



Chapitre

# 2

## L'acoustique et le bâtiment

- 1. Une ambiance sonore de qualité ?**
- 2. Le bruit dans le bâtiment**
- 3. La réglementation acoustique**
- 4. Le bâtiment exposé aux bruits**

# 1. Une ambiance sonore de qualité ?

Une ambiance sonore est dite de qualité si :

- Elle n'est pas dangereuse pour l'oreille. Au-delà d'une certaine quantité de bruit (intensité x durée) les cellules ciliées sont détruites irrémédiablement, ce qui conduit à la surdité.
- Elle permet de percevoir facilement les sons ou bruits utiles et désirés.
- Elle permet de ne pas être dérangé par des sons ou bruits inutiles et non désirés.

A l'intérieur d'une pièce, on obtient une ambiance sonore de qualité lorsque :

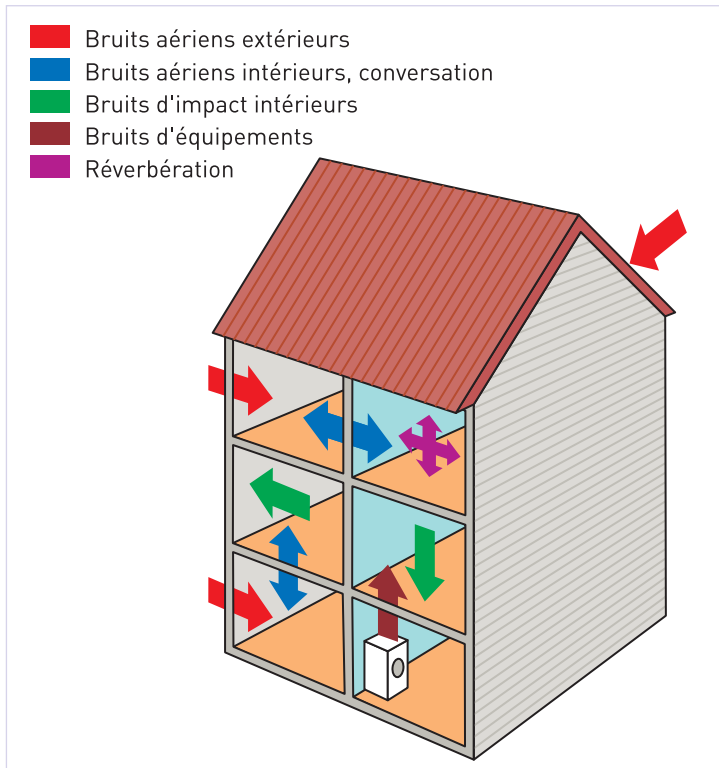
- La réverbération est maîtrisée, de sorte que les sons utiles et désirés (habituellement produits dans la pièce) puissent se propager correctement, avec suffisamment d'intensité et sans déformation pour être facilement perçus.
- Les occupants sont protégés des bruits (habituellement inutiles et dérangeants) en provenance de l'espace extérieur au bâtiment (route, train, avion, usine, jeux...), des autres pièces du bâtiment (bruits d'origine aérienne ou solidienne) ou des équipements (chauffage, ventilation, ascenseur, robinets...).

## 2. Le bruit dans le bâtiment

Les réglementations acoustiques dans le bâtiment visent à obtenir une ambiance sonore de qualité et imposent une maîtrise des seuils à respecter pour :

- La réverbération des locaux.
- L'isolement aux bruits aériens et aux bruits d'impact entre pièces.
- L'isolement de l'enveloppe vis-à-vis des bruits de l'espace extérieur.
- Le bruit des équipements techniques.

Pour ces derniers, on observe habituellement que les équipements dont on a l'usage sont ressentis comme moins gênants que les équipements individuels exclusivement utilisés par les voisins. Les exigences réglementaires concernant le bruit des équipements en tiennent compte.



8 - Schéma de principe des différents types de bruits dans les bâtiments.

### I Association entre bruits et mesures :

- **Bruit aérien extérieur** : bruit créé par le trafic routier, ferroviaire ou aérien (mesures d'isolement des façades par rapport à un bruit route).
- **Bruit aérien intérieur** : bruit créé par les conversations, la télévision (mesures d'isolement entre locaux par rapport à un bruit rose).
- **Bruit d'impacts (ou de chocs)** : bruit créé par le déplacement des personnes, des meubles ou la chute d'objets (mesure du niveau de bruit de chocs reçu avec une machine à chocs normalisée).
- **Bruit d'équipement** : bruit créé par les ascenseurs, la robinetterie, la VMC... (mesure du niveau de bruit d'équipement en fonctionnement normal).
- **Réverbération** : effet de résonance d'un local (mesure de la durée de réverbération).

#### Focus : bruit rose, bruit route ?

- **Bruit rose** : bruit de référence, présentant un niveau identique pour chaque bande d'octave. Ce bruit est utilisé pour les mesures d'isolement acoustique aux bruits aériens intérieurs, ainsi que pour les isolements vis-à-vis des bruits de trafic aérien.
- **Bruit route** : bruit de référence, présentant un spectre plus élevé en basses fréquences, correspondant au spectre d'un trafic routier comportant une répartition standard de véhicules légers et de poids lourds. Ce bruit est utilisé pour les mesures d'isolement de façades.

### 3. La réglementation acoustique

La réglementation acoustique des bâtiments d'habitation a déjà évolué en 1994 et 1995 et ces textes sont appliqués depuis janvier 1996. La normalisation européenne doit maintenant être utilisée pour calculer les indices uniques d'évaluation de la performance acoustique des produits et des ouvrages, respectivement pour les bruits aériens, intérieurs ou extérieurs, et pour les bruits de choc.

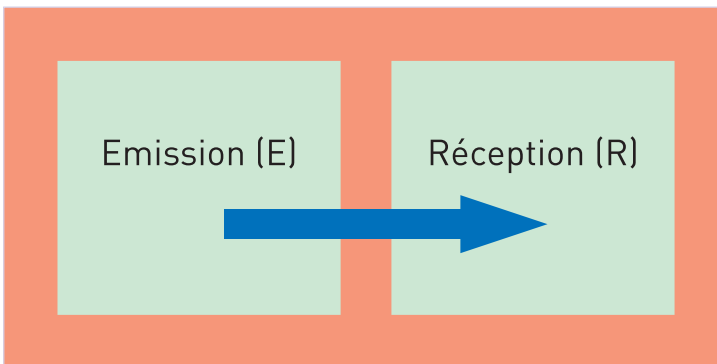
Les nouveaux textes réglementaires en application pour les bâtiments d'habitation sont :

- L'arrêté du 30 mai 1996 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit, dont la révision est prévue pour la fin de l'année 2007.
- L'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- L'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique.

De nombreux autres textes sont applicables à d'autres ouvrages que le bâtiment d'habitation, comme par exemple, l'arrêté du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit dans les bâtiments d'enseignement.

#### 3.1 - Indices d'évaluation des bâtiments (in situ)

---



$$D_{nT} = L_E - L_R + 10 \log T_r / 0,5$$

avec :  $D_{nT}$  = Isolement (D) normalisé (ou standardisé) (N) par rapport à la durée de réverbération ( $T = 0,5$  s).

$L_E$  = Niveau (L) à l'émission (E).

$L_R$  = Niveau (L) à la réception (R).

$T_r$  = Durée de réverbération du local de réception en secondes.

$$L_{nT} = L_n - 10 \log T_r / 0,5$$

avec :  $L_{nT}$  = Niveau reçu (en provenance d'un équipement) normalisé (ou standardisé) à la durée de réverbération ( $T = 0,5$  s).

$L_n$  = Niveau reçu (en provenance d'un équipement).

$T_r$  = Durée de réverbération du local de réception en secondes.

Les valeurs sont exprimées en dB. Quant on rajoute l'indice « A » cela signifie qu'on a utilisé la courbe de pondération (A) pour l'évaluation des niveaux. L'indice « W » signifie qu'on utilise un gabarit « W » pour l'évaluation.

Attention à la confusion entre les anciens indices français et les nouveaux indices européens :

- Des anciens indices, on disait qu'ils étaient « normalisés » avec pour notation «  $D_{nAT}$  », les nouveaux sont « standardisés » avec pour notation «  $D_{nT,A}$  »
- Quand un indice peut être mesuré en laboratoire ou in situ, l'usage du « ' » signifie qu'il s'agit de la valeur mesurée in situ.

Pour les bâtiments d'habitation les valeurs réglementaires sont les suivantes			
Bruits aériens intérieurs (Article 2)	Bruits de chocs (Article 4)	Bruits d'équipement (Articles 5 et 6)	Bruits aériens extérieurs (Articles 5 et 6)
Entre 2 pièces principales $D_{nT,A} \geq 53$ dB	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB	En pièce principale $L_{nAT} \leq 30$ dB(A)	$D_{nAT} \geq 30$ dB

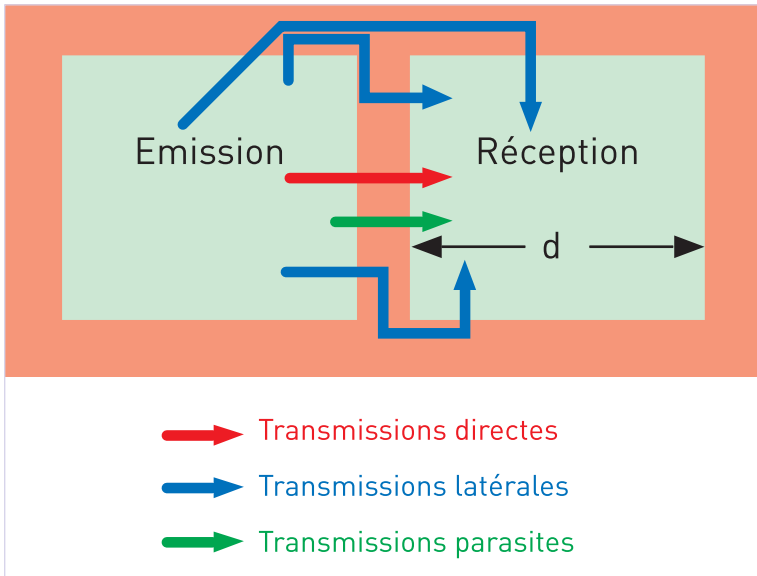
Avec :

- $D_{nT,A}$  : Isolement acoustique standardisé pondéré (A) pour les bruits aériens, exprimé en dB.
- $D_{nAT}$  : Isolement acoustique normalisé pondéré (A) pour les bruits aériens, exprimé en dB(A), en attendant la révision de l'arrêté du 30 mai 1996.
- $L'_{nT,w}$  : Niveau de pression pondéré « W » des bruits de choc, standardisé, exprimé en dB.
- $L_{nAT}$  : Niveau de pression pondéré des bruits de choc, standardisé, exprimé en dB(A).

### 3.2 - Les différentes voies de transmission du bruit

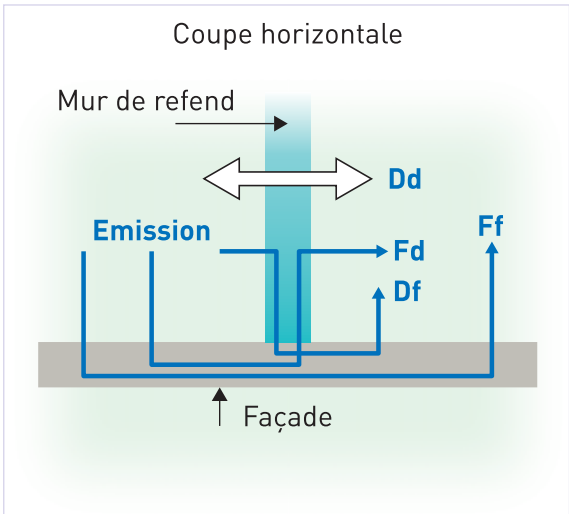
Trois types de transmission sont à prendre en compte :

- Transmissions directes (TD) : par les parois opaques (façade, séparatif, toiture et plancher) et les baies.
- Transmissions latérales (TL) : par les parois liées à la façade, à la paroi séparative, à la terrasse ou au plancher.
- Transmissions parasites (TP) : par certains points singuliers (gaines techniques, VMC, entrées d'air, coffres de volets roulants, défauts d'exécution...).



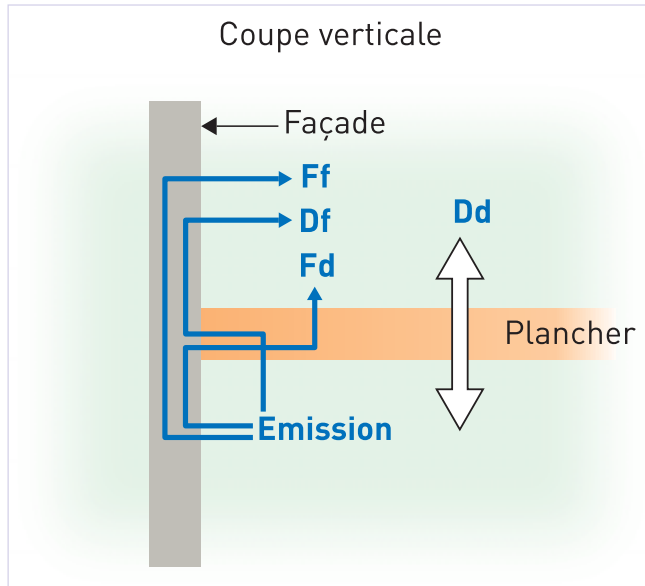
9 - Voies de transmission du bruit dans le bâtiment.

#### Transmission entre deux locaux adjacents



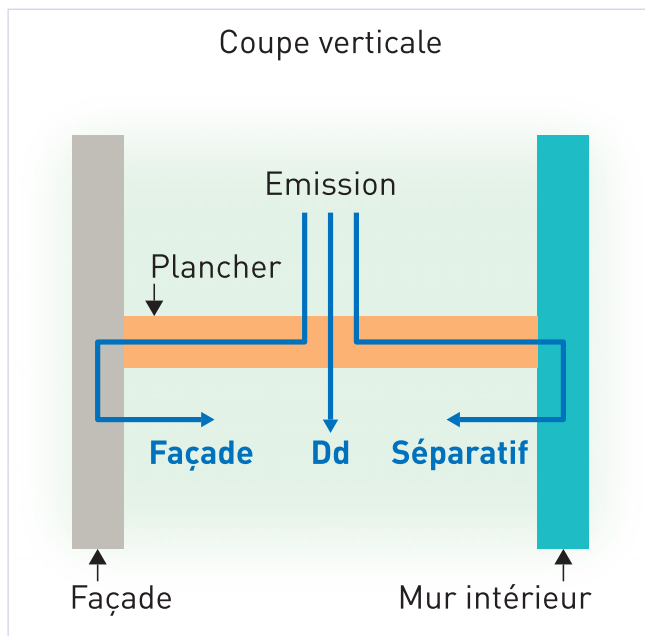
10 - Voies de transmission du bruit entre deux locaux adjacents.

I Entre deux locaux superposés



- Dd** = Direct direct
- Fd** = Flancking direct
- Df** = Direct flancking
- Ff** = Flancking - flancking
- DnT** = somme de toutes les voies de transmission

11 - Voies de transmission du bruit entre deux locaux superposés.

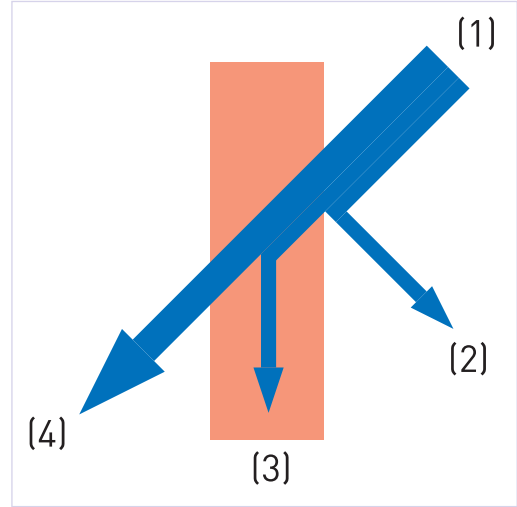


12 - Voies de transmission des bruits de choc.

**Ne pas confondre isolation acoustique et absorption acoustique**

Une onde sonore (1) rencontrant une paroi est en partie :

- Réfléchi (2)
- Absorbée (3)
- Transmise (4)



13 - Onde sonore traversant une paroi.

L'isolation est l'ensemble des procédés mis en œuvre pour réduire le niveau sonore dans le local contigu au local d'émission.

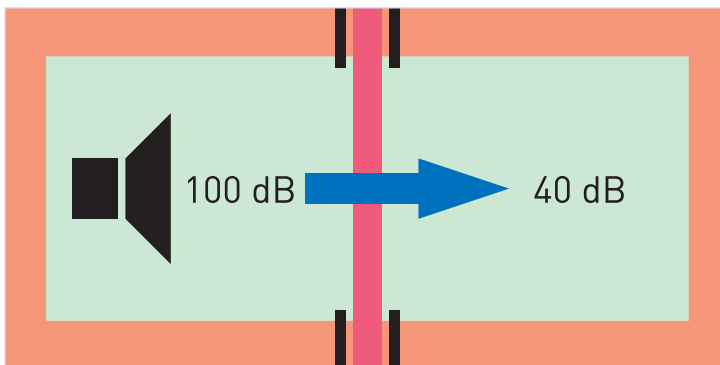
Un matériau absorbant augmente la partie absorbée et réduit la partie réfléchi du bruit dans le local où il est placé. Ce type de matériau n'a pratiquement aucune influence sur la partie transmise. L'absorption ne permet donc pas l'isolation de manière décisive.

**Ne pas confondre indice d'affaiblissement et isolement**

L'indice d'affaiblissement acoustique, noté R, caractérise la qualité acoustique d'un élément de construction (paroi, fenêtre, porte...). Il est mesuré en laboratoire pour s'affranchir des transmissions du bruit par les parois latérales.

Par exemple, en laboratoire :

Émission de 100 dB, réception de 40 dB : indice d'affaiblissement  $R = 60$  dB (cf. schéma 14).



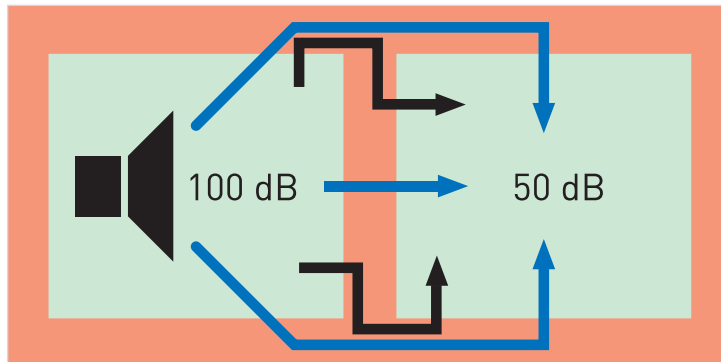
14 - Principe de l'indice d'affaiblissement.



L'isolement, noté D, représente la valeur de l'isolation entre deux locaux ou entre l'extérieur et un local. Il est mesuré sur place en émettant un bruit de niveau élevé dans un local dit « d'émission » et en mesurant, à l'aide d'un sonomètre, les niveaux de bruit dans ce local et dans un local voisin dit « de réception ».

Par exemple :

Emission de 100 dB, réception de 50 dB : isolement D = 50 dB (cf. schéma 15).



15 - Principe de l'isolement.

Remarque : l'isolement entre locaux est égal à l'indice d'affaiblissement R de la paroi séparatrice, diminué des transmissions latérales (a) :

$$D = R - a$$

Ce point est primordial, car les transmissions latérales sont en règle générale prépondérantes. C'est pourquoi, pour déterminer un isolement « horizontal », on doit se préoccuper des partis-pris constructifs « verticaux » et réciproquement.

Il faut faire la différence entre isolement brut et isolement normalisé :

L'isolement brut est la différence entre le niveau de bruit ( $L_1$ ) dans un local d'émission et le niveau ( $L_2$ ) dans un local de réception :

$$D = L_1 - L_2$$

Mais le niveau  $L_2$  dans le local de réception (et donc l'isolement brut) dépend de la durée de réverbération du local de réception. Celle-ci varie, suivant que la pièce soit vide ou meublée, et en fonction de l'ameublement lui-même. C'est pourquoi les valeurs d'isolement contractuelles ou réglementaires, sont exprimées en valeurs normalisées, permettant de s'affranchir de la durée réelle de réverbération.

L'isolement normalisé est l'isolement brut corrigé en fonction de la durée de réverbération réelle (T) mesurée dans le local de réception et une durée de réverbération de référence (T<sub>0</sub>) :

$$D_{nT} = D + \text{Log } T/T_0$$

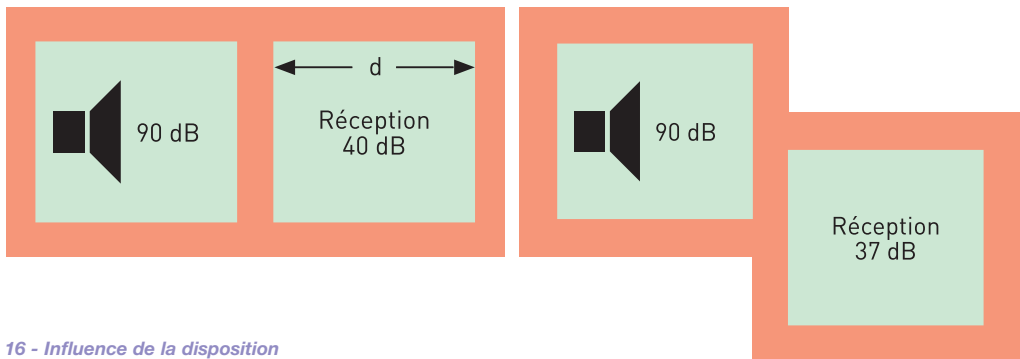
Quelques exemples pour T<sub>0</sub> :

- Bâtiments d'habitation, santé, hôtels et enseignement : T<sub>0</sub> = 0.5 seconde.
- Salle de sports de volume supérieur à 512 m<sup>3</sup> : T<sub>0</sub> = 0.14 V<sup>1/3</sup> (avec V le volume de la pièce).

En l'absence de prescriptions réglementaires :

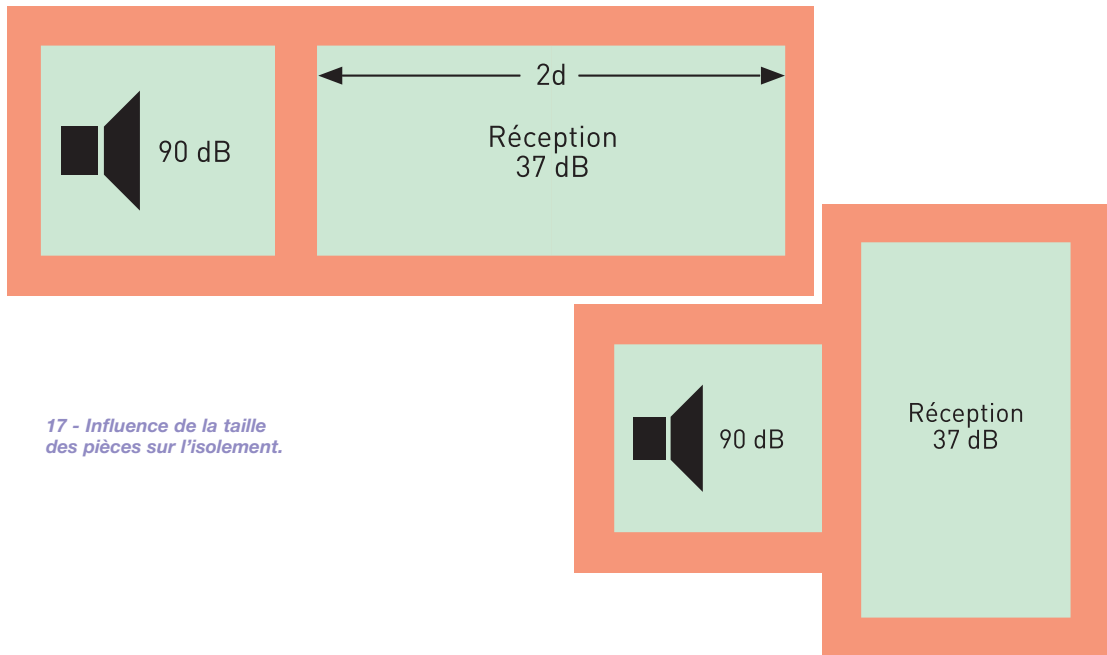
- Pour V < 50 m<sup>3</sup> : T<sub>0</sub> = 0,5 seconde.
- Pour V > 50 m<sup>3</sup> : T<sub>0</sub> = t<sub>0</sub> .V/ V<sub>0</sub> (avec t<sub>0</sub> = 1 seconde et V<sub>0</sub> = 100 m<sup>3</sup>).

La surface de la paroi séparative et le volume du local de réception ont une influence sur l'isolement entre locaux. Par exemple si la surface commune à deux locaux est divisée par deux, l'isolement est amélioré de 2 à 3 dB(A).



16 - Influence de la disposition des pièces sur l'isolement.

De même, le fait d'augmenter le volume du local de réception améliore l'isolement, par contre augmenter le volume du local d'émission ne modifie pas l'isolement (dans ce cas l'isolement sera différent suivant le sens de la mesure).



17 - Influence de la taille des pièces sur l'isolement.

Ainsi, quand on étudie l'isolement acoustique entre deux pièces, on doit distinguer l'isolement horizontal et l'isolement vertical et on ne peut se contenter de l'étude d'une cellule type.

Une attention particulière doit être portée aux locaux de faible profondeur et aux locaux situés en angle (les surfaces de façade et de pignon s'additionnant).

### I Transmission au travers des parois simples

#### Loi de masse :

Les parois simples sont constituées d'un seul matériau (béton, carreau de plâtre, bloc béton, brique). Leur indice d'affaiblissement  $R$  n'est, en première approximation, fonction que de leur masse surfacique (en  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) et de la fréquence.

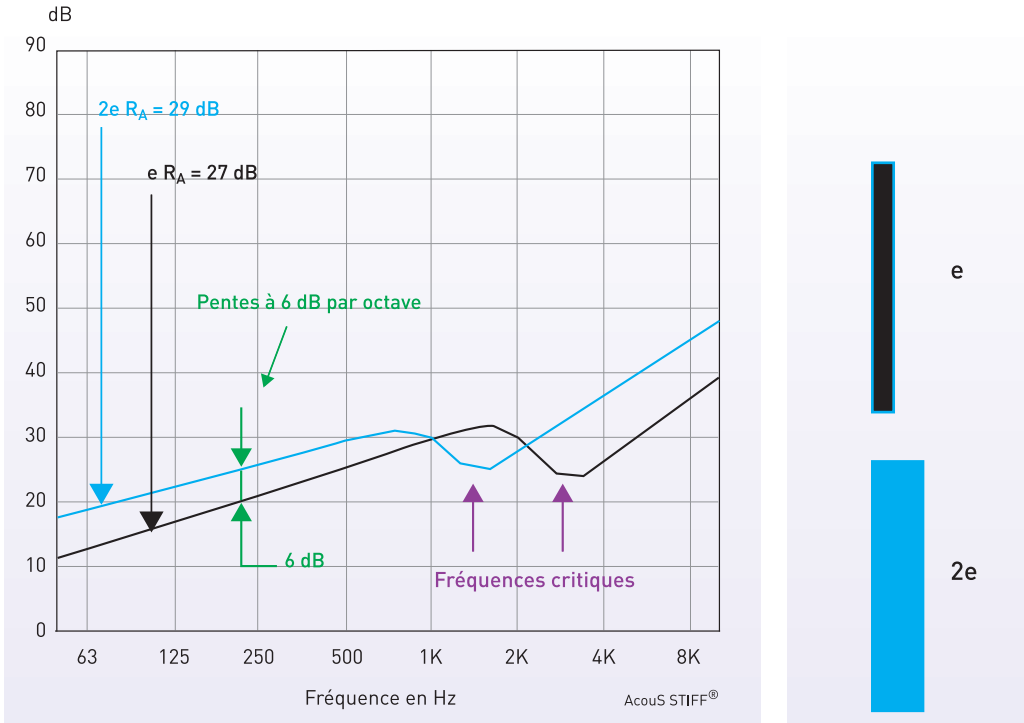
On observe une croissance régulière de l'indice  $R$  avec la fréquence, à raison de 6 dB par octave\*. La loi masse théorique montre que  $R$  augmente de 6 dB(A) à chaque fois que l'on double la masse surfacique de la paroi.

#### Fréquence critique :

En fait, l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi simple dépend aussi de sa rigidité à la flexion. Celle-ci introduit une chute d'isolement à une fréquence, dite critique.

Plus la paroi est rigide, plus la fréquence critique est basse. Plus elle est souple, et plus la fréquence critique est élevée.

\* Une octave en acoustique (ou électronique) désigne un doublement de fréquence.



18 - Principe de la fréquence critique.

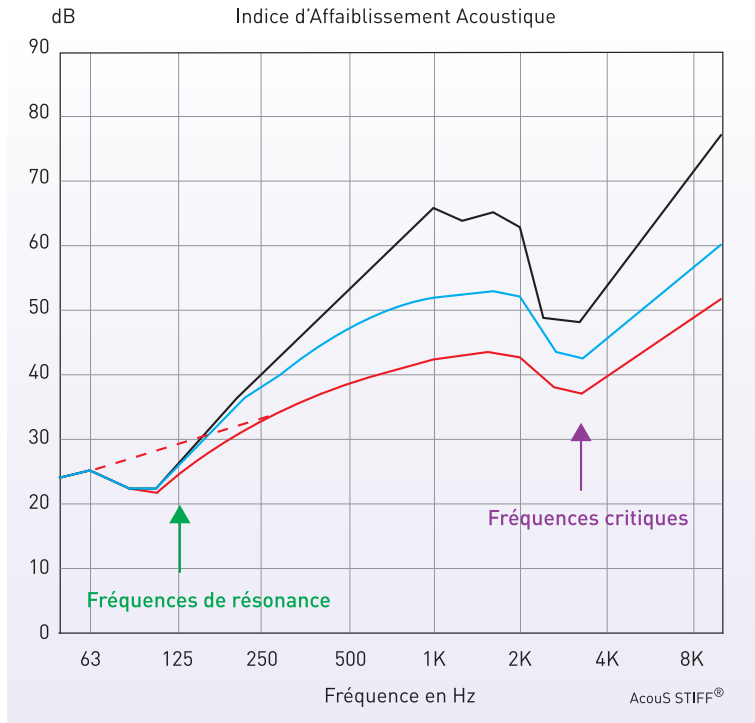
### Transmission au travers des parois doubles

Les parois doubles sont constituées de deux parois simples séparées par une lame d'air. Cette lame d'air peut être comblée avec un matériau. L'indice d'affaiblissement acoustique  $R$  de ces parois est fonction des caractéristiques suivantes :

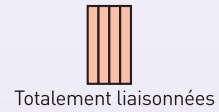
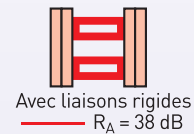
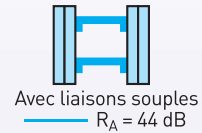
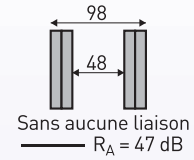
- La masse de chaque parement.
- L'épaisseur de la lame d'air.
- L'épaisseur et la nature du matériau dans la lame d'air.
- La fréquence critique de chaque parement.
- Le type de liaisons (ponctuelles, linéiques, surfaciques), leur nombre et leur nature (rigides, souples...).

Pour une paroi double, l'indice d'affaiblissement acoustique  $R$  atteint son minimum aux environs d'une fréquence appelée fréquence de résonance ( $f_0$ ) et croît rapidement au-delà de cette fréquence, à condition que les liaisons soient faibles. Il sera donc conseillé de :

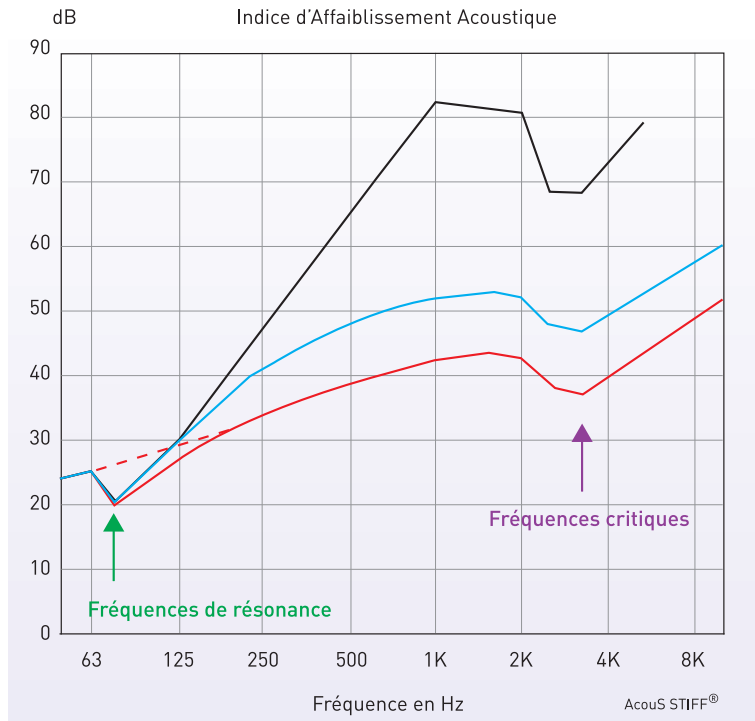
- Maintenir  $f_0$  dans les fréquences les plus basses, c'est-à-dire en dehors de la gamme de fréquence usuelles.
- Limiter les liaisons entre parements.



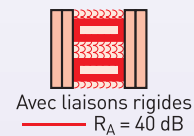
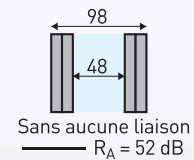
**Cloison en plaques de plâtre (4 plaques BA13) avec lame d'air sans laine minérale**



19 - Principe de la paroi double sans laine de verre.

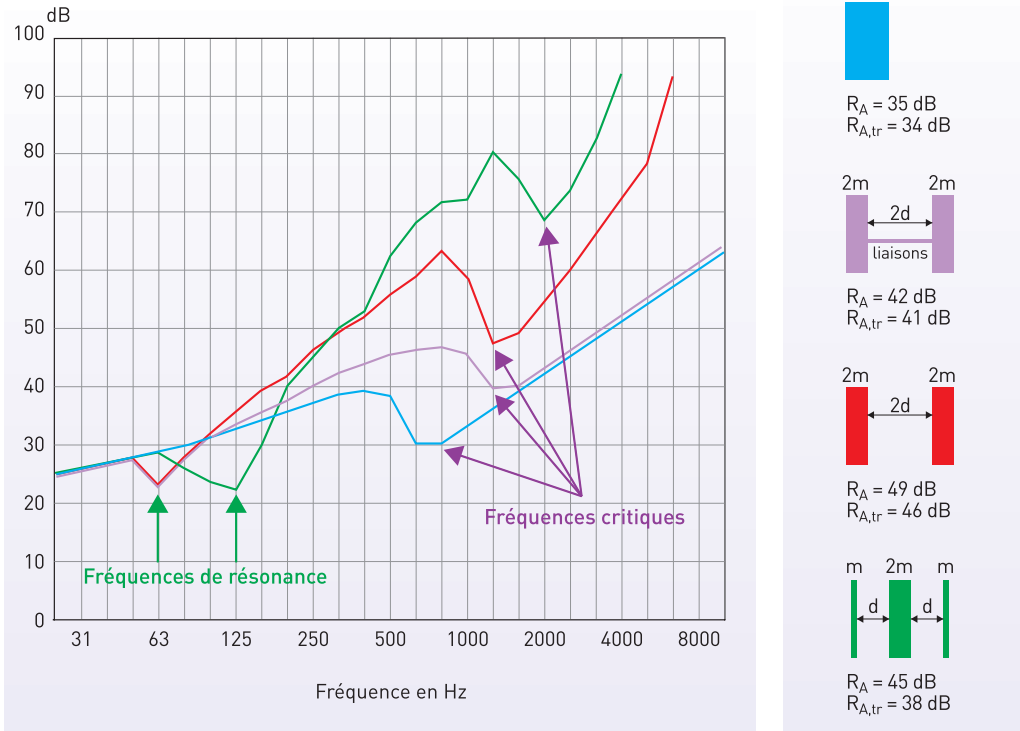


**Cloison en plaques de plâtre (4 plaques BA13) avec lame d'air et laine minérale**



20 - Principe de la paroi double avec laine de verre.

Transmission au travers des parois triples



21 - Principe des parois multiples : comparaison à masse égale et épaisseur égale entre parois doubles et parois triples.

**A noter :**

- A épaisseur et masse égales, une paroi triple est toujours moins performante qu'une paroi double optimisée.
- Si le matériau remplissant la lame d'air d'une paroi multiple est trop rigide, la fréquence de résonance est mal placée et la paroi double (ou triple) est moins performante qu'une paroi simple de même masse.

## 4. Le bâtiment exposé aux bruits

Les différentes parties du bâtiment exposé aux bruits sont les suivantes.

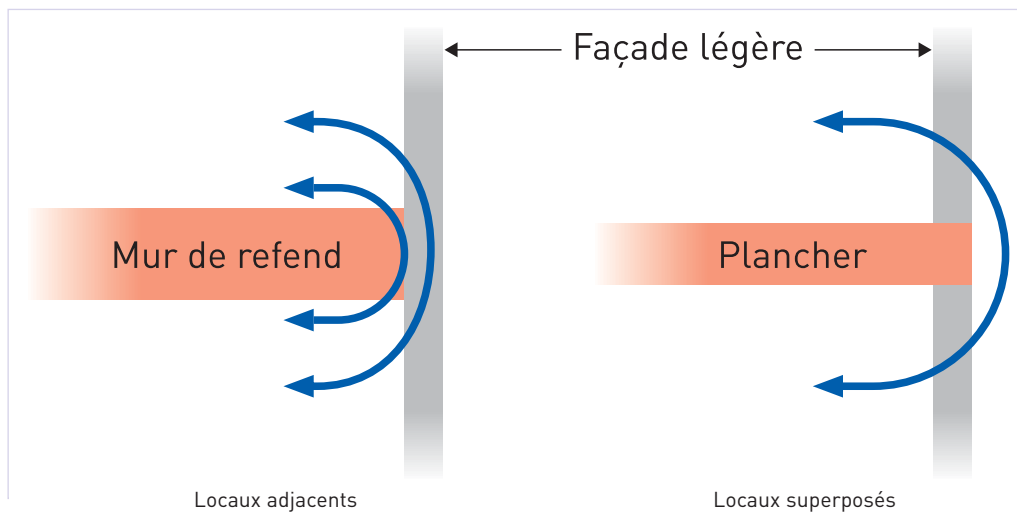
### Les façades

---

Les façades sont composées de parois opaques (murs, allèges...), de parties vitrées et d'entrées d'air. La qualité acoustique d'une façade est définie par son **indice d'affaiblissement**, dépendant des différents indices d'affaiblissement ou d'isolement des surfaces qui la composent.

**Parois opaques :** suivant la loi de masse vue précédemment, plus la paroi est lourde plus elle s'oppose à la transmission du bruit. En règle générale la **masse** des parois opaques donne un indice d'affaiblissement plus important que celui des fenêtres. L'isolement acoustique d'une façade est principalement lié au rapport surface opaque / surface vitrée, à la qualité du vitrage, aux entrées d'air et dans certains cas aux coffres de volets roulants.

Attention aux façades dites « légères » qui sont susceptibles de favoriser les transmissions des bruits intérieurs par contournement entre deux locaux adjacents ou superposés. De plus, la transmission latérale d'un local à l'autre est favorisée avec certaines cloisons ou contre-cloisons quand elles sont en maçonnerie légère, ainsi qu'avec certains doublages thermiques quand la lame d'air intermédiaire est trop étroite, et/ou quand elle contient un matériau trop rigide.



22 -Transmission du bruit par la façade.

**Parois vitrées :** quand la surface vitrée est doublée, les pertes d'isolement sont estimées à 3 dB(A). À masse surfacique égale, un vitrage feuilleté a très souvent un affaiblissement acoustique supérieur à un double vitrage composé de vitrages identiques avec lame d'air, mais il est moins isolant du point de vue thermique. Des performances importantes sont obtenues avec des vitrages doubles, comportant des verres feuilletés acoustiques.

Les performances acoustiques d'une fenêtre sont également liées à la nature du matériau constituant la menuiserie. Quels que soient l' huisserie et le vitrage, la performance finale dépend de la parfaite étanchéité de la fenêtre.

**Entrées d'air :** elles sont caractérisées par leur indice d'isolement acoustique  $D_{ne}$  en dB(A). Pour des indices élevés on s'orientera vers des dispositifs spéciaux placés dans l'épaisseur de la maçonnerie.

**Exemple d'abaque** représentant l'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs, résultant de la combinaison de :

- 3 indices d'affaiblissement de la partie opaque de la façade (dans le cas présent du béton), à savoir : 45, 50 et 55 dB.
- 3 indices d'affaiblissement de la partie vitrée, à savoir : 30, 35 et 40 dB.

Les hypothèses retenues pour le calcul sont une pièce de :

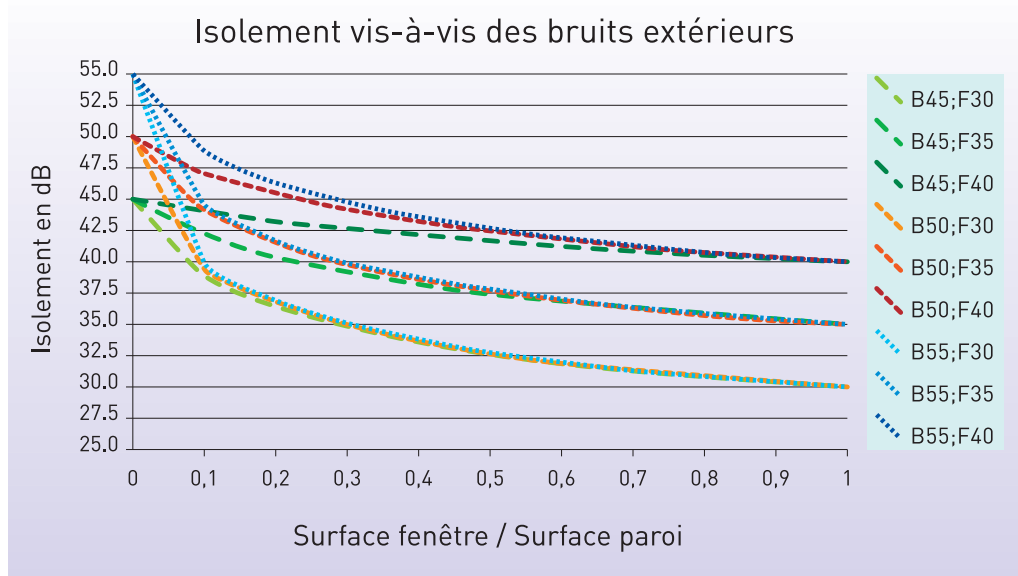
- 3 mètres de profondeur (perpendiculairement à la façade).
- 4 mètres de largeur (façade).
- 2,50 mètres de hauteur.

A titre indicatif, 30 dB représente un indice d'affaiblissement « normal » pour une fenêtre actuelle, alors que 40 dB représente une valeur très élevée, qui n'est obtenue qu'avec des vitrages doubles, feuilletés ou épais, une menuiserie performante et une pose irréprochable.

Pour une façade sans fenêtre, 45 dB représente l'isolement que l'on peut atteindre avec un voile béton de 14 cm d'épaisseur, doublé avec un PSE normal et des transmissions latérales conséquentes. 55 dB représente l'isolement de ce même voile béton doublé d'un PSE élastifié et des transmissions latérales normales à faibles.



Affaiblissement de la paroi (dB)											
S béton	S fenêtre	S fenêtre/S paroi	B45;F30	B45;F35	B45;F40	B50;F30	B50;F35	B50;F40	B55;F30	B55;F35	B55;F40
10	0	0	44.8	44.8	44.8	49.8	49.8	49.8	54.8	54.8	54.8
9	1	0.1	38.7	42.0	44.0	39.4	43.7	47.0	39.7	44.4	48.7
8	2	0.2	36.3	40.4	43.3	36.6	41.3	45.4	36.8	41.6	46.3
7	3	0.3	34.7	39.1	42.7	35.0	39.7	44.1	35.0	40.0	44.7
6	4	0.4	33.6	38.2	42.1	33.7	38.6	43.2	33.8	38.7	43.6
5	5	0.5	32.7	37.4	41.6	32.8	37.7	42.4	32.8	37.8	42.7
4	6	0.6	32.0	36.8	41.2	32.0	37.0	41.8	32.0	37.0	42.0
3	7	0.7	31.3	36.2	40.8	31.4	36.3	41.2	31.4	36.4	41.3
2	8	0.8	30.8	35.7	40.5	30.8	35.8	40.7	30.8	35.8	40.8
1	9	0.9	30.3	35.2	40.1	30.3	35.3	40.2	30.3	35.3	40.3
0	10	1	29.8	34.8	39.8	29.8	34.8	39.8	29.8	34.8	39.8



23 - Isolement vis-à-vis des bruits extérieurs.

**On observe que le béton est suffisamment performant pour que le résultat soit déterminé :**

- **Exclusivement par la fenêtre, si la surface vitrée dépasse la moitié de la surface totale de la façade.**
- **En grande partie par la fenêtre, si la surface de la partie vitrée est comprise entre 1/5 et la moitié de la surface totale de la façade.**

**Les toitures :** elles sont parfois les éléments les plus légers de l'enveloppe et, dans ce cas, elles peuvent être les éléments prépondérants de l'exposition aux bruits aériens extérieurs. La masse des toitures terrasse les rend généralement très isolantes aux bruits aériens et peu sensibles aux bruits d'impacts dus à la pluie ou à la grêle, contrairement à certains matériaux légers qui se révèlent bruyants sous l'effet de la pluie (bac métallique, par exemple).

**Les planchers :** ils doivent limiter la transmission des bruits aériens et des bruits de chocs. Pour les bruits aériens, la problématique est identique à celle des murs. Pour les bruits de chocs, l'utilisation de certains revêtements de sol ainsi que la technique de dalle flottante en limitent la transmission.

**Les revêtements de sol :** les revêtements de sol se classent en deux groupes : les revêtements souples (plastiques et textiles) et les revêtements durs (carrelages et parquets). L'interposition d'une sous-couche résiliente ou d'une dalle flottante améliorera l'efficacité d'isolation acoustique aux bruits de chocs entre locaux. La dalle flottante présente l'avantage de permettre une excellente performance aux bruits d'impacts, indépendamment de tout revêtement de sol : l'utilisateur gagne en liberté de choix.

**Bon à savoir :**

***En l'absence de dalle flottante, de nombreux contentieux apparaissent avec le voisinage quand un occupant décide de changer son ancien revêtement de sol.***

**Les équipements techniques :** On entend par équipements techniques, les ascenseurs, les installations sanitaires, les installations de chauffage et de climatisation, de ventilation, les installations motorisées, etc. Le bruit de ces équipements techniques peut être transmis à l'intérieur du bâtiment lui-même mais également au voisinage.

Pour limiter le niveau de transmission à l'intérieur du bâtiment, la désolidarisation des équipements par rapport à la structure du bâtiment sera le plus souvent nécessaire. La mise en place d'un capot insonorisant sera parfois nécessaire sur certains équipements. De préférence, il vaut mieux accrocher les canalisations sur les parois lourdes. Les gaines techniques devront être isolées et les gaines et canalisations devront notamment être désolidarisées de la structure en traversée de plancher et de cloisons.

D'une manière générale, la désolidarisation est plus facile et plus efficace quand l'équipement (ou la canalisation) est fixé, par l'intermédiaire de supports anti-vibratiles, à des parois lourdes.