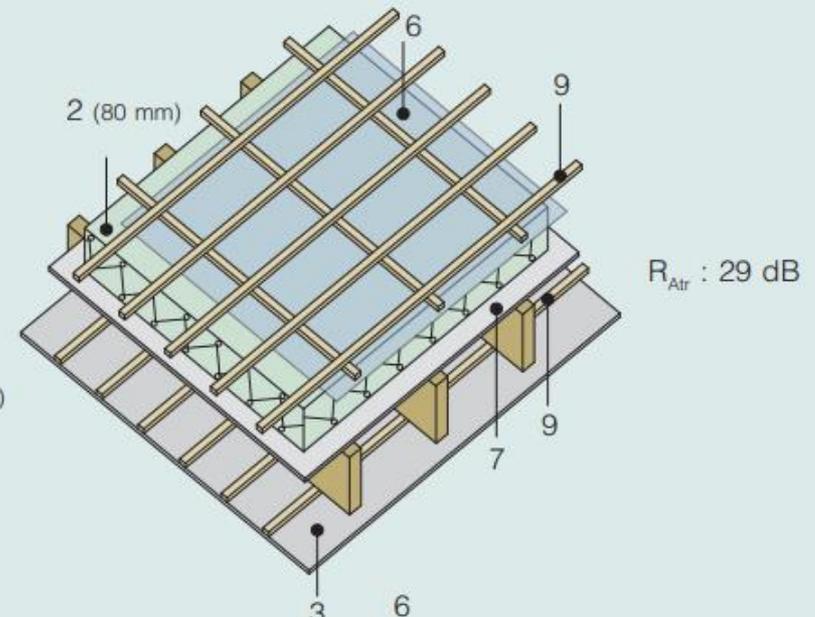
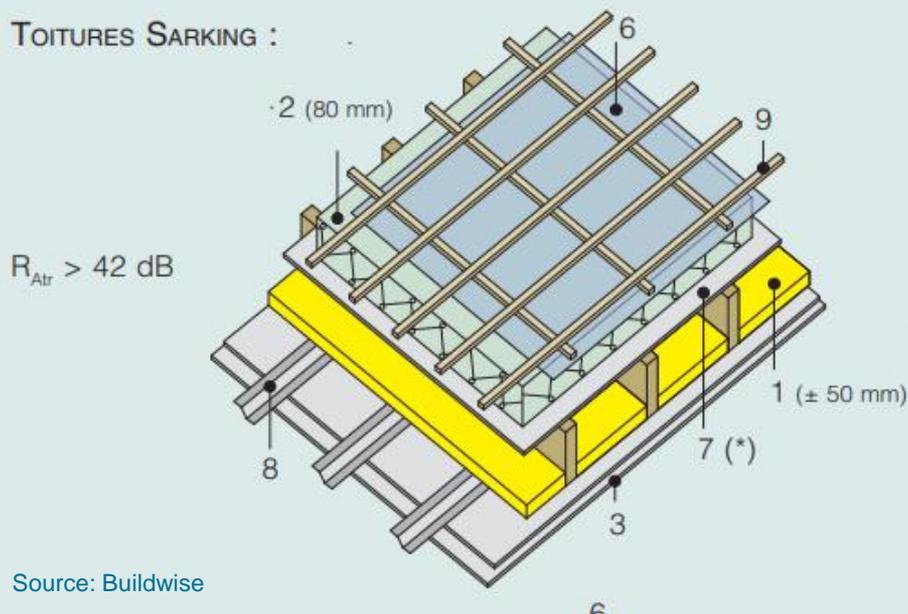
LEGENDE

1. Isolant thermique acoustiquement absorbant
2. Isolant thermique non acoustiquement absorbant
3. Plaque de plâtre de 12,5 mm d'épaisseur (une plaque ou deux)
4. Panneaux de contreplaqué WBP (*Weather and Boil Proof*)
5. OSB
6. Sous-toiture (si nécessaire)

7. Barrière d'étanchéité à l'air et à la vapeur sur OSB
8. Montants à ressorts
9. Ossature en bois
10. Panneau de particules

(*) La résistance thermique de cette couche doit toujours être inférieure à la moitié de la résistance de la couche 2 (cf. Les Dossiers du CSTC 4/2008, cahier 10).

TOITURES SARKING :



Source: Buildwise



Toiture légère - MRM

- Quelques ordres de grandeur

LEGENDE

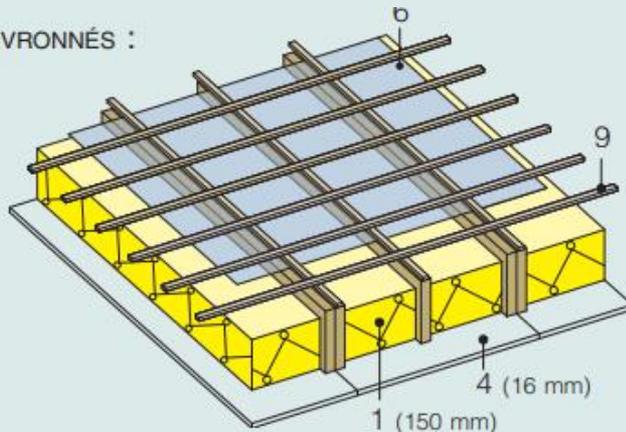
1. Isolant thermique acoustiquement absorbant
2. Isolant thermique non acoustiquement absorbant
3. Plaque de plâtre de 12,5 mm d'épaisseur (une plaque ou deux)
4. Panneaux de contreplaqué WBP (*Weather and Boil Proof*)
5. OSB
6. Sous-toiture (si nécessaire)

7. Barrière d'étanchéité à l'air et à la vapeur sur OSB
8. Montants à ressorts
9. Ossature en bois
10. Panneau de particules

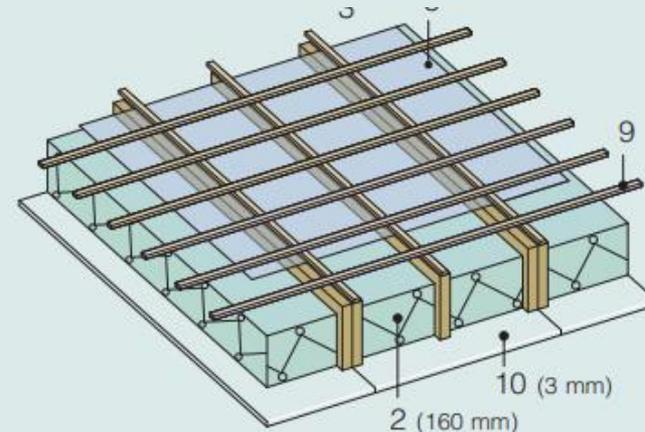
(*) La résistance thermique de cette couche doit toujours être inférieure à la moitié de la résistance de la couche 2 (cf. Les Dossiers du CSTC 4/2008, cahier 10).

CAISSONS CHEVRONNÉS :

$R_{Atr} : 28 \text{ dB}$



$R_{Atr} : 20 \text{ dB}$



Source: Buildwise



Toiture légère - MRM

- Quelques ordres de grandeur

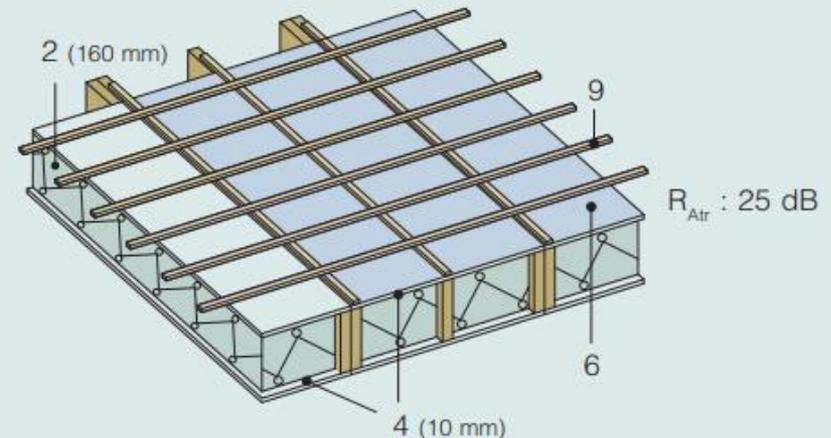
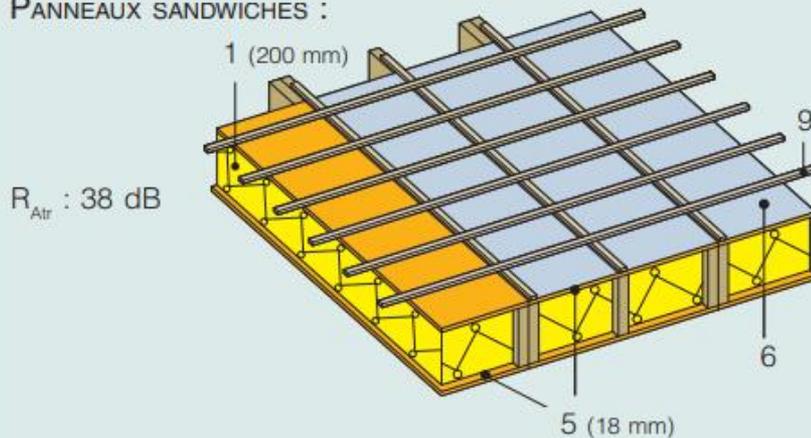
LEGENDE

1. Isolant thermique acoustiquement absorbant
2. Isolant thermique non acoustiquement absorbant
3. Plaque de plâtre de 12,5 mm d'épaisseur (une plaque ou deux)
4. Panneaux de contreplaqué WBP (*Weather and Boil Proof*)
5. OSB
6. Sous-toiture (si nécessaire)

7. Barrière d'étanchéité à l'air et à la vapeur sur OSB
8. Montants à ressorts
9. Ossature en bois
10. Panneau de particules

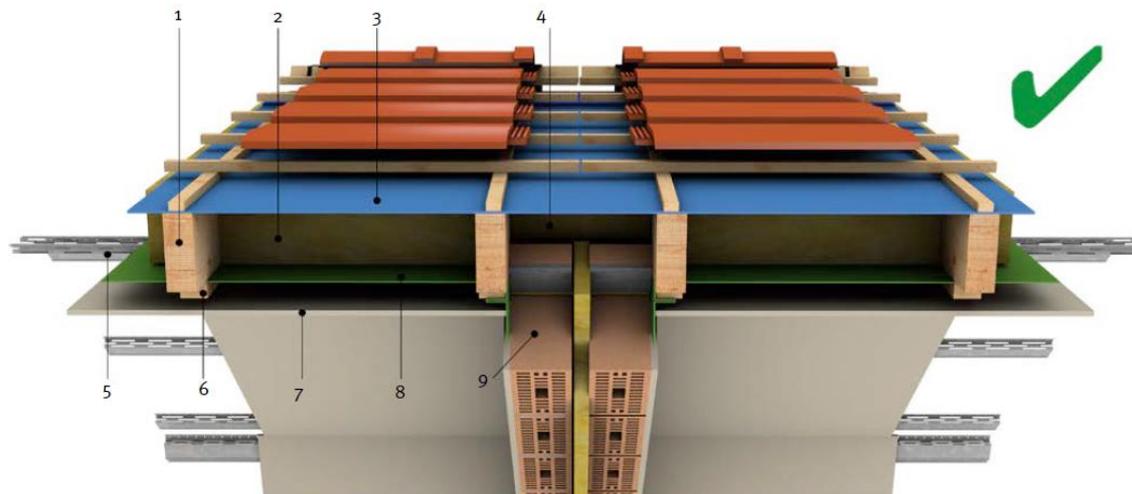
(*) La résistance thermique de cette couche doit toujours être inférieure à la moitié de la résistance de la couche 2 (cf. Les Dossiers du CSTC 4/2008, cahier 10).

PANNEAUX SANDWICHES :



Toiture légère - MRM

- ▶ Mitoyens, jonction entre deux locaux
 - Eviter les transmissions latérales
 - Points d'attention: position des éléments structurels, nature de l'isolant



Source: Buildwise

- | | | |
|---|--|-----------------------------------|
| 1. Chevron | 4. Laine de roche (propriétés ignifuges) | 7. Plaque de plâtre |
| 2. Laine minérale ou équivalent (cellulose, fibre de bois...) | 5. Profilé à ressort | 8. Membrane d'étanchéité à l'air |
| 3. Membrane de sous-toiture | 6. Latte en bois supplémentaire (fixation de la membrane d'étanchéité à l'air) | 9. Parois de double mur maçonnées |

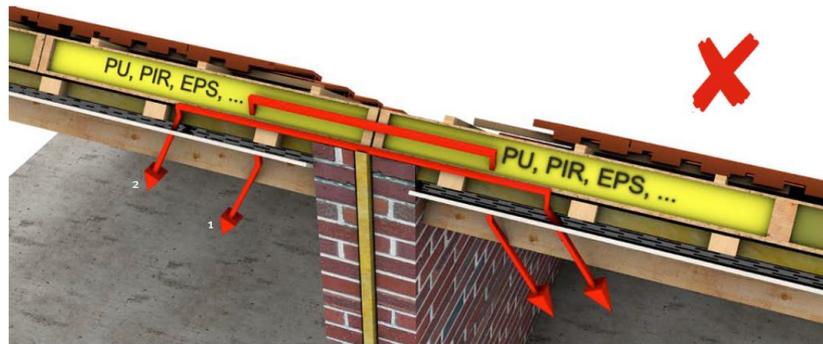
Fig. 34 Transmission aérienne indirecte au droit d'une jonction correcte avec la toiture : en disposant les chevrons ou les fermettes contre chaque partie de la double paroi, on réduit sensiblement ce type de transmission.



ISOLATION AUX BRUITS AÉRIENS

Toiture légère - MRM

- ▶ Mitoyens, jonction entre deux locaux
 - Eviter les transmissions latérales
 - Points d'attention: position des éléments structurels, nature de l'isolant

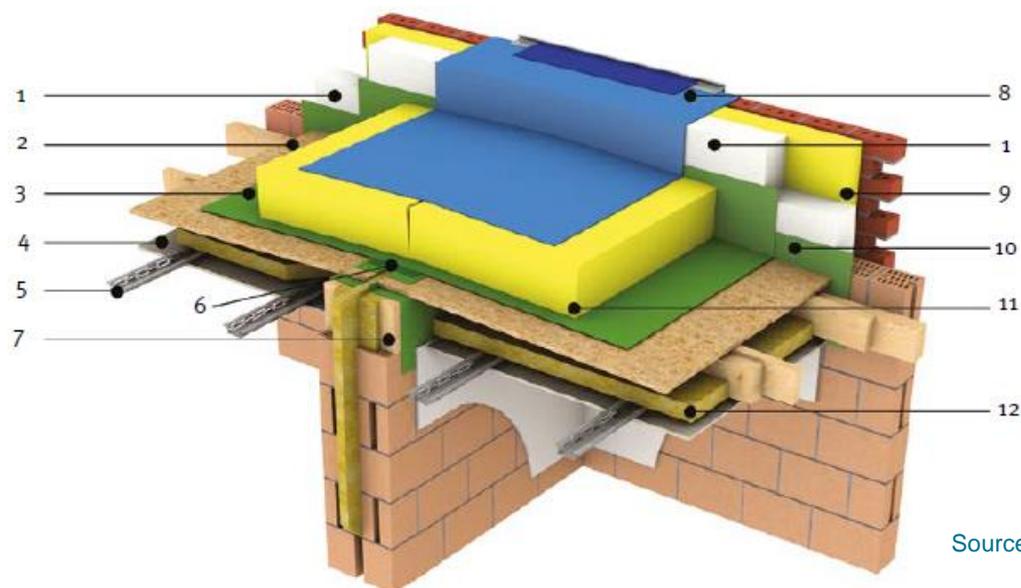


Source: Buildwise



Toiture légère - MRM

- ▶ Point d'attention: éviter les transmissions latérales
 - Mitoyens



Source: Buildwise

1. Béton cellulaire
2. Panneau de support en bois
3. Pare-vapeur
4. Plaque de plâtre
5. Profilé à ressort
6. Membrane supplémentaire pour permettre le glissement du pare-vapeur

7. Poutres en bois au-dessus de la paroi du double mur. Les poutres de soutien sont fixées dans des 'sabots' métalliques dans ces poutres en bois. Tout espace entre cette poutre et la maçonnerie doit être scellé

8. Membrane d'étanchéité
9. Isolation thermique dans la coulisse de la façade
10. Bandes d'étanchéité à l'air
11. Isolation thermique
12. Matériau isolant poreux et flexible



Toiture lourde

- ▶ Optimisation
 - Augmenter la masse surfacique de l'élément structurel
 - Créer un effet Masse Ressort Masse (MRM)

Par le dessus: isolant acoustique + lestage (graviers, toiture végétale)

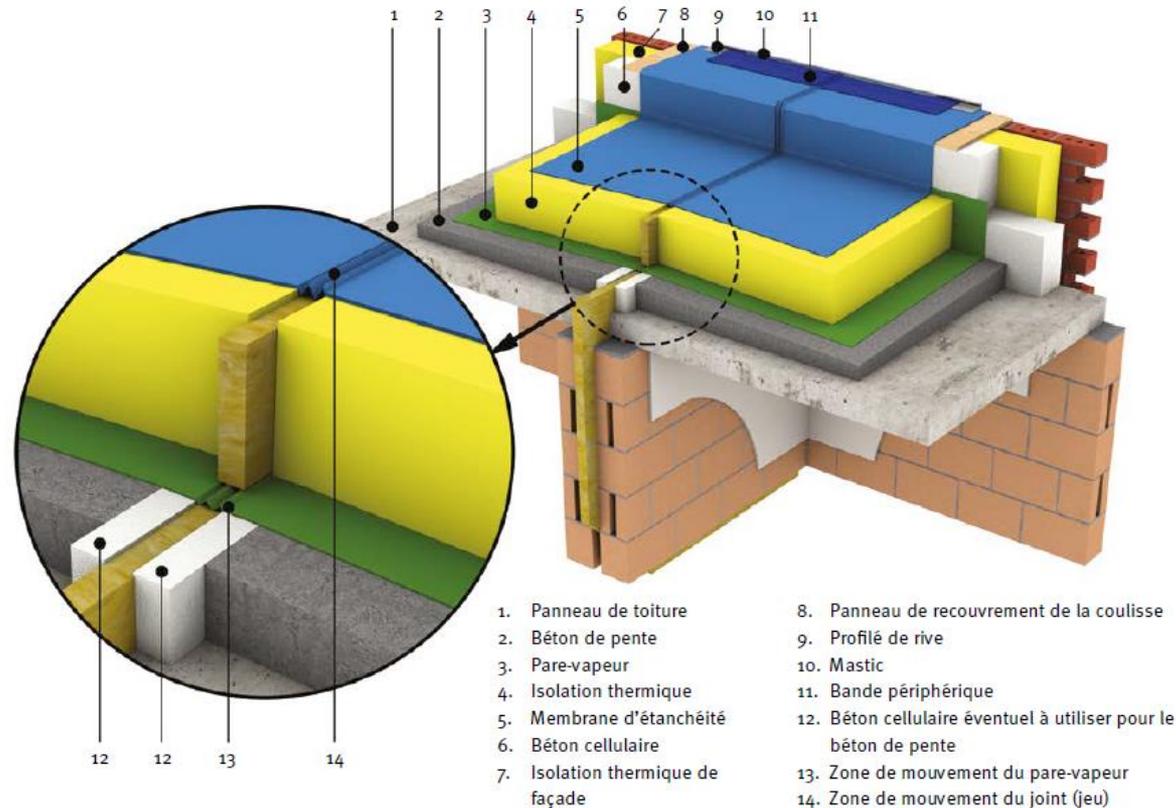
Par le dessous: faux-plafond acoustique (/!\ Diffusion de la Vapeur d'Eau)



ISOLATION AUX BRUITS AÉRIENS

Toiture lourde

- ▶ Point d'attention: éviter les transmissions latérales
 - Mitoyens

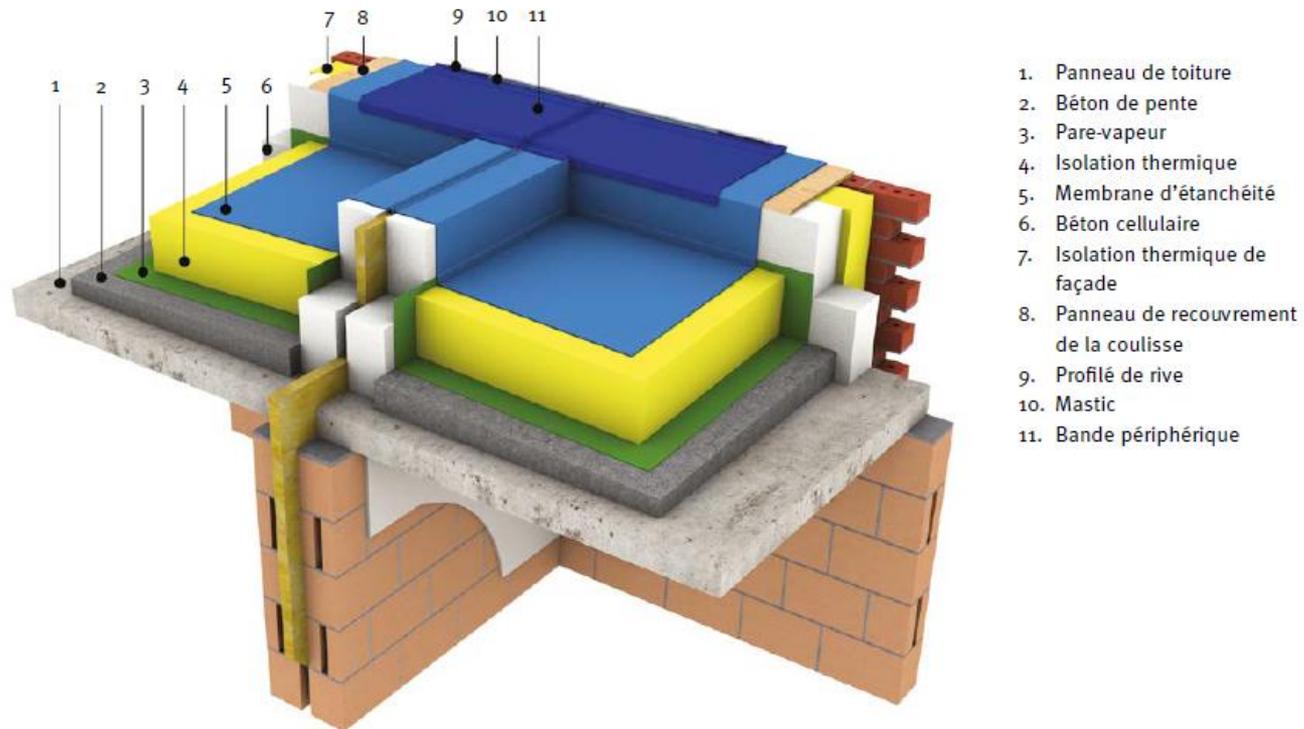


Source: Buildwise



Toiture lourde

- ▶ Point d'attention: éviter les transmissions latérales
 - Mitoyens



Source: Buildwise



ISOLATION AUX BRUITS DE CONTACTS

Quelles sources dans le cas d'une toiture?

- ▶ Bruit d'impact de la pluie
 - Seuil de réveil d'une personne endormie
 $L_{IA} = 50$ dB
 - Fenêtres de toit: attention sur la sélection du vitrage (vitrage feuilleté PVB amélioré/résine), protection via dôme, volet extérieur



Dôme de protection		
<input type="checkbox"/> Acrylique	<input type="checkbox"/> Opalin	
<input type="checkbox"/> Transparent		
g 0,53	0,20	EN 1873
τ_V 0,72	0,25	EN 1873
LIA	48 dB	EN ISO 140-18
ou		
<input type="checkbox"/> Polycarbonate - fixé avec des visse de sécurité		
<input type="checkbox"/> Transparent	<input type="checkbox"/> Opalin	
g 0,50	0,23	EN 1873
τ_V 0,70	0,26	EN 1873
LIA	51 dB	EN ISO 140-18

Source: Velux



Source: Velux



Quelles sources dans le cas d'une toiture?

- ▶ Bruit d'impact de la pluie
 - Seuil de réveil d'une personne endormie
 $L_{IA} = 50$ dB
 - Panneaux sandwich de toiture:
/!\ Consulter les spécifications techniques
Favoriser les isolants souples et absorbants,
des finitions intérieures lourdes



Source: Arcelor



ISOLATION AUX BRUITS DE CONTACTS

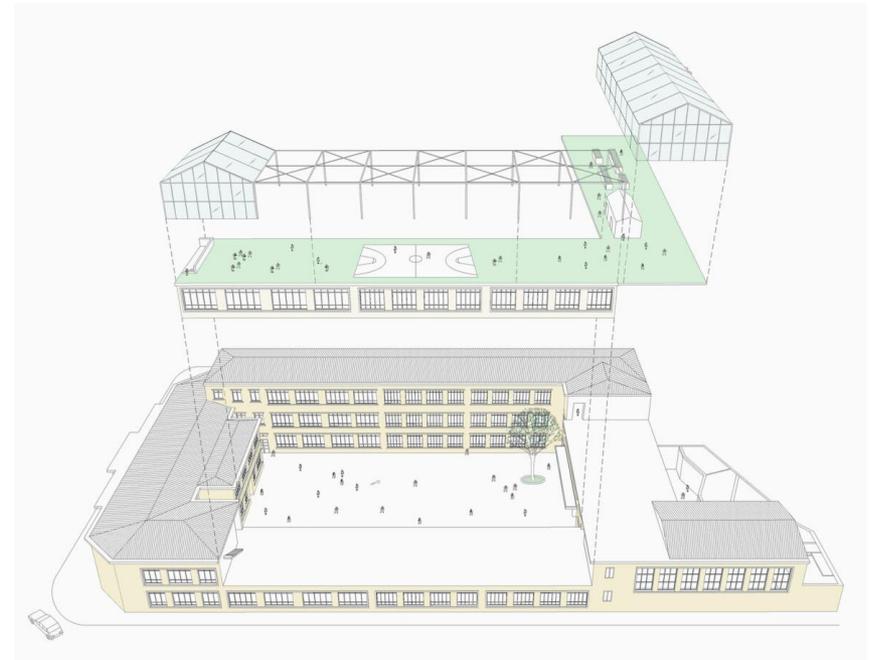
Quelles sources dans le cas d'une toiture?

- ▶ Toitures accessibles: Terrain de sport, cour de récréation, parking...

⇒ **Désolidariser acoustiquement l'aire de circulation via un résilient acoustique adapté**



Source: Tezuka Architects



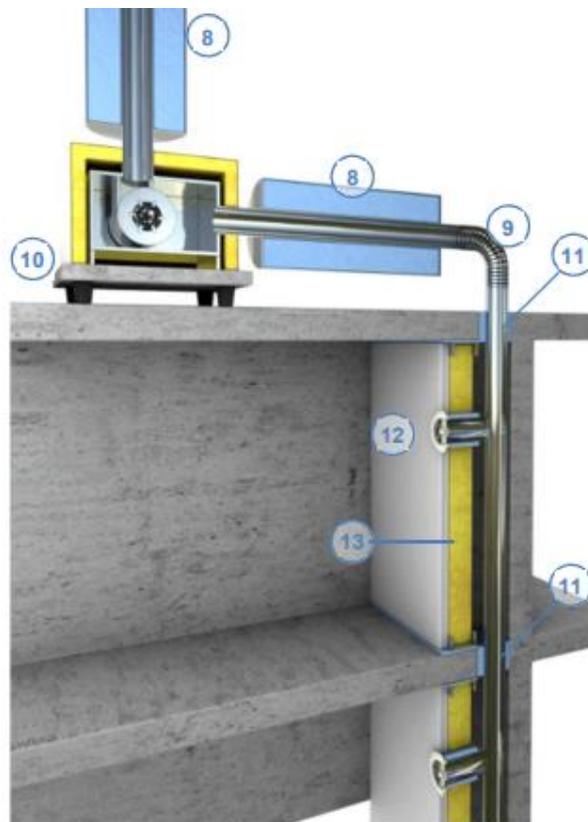
Source: LOW architecten



39 ISOLATION AUX BRUITS D'ÉQUIPEMENTS

Installations techniques

- ▶ Bruits de contacts: désolidariser
- ▶ Bruits aériens: absorber et atténuer



- 8. Silencieux ou manchon acoustique
- 9. Manchon flexible
- 10. Socle antivibratile
- 11. Colmatage souple
- 12. Bouche silencieuse
- 13. Gaine isolée

Source: Bruxelles Environnement



Figure 52 : Silencieux
(© Systemair)



Figure 53 : Ressort
antivibratile

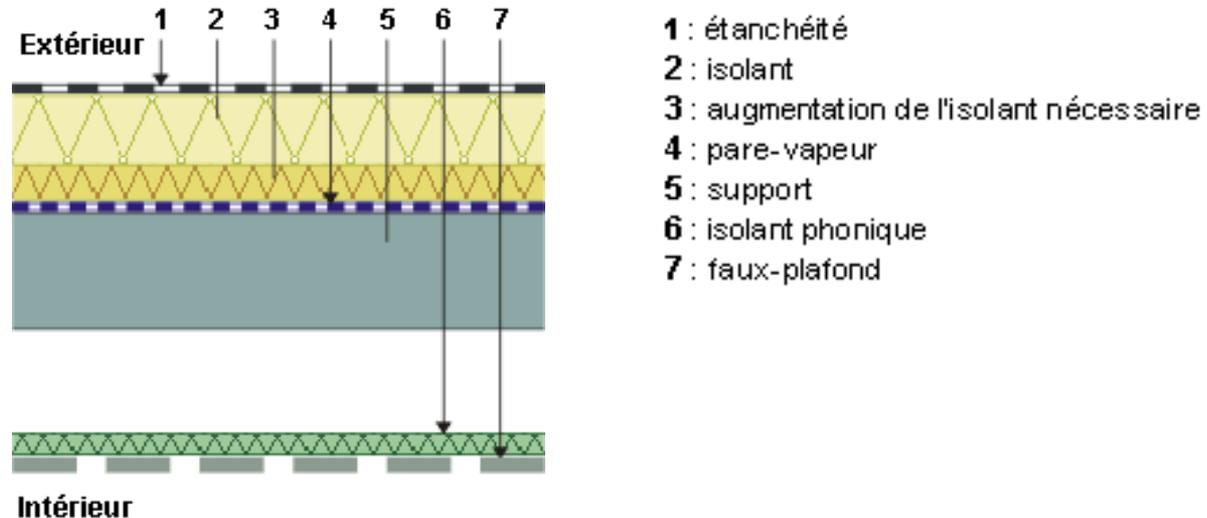


Compatibilité avec l'isolation thermique

► Toiture plate

- Epaisseur d'isolant phonique la plus faible possible
- Veiller que le point de rosée soit situé au-dessus du pare-vapeur

→ Placer une couche d'isolation complémentaire extérieure si nécessaire



Source: Energie +





- ▶ Deux grands principes fondamentaux de l'isolation acoustique:
 - Toiture massive: loi de masse
 - Toiture légère: masse-ressort-massePrincipe d'autant plus efficace que...
 - ...la distance entre les masses est grande
 - ...le ressort est grand et composé d'isolant fibreux, absorbant
 - ...les masses sont élevées (→ choix de la finition intérieure, de la sous-toiture)

- ▶ Ne pas négliger les transmissions sonores par voies latérales (mitoyens, entre deux locaux...)





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ Dossier | [Assurer le confort acoustique](#)
- ▶ Solution | [Acoustique des toitures](#)
- ▶ Solution | [Acoustique des techniques](#)



Sites internet

- ▶ Bruxelles Environnement – [Rapport technique bruit](#)
- ▶ Homegrade – [Isolation acoustique d'une maison bruxelloise redivisée en appartements](#)
- ▶ [Lignumdata](#) – base de données compositions de parois



Ouvrages

- ▶ Buildwise, NIT 251 – 2014: Isolation des toitures à versants
- ▶ Buildwise, NIT 280 – 2022: La toiture plate
- ▶ Buildwise, NIT 281 – 2022: Acoustique entre habitations



Manuel VAN DAMME

Acoustical Expert

Build Silence

www.buildsilence.be✉ mvd@buildsilence.be

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

