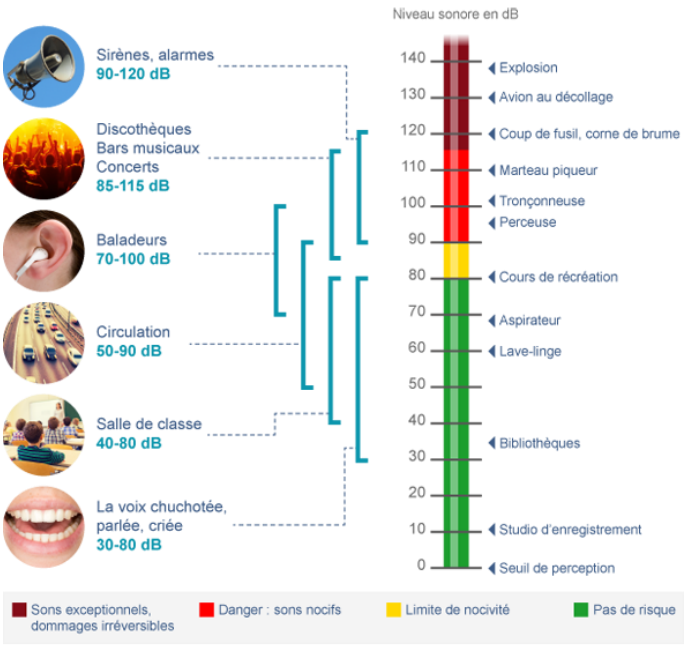
Cours : Confort acoustique

I. Contexte et problématique

La notion de confort acoustique est essentielle : 54% des résidents en ville se plaignent du bruit ce qui peut entrainer une gêne, des troubles, des problèmes de santé (stress, trouble du sommeil, etc…).

C'est pourquoi, une réglementation impose un certain nombre de règles pour traiter l'acoustique du bâtiment : NRA : Nouvelle Réglementation Acoustique (année : 2000).

On peut donc se poser la question suivante : quels sont les paramètres influant sur le confort acoustique dans un bâtiment et comment assurer un confort acoustique respectant la réglementation ?



II. Définition : son

Un son est une vibration de molécules provoquant une compression ou dépression de l'air : onde sonore.

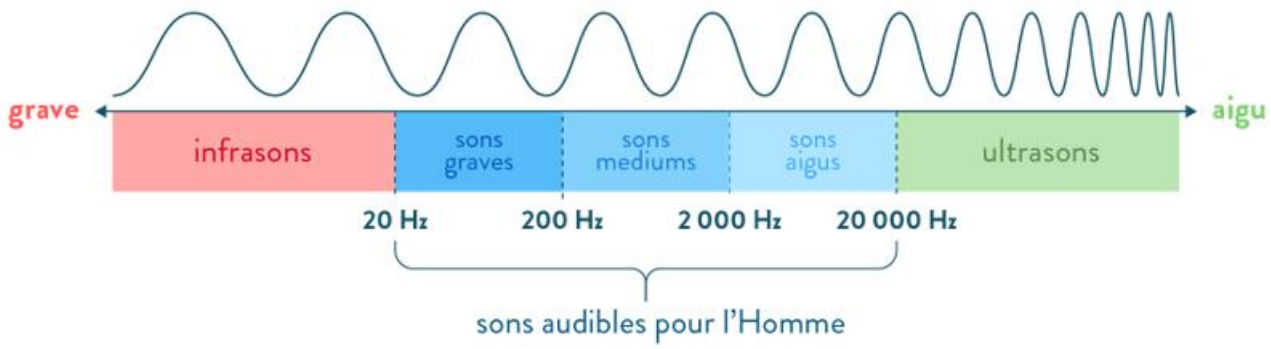
Un son est caractérisé par sa fréquence et son niveau sonore.

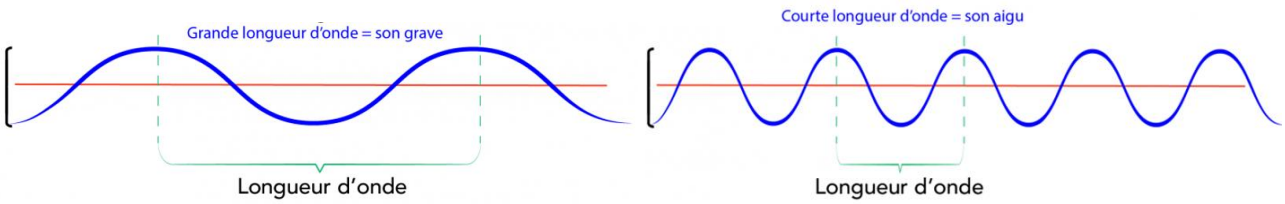
Un bruit est un ensemble de sons.

III. Fréquence d'un son

La fréquence d'un son s'exprime en Hertz (Hz). C'est le nombre de vibrations de l'air en une seconde.

En moyenne, la fréquence audible par l'Homme est comprise entre 20 Hz et 20000 Hz. La fréquence permet de différencier un son grave d'un son aigu. Un son de fréquence inférieure à 20 Hz est un infrason et un son de fréquence supérieure à 20000 Hz est un ultrason.





IV. Niveau sonore d'un son (niveau de pression acoustique)

1) L'intensité d'un son

L'unité utilisée pour le niveau de pression acoustique Lp est le Pascal (Pa). Mais pour exprimer le niveau sonore d'un son, nous utilisons couramment le décibel (dB). Lp définit l'intensité d'un son par rapport à un niveau de référence.

Pour passer de pascal en décibel, nous utiliserons la formule suivante :

$$L_p = 10\log(\frac{p}{p_0})^2$$

Avec $p_0 = 2 \times 10^{-5} Pa$

Ordre de grandeur de la pression acoustique 1 pascal (1 Pa = 1/100000 de la pression atmosphérique)	
Pression en Pa	Niveau sonore en dB
20	120
2	100
0,2	80
0,02	60
0,002	40
0,0002	20
0,00002	0

2) Ajout de plusieurs sons ou bruits : niveau de pression globale

Le niveau de pression global Lp en décibel (dB) s'exprime de la manière suivante :

$$L_p = 10\log\sum 10^{\frac{Lpi}{10}}$$

Avec :

- Lp = niveau de pression acoustique
- Lpi = niveau de pression acoustique de chaque son

Exemple 1 : Deux perceuses fonctionnent en même temps, chacune a un niveau sonore de 95 dB. Calculer le niveau de pression global Lp en décibel pour ces deux perceuses.

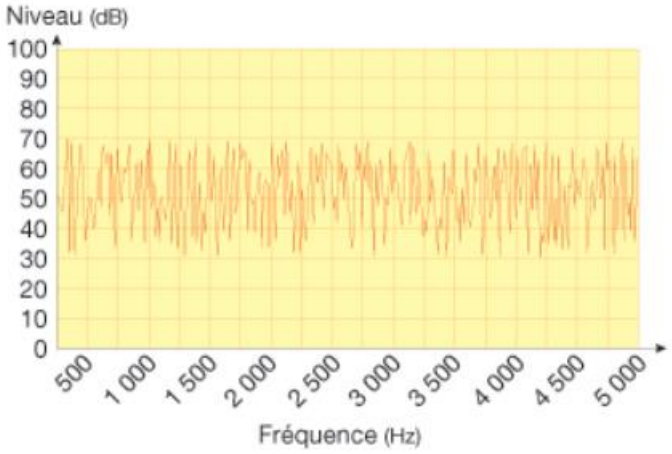
$$L_p = 10\log\left(10^{\frac{95}{10}} + 10^{\frac{95}{10}}\right) \approx 98\ dB$$

Exemple 2 :

Vous pouvez vérifier ce résultat par calculs

3) Le spectre d'un bruit

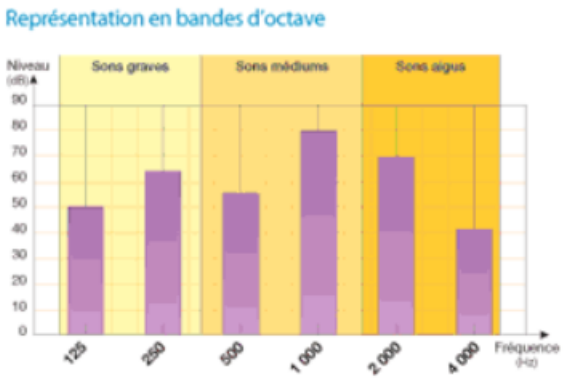
Le spectre est la représentation des niveaux sonores en fonction de la fréquence. Le bruit est la superposition de sons de niveaux et de fréquences différents.

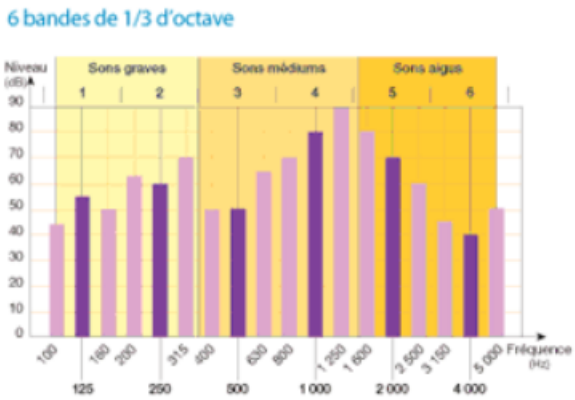


Pour caractériser un bruit (plutôt aigu ou grave) et pour pouvoir le traiter en confort acoustique, on le décompose par octave ou tiers d'octave.

La réglementation des bâtiments prend en compte les fréquences de 100 à 5000 Hz, regroupées en 6 bandes d'octaves centrées sur 125, 250, 500, 1000, 2000 et 4000 Hz. Chaque bande d'octave se divise en trois tiers d'octave.

Regroupement des fréquences autour d'une fréquence centrale :





Pour calculer le niveau de pression global Lp :

$$L_p = 10 \log \sum 10^{\frac{Lpi}{10}}$$

Avec :

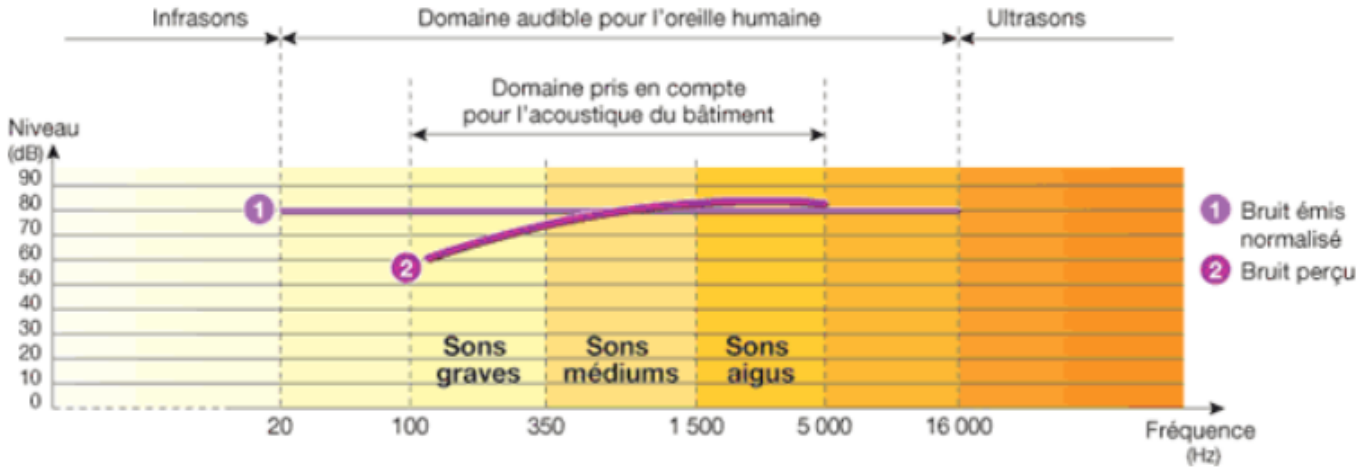
- Lp = niveau de pression acoustique global
- Lpi = niveau de pression acoustique de chaque octave (de 125 Hz à 4000 Hz)

$$L_p = 10 \log \left(10^{\frac{Lp125}{10}} + 10^{\frac{Lp250}{10}} + 10^{\frac{Lp500}{10}} + 10^{\frac{Lp1000}{10}} + 10^{\frac{Lp2000}{10}} + 10^{\frac{Lp4000}{10}} \right)$$

V. Perception de l'oreille humaine (sensibilité)

D'une manière générale, les études ont montré que la sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence varie d'une personne à l'autre et dépend notamment de l'âge. L'oreille est beaucoup moins sensible aux basses fréquences, comprises entre 20 et 400 Hz, qu'aux fréquences moyennes et aiguës, qui correspondent à celles de la parole.

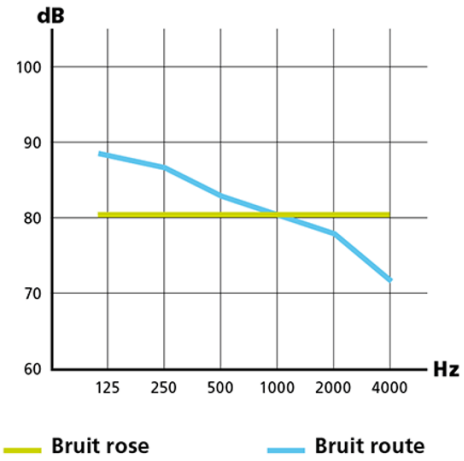
Généralement, un son de fréquence à 20 Hz s'entend à partir d'un niveau de 70 dB, alors qu'un son à 16000 Hz s'entend à partir de 13 dB environ. C'est pourquoi la réglementation fait parfois référence au dB(A) : unité qui tient compte de la sensibilité de l'oreille humaine (pondération des dB en dB(A)). On introduit donc dans les appareils de mesure un filtre correcteur de pondération A, dont la sensibilité varie avec la fréquence. Le dB(A) permet d'apprécier effectivement la sensation de bruit ressentie et peut servir d'indicateur de gêne. La plus petite variation susceptible d'être perçue par l'oreille est de l'ordre de 2 à 3 dB (A).



VI. Classification des bruits

1) Bruits extérieurs au bâtiment

Ils sont aériens et dus aux trafics routier, ferroviaire, au voisinage extérieur, etc… Il faudra donc chercher à limiter au maximum la transmission de ces bruits à l'intérieur des bâtiments. Pour simuler ce bruit lors d'essai, on utilise un bruit normalisé : le bruit route.



2) Bruits intérieurs au bâtiment

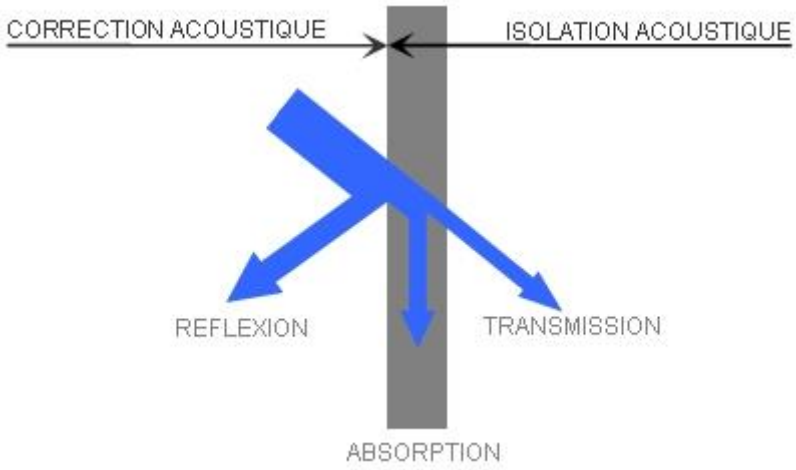
Bruit aérien intérieur : ils sont aériens et dus aux conversations, cris, musiques, etc… Il faudra donc chercher à limiter au maximum la transmission de ces bruits d'une pièce à une autre. Pour simuler ce bruit, on utilise un bruit normalisé : le bruit rose.

Bruit de choc ou d'impact : ils sont solidiens (vibrations) et dus aux chocs sur un mur ou plancher (talon, portes, etc…).

Bruit d'équipement : ils sont dus aux équipements (machine à laver, ventilation, appareil de chauffage, etc…). Un appareil ou un équipement doit donc être choisi aussi en fonction de ses performances acoustiques.

VII. L'acoustique du bâtiment

Lorsqu'un bruit est émis vers une paroi, une partie de l'énergie traverse la paroi vers le local de réception, une partie est absorbée par cette paroi et une partie est réfléchie dans le local source.



- L'isolation acoustique
  Domaine utilisé lorsque l'on cherche à limiter la transmission d'un bruit d'un espace à un autre.

- La correction acoustique
  Domaine utilisé lorsque l'on cherche à traiter la réverbération d'un local.

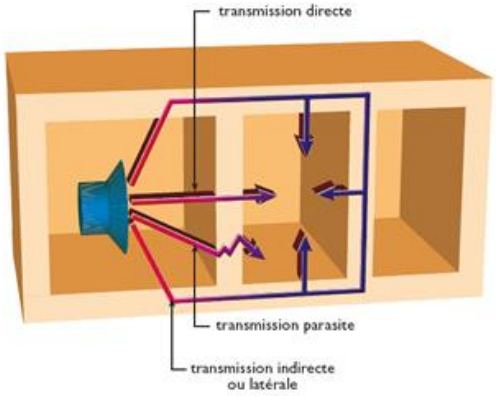
VIII. L'isolation acoustique

1) Différents modes de transmission d'un bruit entre deux espaces

❖ Transmission directe au travers d'un mur séparatif : il faut donc traiter la paroi séparative (matériau constituant).

❖ Transmission latérale : il faut donc traiter les parois annexes et leurs liaisons.

❖ Transmission parasite : défaut de construction ou point singulier (fissure, boitier électrique), il faut donc traiter ces points singuliers.



2) Objectifs de l'isolation acoustique

L'isolation acoustique concerne la propagation des bruits d'un local à un autre : on cherche à limiter au maximum la transmission du bruit dans l'espace voisin au travers des parois séparatives.

La performance acoustique recherchée pour un local par rapport aux locaux voisins s'appelle l'isolement. Il dépend :

- Des propriétés acoustiques des matériaux utilisés,
- Des techniques de mise en œuvre.

3) Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi

L'indice d'affaiblissement caractérise la résistance de la paroi au passage des bruits aériens :

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

- C est un terme correctif lié aux bruits aériens intérieurs : $R_A = R_W + C_{tr}$
- C_{tr} est un terme correctif aux bruits aériens extérieurs (bruits routiers) : $R_{A.tr} = R_W + C_{tr}$

Elle désigne la performance d'une paroi mesurée en laboratoire (normalisé). Elle apparaît sur les documentations constructeur (cloison placoplâtre, …).

4) Isolement d'une paroi

L'isolement caractérise la résistance de la paroi au passage des bruits aériens :

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

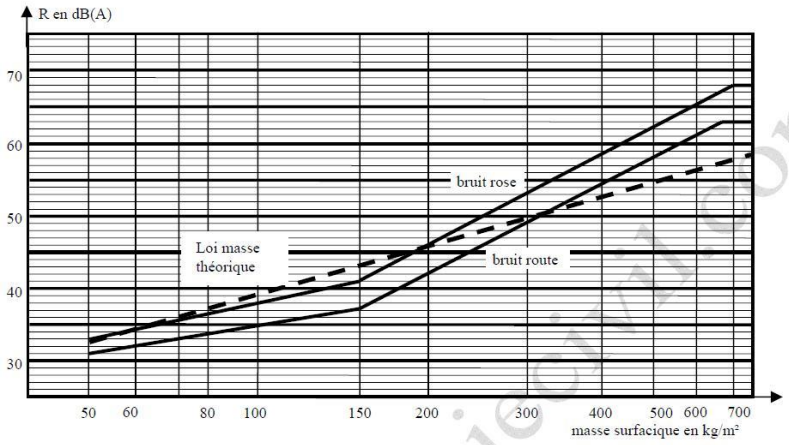
- C est un terme correctif lié aux bruits aériens intérieurs : $D_{nT,A} = D_{nT,w} + C$
- C_{tr} est un terme correctif aux bruits aériens extérieurs (bruits routiers) : $D_{nT,A.tr} = D_{nT,w} + C_{tr}$

Elle désigne la performance d'une paroi mesurée sur site. Elle permet de vérifier les caractéristiques après réalisation.

5) Traiter l'isolation acoustique

➢ Loi de masse : Au plus la paroi est lourde, au plus elle s'oppose au passage du bruit aérien.

Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi « lourde » :



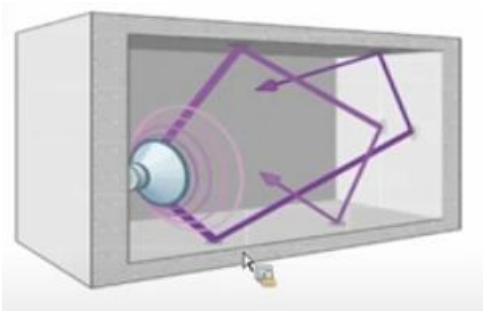
Exemple :

On souhaite rendre inaudibles les conversations (R > 58 dB(A)) entre deux locaux adjacents à l'aide d'un mur de béton banché (ρ=2500 kg/m3). Déterminer l'épaisseur minimale de ce mur. Déterminer l'indice d'affaiblissement d'une paroi de la même épaisseur en carreaux de plâtre, (ρ du plâtre = 1200 kg/m3).

- Béton : Rrose = 58 dBA, ms = 400kg/m² soit une épaisseur de 16cm.
- Plâtre : 1200 × 0.16 = 192 kg/m², soit Rrose = 46 dBa.

➢ Loi de masse-ressort-masse : On intercale un matériau à structure ouverte qui sert de ressort (amortisseur) entre les deux parois (masses) qui vibrent. Par exemple, on utilise de la laine minérale dans la cloison, doublage collé.

IX. La correction acoustique



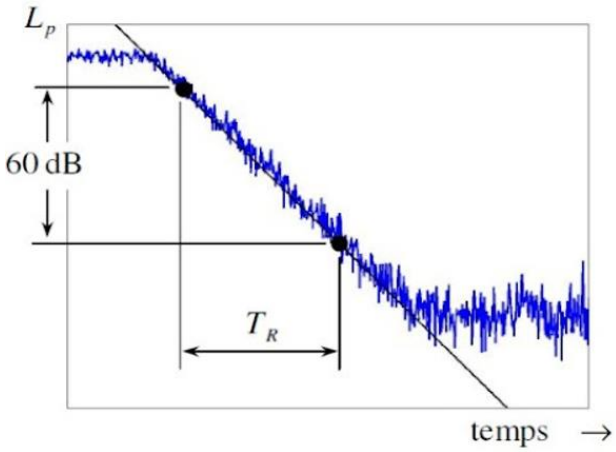
Elle cherche à assurer le meilleur confort acoustique d'un local vis-à-vis des bruits émis à l'intérieur de ce même local : maitriser la réverbération.

Elle consiste en la pose de matériaux absorbants ou à adapter la conception architecturale du local ce qui permet :

- ❖ De diminuer le niveau sonore du champ réverbéré,
- ❖ D'améliorer les qualités d'écoute (contrôle de la durée de réverbération).

1) Le temps de réverbération Tr

Le temps de réverbération, notée Tr, permet de caractériser l'acoustique intérieure d'un local. Elle correspond au temps mis pour que le niveau de pression, à une fréquence donnée après arrêt de la source, diminue de 60dB. Cette mesure est normalisée.



Pour une fréquence donnée : $T_r = \frac{0,16 \times V}{A}$

Avec :

- Tr la durée de réverbération en s,
- V le volume du local en m^3,
- S la surface des revêtements en m^2,
- A l'aire d'absorption de l'ensemble des parois en m^2,
  $A = \sum(\alpha . S)$ à la fréquence donnée
  $\alpha(f)$ le coefficient d'absorption des revêtements de surface

Un temps de réverbération compris entre 0,5 et 1 seconde convient pour la majorité des applications. Entre 1 et 2 secondes, le local est réverbérant. Au-dessus de 3 secondes, le local est très réverbérant et souvent inconfortable.

Matériau	Coefficient d'absorption pondéré	
Béton coulé non peint	0	*Pas de qualité d'absorption (presqu'aucun son n'est absorbé)*
Enduit/plâtre peint	0.03	
Enduit	0.05	
Fenêtres	0.05	
Bois verni ou laqué	0.05	
Parquet	0.05	
Carrelage	0.10	
Linoleum	0.10	
Porte en bois	0.10	
Tapis plain sur béton	0.25	*Absorbant, mais peu*
Liège	0.30	
Tapis plain sur feutre	0.40	*Moyennement absorbant*
Rideaux lourds à pli	0.50	
Rideaux acoustiques	0.50 – 0.60	
Habillage mural bardage bois + *20 mm laine de roche + plenum 5 mm*	0.35 – 0.80	
Habillage plafond bardage bois + *20 mm laine de roche + plenum 250 mm*	0.50 – 0.90	*Peu à assez absorbant**
Tissus d'absorption acoustique décoratifs	0.35 - 0.80	
Faux-plafond perforé	0.35 – 0.75	
Panneaux perforés	0.70 – 0.80	*Assez absorbant*
Laine minérale	0.85 – 0.95	*Très absorbant (85 à 95% du son absorbé)*

** en fonction du nombre de perforation, de la hauteur du plénum et de l'épaisseur de la laine minérale/végétale*

X. Dimensionnement acoustique

1) Isolement entre deux locaux

$$D_{nT,A} = [R_w + C] + 10.\log\left(\frac{0{,}32.V}{S}\right) - 5$$

Avec :

- $[R_w + C]$ l'indice d'affaiblissement acoustique « rose » de la paroi séparative en dB,
  Pour les murs lourds doublés une correction prend en compte les cas de transmission latérale.
- V le volume du local de réception en m^3,
- S la surface de paroi séparative commune aux deux locaux en m^2.

Pour choisir un isolant, calculer V et S, déterminer la limite de $D_{nT,A}$ puis déterminer $R_w + C$, puis choisir la paroi.

2) Correction acoustique d'un local

Calculer le temps de réverbération du local (dans un tableau) :

- Calculer pour chaque fréquence, l'aire d'absorption équivalente A puis le temps de réverbération,
- Le comparer au temps de réverbération imposé,
- Adapter si nécessaire les matériaux apparents sur les différentes surfaces de manière à respecter le temps de réverbération imposé.

Rappel : $T_r = \frac{0{,}16 \times V}{A}$

Avec $A = \sum(\alpha . S)$ à la fréquence donnée

Désignation des surfaces	Matériau en surface	Surface S_i (m^2)	125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
			α_i	$\alpha_i.S_i$	α_i	$\alpha_i.S_i$	α_i	$\alpha_i.S_i$	α_i	$\alpha_i.S_i$	α_i	$\alpha_i.S_i$	α_i	$\alpha_i.S_i$
$A = \sum \alpha i . Si$														
Tr														