



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE



UET2, Matière : Physique du bâtiment

Enseignante : A. HARAT

e-mail : aharat@gmail.com

Cours 3 :

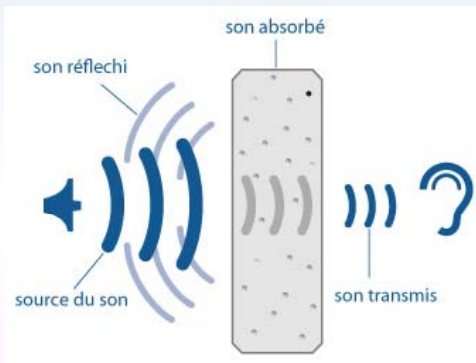
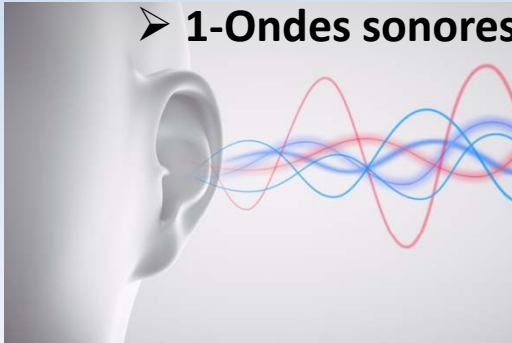
Acoustique

الصوتيات

Année universitaire 2019 / 2020

III- Acoustique

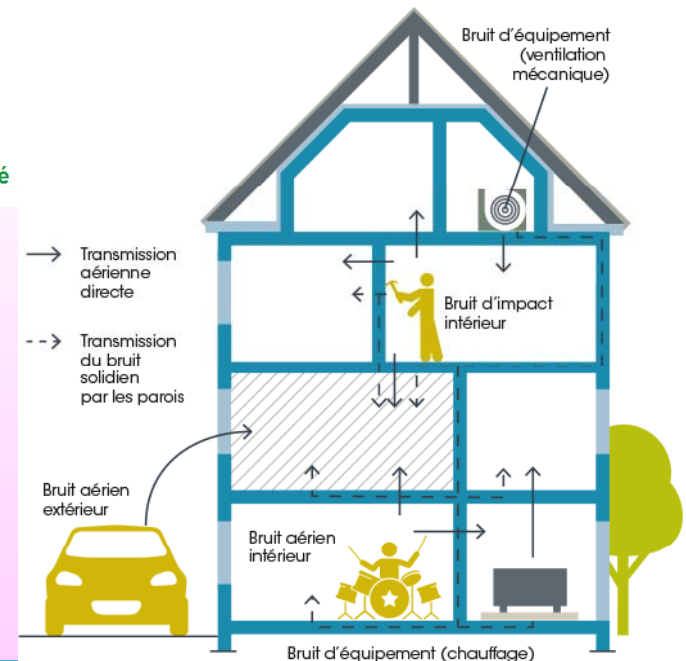
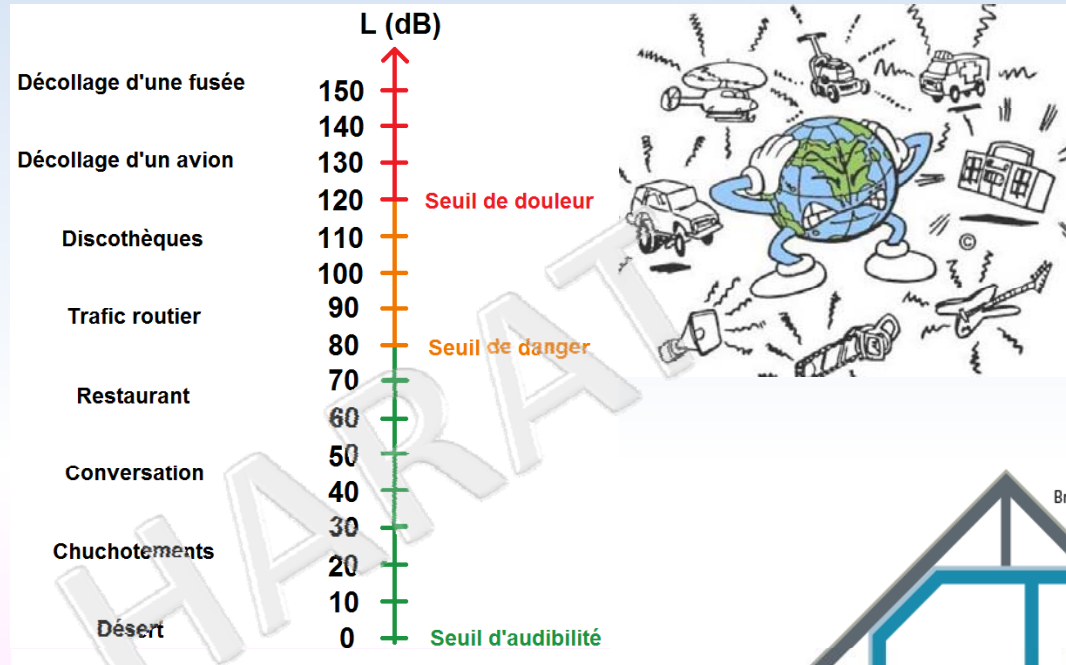
➤ 1-Ondes sonores



➤ 3- Transmission , réflexion et absorption des ondes sonores

➤ 4- Notions d'acoustique des bâtiments

➤ 2-Pression acoustique, niveau physique du son

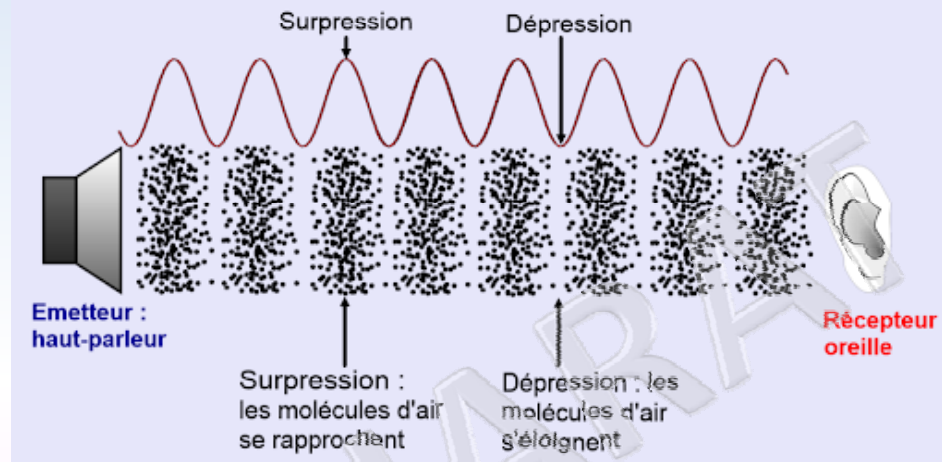


III- Acoustique

III-1 – Ondes Sonores, caractéristiques physiques

Acoustique → Etudes des phénomènes sonores

Le son → une onde qui se propage sur les particules de l'air pour arriver à l'oreille



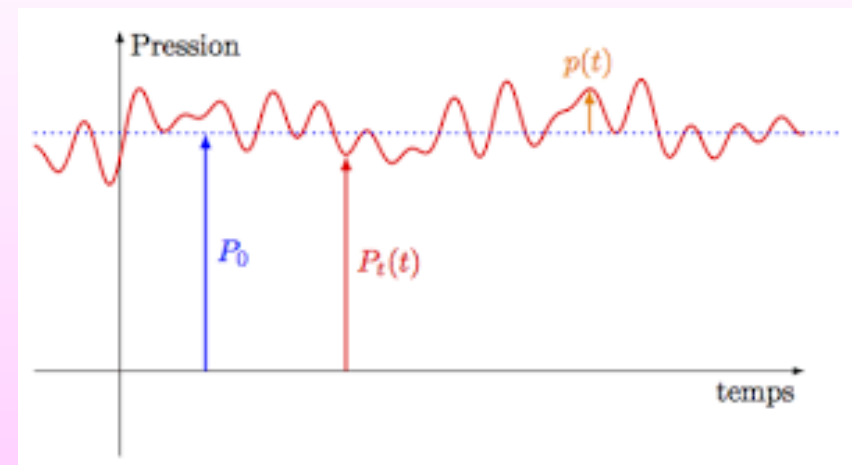
Onde de compression et de dépression, par rapport à la pression atmosphérique :
La pression totale en un point donné :

$$P(t) = P_{\text{atm}} + p(t)$$

$P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$: pression atmosphérique

$p(t)$: pression acoustique : partie fluctuante de la pression totale par rapport à P_{atm}

⇒ $p(t)$ varie entre $2 \cdot 10^{-5}$ et 20 Pa



III- Acoustique

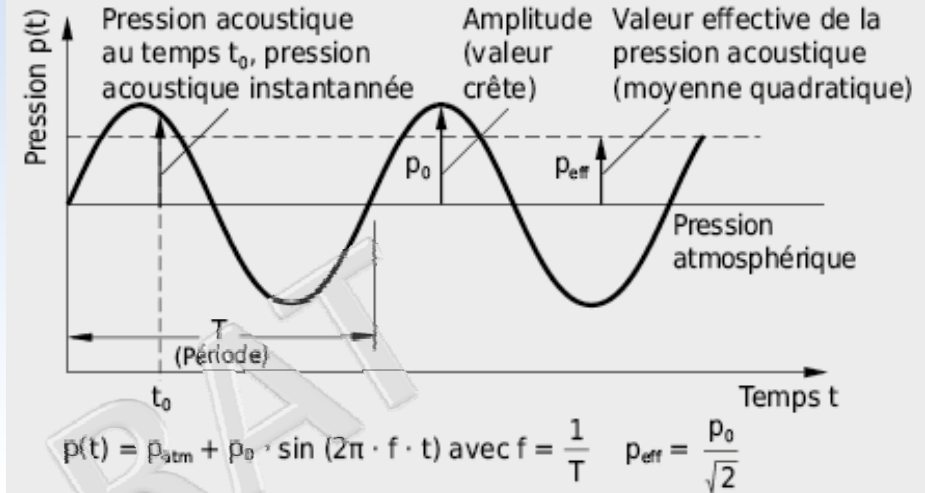
Lorsque la vibration est sinusoïdale le son est simple ou pur et la pression s'écrit :

$$p(t) = p_m \sin(\omega.t)$$

p_m : pression maximale

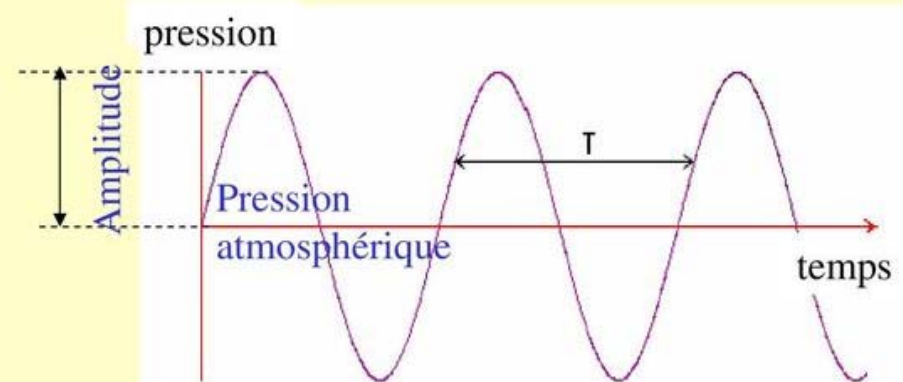
ω : pulsation ou vitesse angulaire = $2\pi f$

➡ Le son ➡ Propagation d'une surpression acoustique



Une onde ou l'onde sonore est caractérisée par :

- sa période spatiale λ : longueur d'onde
- sa période temporelle : T
- son amplitude A
- sa vitesse de propagation dans le milieu de propagation



III- Acoustique

On définit à partir de ces caractéristiques de l'onde, sa fréquence telle que :

$$f = \frac{1}{T}$$

Fréquence en hertz (hz) Période temporelle en (s)

avec : $\lambda = c_s \times T$

Longueur d'onde du son en (m)

Vitesse ou célérité du son dans son milieu de propagation en (m/s)

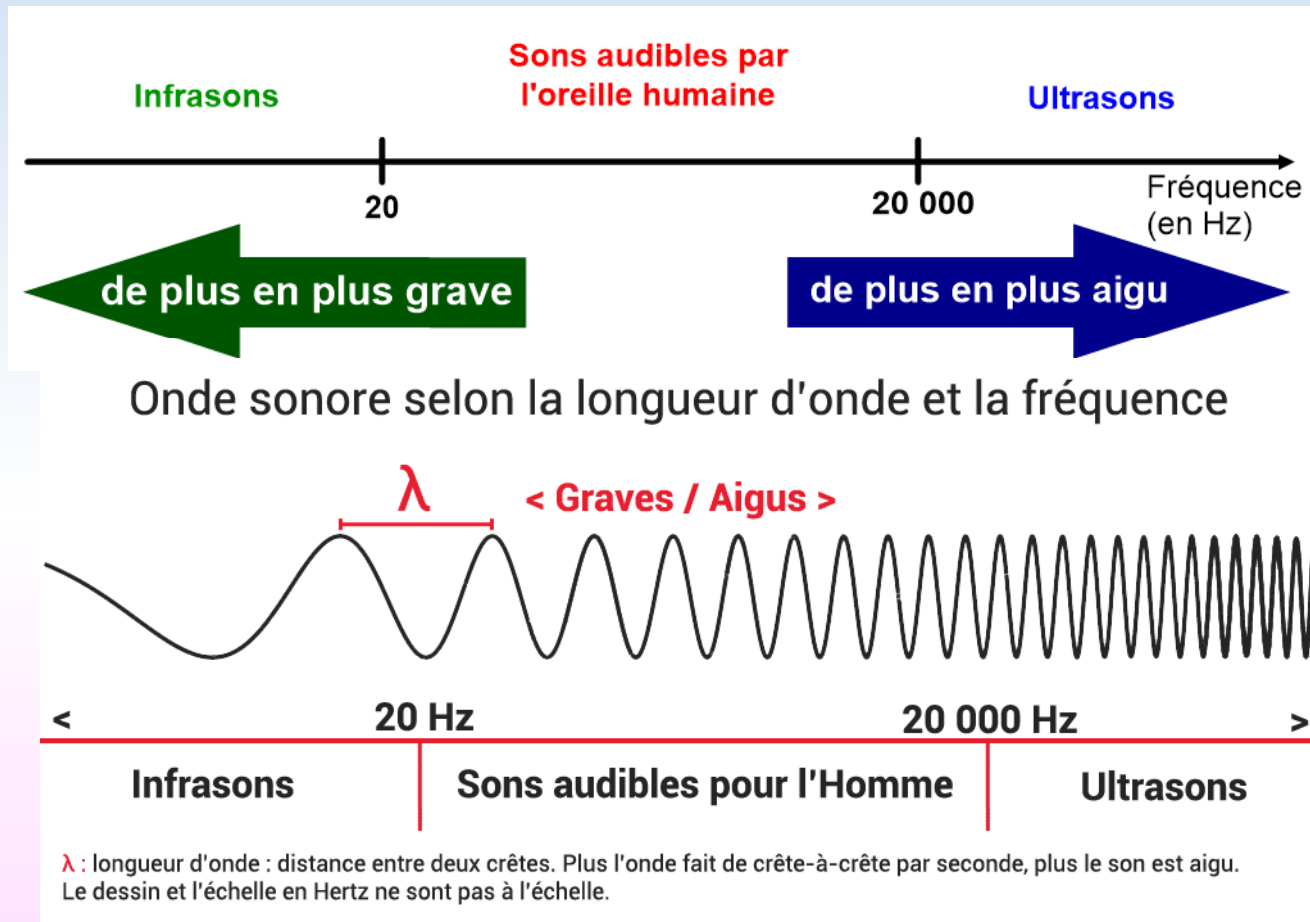
$$c_s (\text{air}) = 340 \text{ m/s} ; c_s (\text{eau}) = 1428 \text{ m/s}$$

Le son peut avoir une seule fréquence comme il peut être composé de plusieurs fréquences



Sons audibles par l'oreille humaine ont une fréquence comprise entre 20 hz et 20 000 hz

III- Acoustique



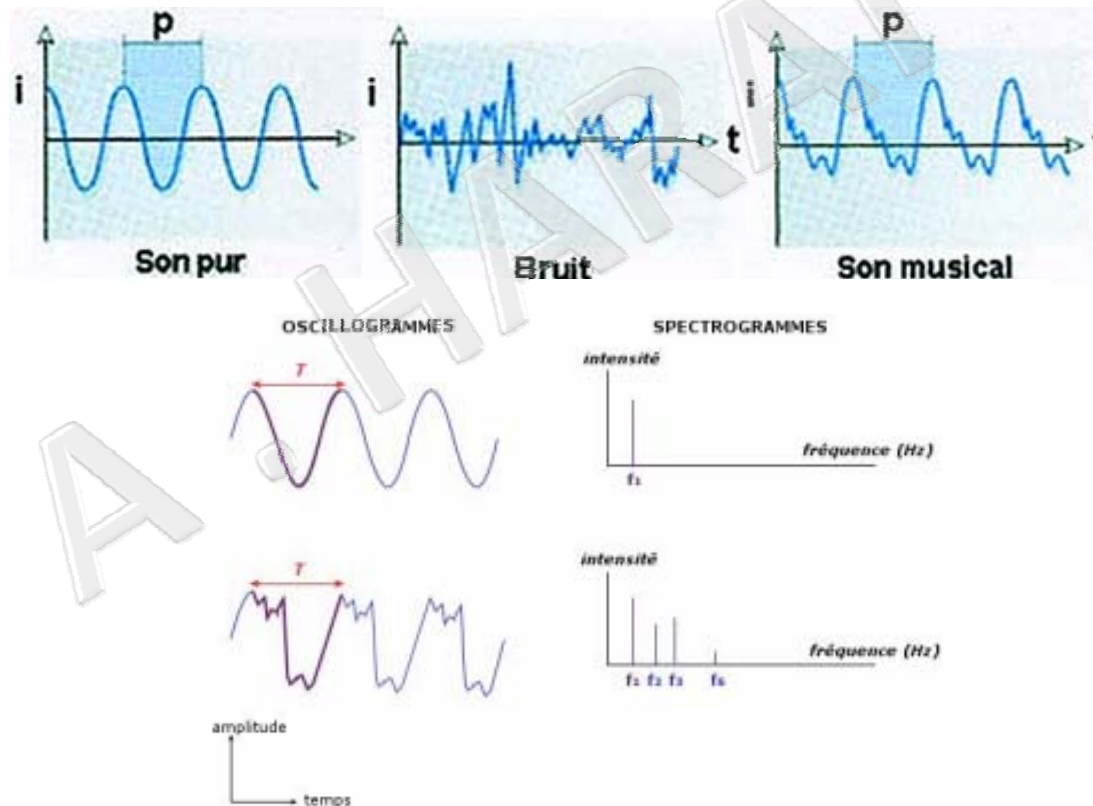
Basses fréquences $\Rightarrow$ sons graves
Hautes fréquences $\Rightarrow$ sons aigus
Moyennes fréquences $\Rightarrow$ sons médiums

III- Acoustique

Son pur $\Rightarrow$ une fréquence

Son complexe $\Rightarrow$ addition de plusieurs fréquences avec une fréquence prépondérante (fondamentale)

Bruit $\Rightarrow$ superposition de sons purs avec des fréquences multiples



III- Acoustique

2- Pression acoustique, niveau physique du son

Puissance, intensité, pression et niveau sonore

Puissance Acoustique

La **puissance W** transportée par l'onde sonore est la quantité d'énergie par unité de temps transportée à travers une surface donnée :

$$W = \frac{Q}{t} = 2\pi^2 f^2 A^2 \cdot S \cdot \rho \cdot c_s \rightarrow \text{en watt (W)}$$

f : fréquence de l'onde sonore

A : Amplitude de l'onde sonore

S: la surface traversée

ρ : masse volumique du milieu

c_s : vitesse du son dans le milieu

III- Acoustique

Intensité Acoustique

L'intensité du son **I** est la puissance par unité de surface ou l'énergie par unité de temps et de surface, donc :

$$I = \frac{W}{S} = \frac{Q}{S \cdot t} = 2\pi^2 f^2 A^2 \cdot \rho \cdot c_s \quad \rightarrow \text{en (W/m}^2\text{)}$$

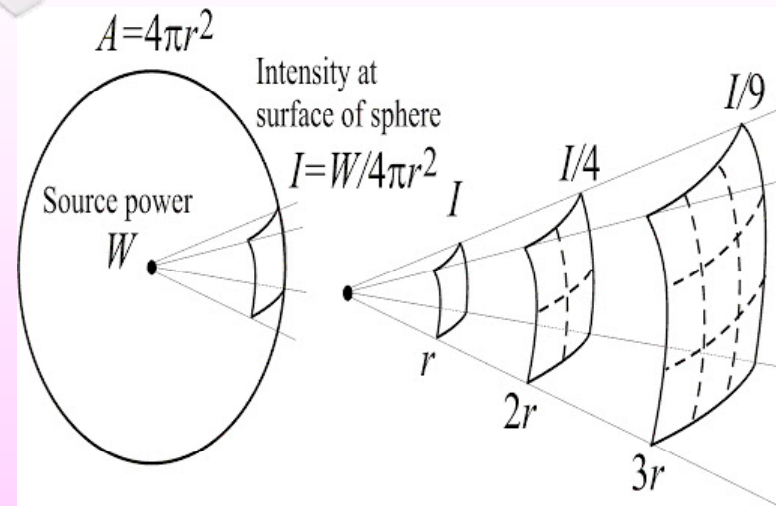
Le seuil d'audibilité de l'oreille humaine (valeur de référence) est donné par la valeur :

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Plus on s'éloigne de la source sonore, plus l'intensité du son diminue :

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4\pi r^2}$$

r : distance entre la source et le récepteur



III- Acoustique

Pression Acoustique

La pression acoustique **p** ou **surpression** est reliée à l'intensité acoustique par la relation :

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c_s}$$

Intensité acoustique (W/m²) →

← Pression acoustique en (Pa²)

← Impédance acoustique du milieu :

Dans l'air : $\rho \cdot c_s \approx 400 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

ρ : masse volumique du milieu en (Kg/m³)
 c_s : célérité du son dans le milieu en (m/s)

$$p = \sqrt{I \cdot \rho \cdot c_s}$$

Comme l'oreille humaine n'est sensible qu'à des pressions variant de **2. 10⁻⁵ et 20 Pa**

Il est impossible d'utiliser une échelle linéaire pour noter les variation sensibles du son

→ on introduit la notion du niveau sonore en décibels et en échelle logarithmique

III- Acoustique

Niveau de pression acoustique

On définit le niveau sonore L à partir de la surpression (pression acoustique P) à partir de la relation :

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}$$

p : la surpression par rapport à la pression atmosphérique / ou pression acoustique

p_0 : la surpression de référence = **$2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ (minimum audible)** correspondant à un son de fréquence 1 kHz

L_p : niveau sonore en décibels

On peut ainsi en déduire la relation de la pression en fonction du niveau sonore :

$$p = p_0 \cdot 10^{\frac{L_p}{20}}$$

Rappelons que la pression acoustique est liée à l'intensité acoustique par la relation :

$$p = \sqrt{I \cdot \rho \cdot c_s}$$

III- Acoustique

Exemples :

- pour une pression de $p = 2 \cdot 10^{-4}$ Pa (son dans une campagne tranquille)

On a :

$$L_p = 20 \log (2 \cdot 10^{-4} / 2 \cdot 10^{-5})$$

$$L_p = 20 \log 10 = 20 \text{ dB}$$

- pour une pression de $p = 2 \cdot 10^{-3}$ Pa (son dans une salle de séjour)

On a alors :

$$L_p = 20 \log (2 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-5})$$

$$L_p = 20 \log 10^2 = 2 \times 20 = 40 \text{ dB}$$

- pour une pression de $p = 2$ Pa (son d'un marteau piqueur, son très bruyant)

On a alors :

$$L_p = 20 \log (2 / 2 \cdot 10^{-5})$$

$$L_p = 20 \log 10^5 = 5 \times 20 = 100 \text{ dB}$$

La durée de ce son ne doit pas dépasser 4 heures !!

COMPARAISON DE LA PRESSION ACOUSTIQUE ET DU NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE

Pression acoustique (Pa)	Niveau de pression acoustique (dB)	
	20	120
	10	110
Orchestre de rock-n-roll	5	Marteau pneumatique (à 5 pi)
	2	100
Tondeuse à gazon motorisée (à l'oreille de l'utilisateur)	1	Machine de fabrication de textiles Rotative
	0,5	90
Fraiseuse (à 4 pi)	0,2	80
Broyeur d'ordures (à 3 pi)	0,1	70
Aspirateur	0,05	Automobile roulant à 50 mi/h (à 50 pi)
	0,02	60
Conditionneur d'air de fenêtre (à 25 pi)	0,01	50
	0,005	40
	0,002	30
	0,001	20
	0,0005	10
	0,0002	0
		Pièce silencieuse

III- Acoustique

Niveau d'intensité acoustique

On définit aussi à partir de l'intensité le niveau d'intensité sonore L_I en décibels tel que :

$$L_I = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \longrightarrow \text{Décibels (db)}$$

*I_0 : seuil d'audibilité de l'oreille humaine ($10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$)
 I : est l'intensité sonore de la vibration acoustique (W.m^{-2})
La notation « log » fait référence à la fonction logarithme décimal.
L'échelle de L est graduée de 0 à 140 dB environ*

On peut ainsi en déduire la relation de l'intensité en fonction du niveau sonore :

$$I = I_0 \cdot 10^{\frac{L_I}{10}}$$

III- Acoustique

Niveau de puissance acoustique

On définit aussi à partir de la puissance le niveau de puissance sonore L_w en décibels tel que :

$$L_w = 10 \cdot \log \left(\frac{W}{W_0} \right)$$



Décibels (db)

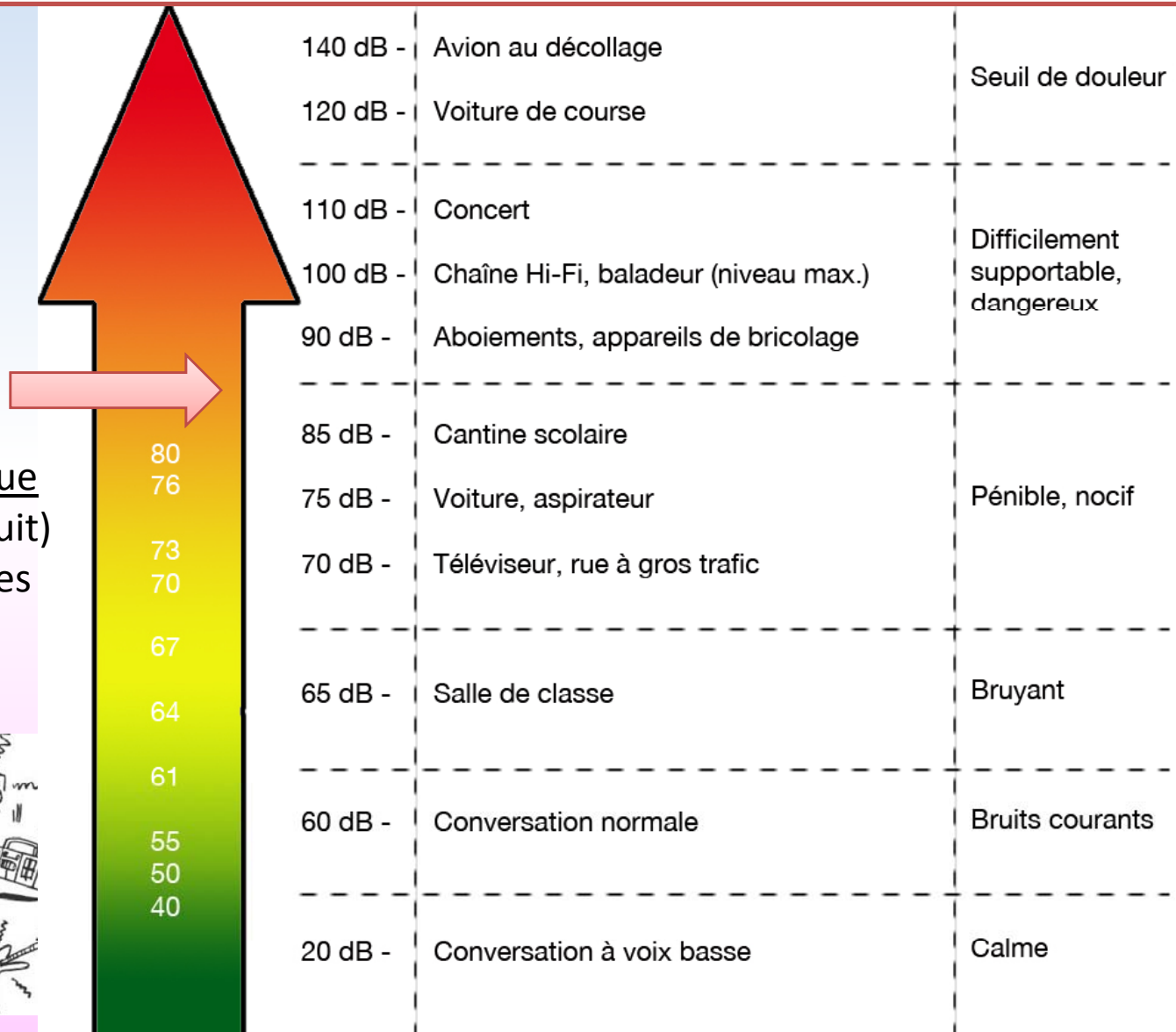
Avec $W_0 = 10^{-12} \text{ W}$: puissance acoustique de référence

Remarque : pour l'air : $L_l = L_p = L$

III- Acoustique

L'échelle du niveau sonore L est graduée de 0 à 140 décibels selon l'acuité sonore :

A partir de **80 dB**
nécessité d'une
protection acoustique
surtout si le son (bruit)
dure plusieurs heures



III- Acoustique

Addition de niveaux sonores

On n'additionne jamais des niveaux sonores en décibels !!

Exp : $L_{i1} = 70 \text{ dB}$ et $L_{i2} = 70 \text{ dB} \Rightarrow 70 + 70 \text{ dB}$

On additionne les puissances acoustiques et les intensités acoustiques :

$$p_{\text{tot}} = \sum p_i \quad \text{et} \quad I_{\text{tot}} = \sum I_i$$

Pour deux sons de niveaux identiques $L_{i1} = 70 \text{ dB}$ et $L_{i2} = 70 \text{ dB}$

On calcule d'abord : $I_1 = I_0 \cdot 10^{(L_i/10)} = I_0 \cdot 10^7 = I$

Même chose pour $I_2 = I_0 \cdot 10^{(L_i/10)} = I_0 \cdot 10^7 = I$

$$\begin{aligned} I_{\text{tot}} = 2.I = 2 I_0 \cdot 10^7 &\Rightarrow L = 10 \cdot \log (I_{\text{tot}} / I_0) = 10 \log (2 I_0 \cdot 10^7 / I_0) = 10 \log (2 \cdot 10^7) = \\ &= 10 \log 2 + 10 \log (10^7) \\ &= 3 + 70 = \mathbf{73 \text{ dB}} \end{aligned}$$

Donc deux sources identiques : de niveau 70 dB et 70 dB donne un son de niveau 73 dB !

$\left. \begin{array}{l} 70 \text{ dB} \\ 70 \text{ dB} \end{array} \right\} \Rightarrow \mathbf{73 \text{ dB}}$ On mesure le niveau sonore à l'aide d'un sonomètre

III- Acoustique

- **Si les bruits sont de niveaux très différents**

Si l'écart des niveaux de bruit est supérieur à 10 dB, le bruit le plus fort masque le plus faible. C'est l'effet « de masquage » lorsque qu'un son est rendu inaudible par un autre.

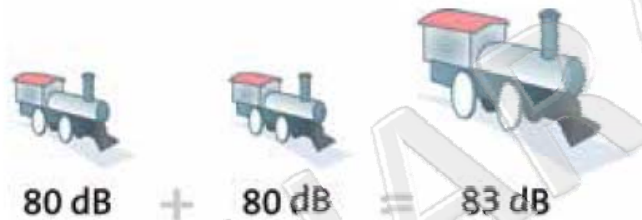
Exemple :

Deux bruits
de niveaux
très différents.

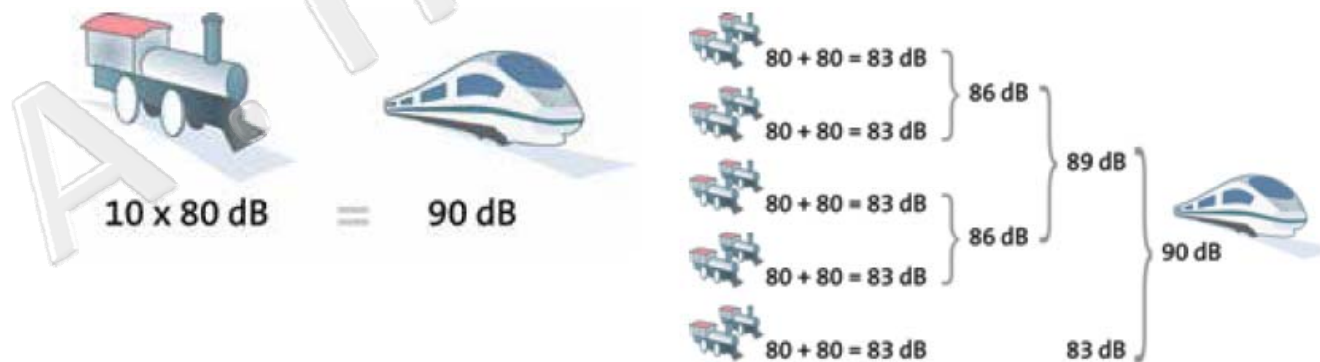


Exemples :

Deux sources avec
une différence
de niveau nulle :



10 sources avec
une différence
de niveau nulle :



III- Acoustique

De façon générale le niveau sonore résultant de plusieurs sources émettant simultanément est donné par la relation :

$$L_R = 10 \text{ Log } (\sum_i 10^{0,1.L_i})$$

Où L_i représente les niveaux sonores des différentes sources

Cette relation peut être démontrée à partir de la relation de l'intensité, en appliquant l'addition des intensités pour l'intensité résultante $\Rightarrow$ **exercice à faire**

III- Acoustique

Perception du son par l'oreille humaine et pondération acoustique

L'oreille humaine ne perçoit pas les sons de la même manière :

- La sensibilité de l'oreille est plus grande pour les hautes fréquences (sons aigus) et elle s'affaiblit pour les basses fréquences (sons graves).
- Le décibel traduit assez bien les impressions ressenties par l'oreille mais uniquement à 1000 Hz.
- La sensibilité varie en fonction du niveau sonore
- un son de 40 dB à 1000 Hz produit la même sensation qu'un son de 60 dB à 60 Hz
- Donc à la différence d'un sonomètre, l'oreille humaine n'a pas la même sensibilité pour toutes les fréquences. Afin d'obtenir un niveau sonore proche de celui perçu par l'oreille humaine, une pondération « physiologique » a été introduite en se basant sur les courbes isophoniques (courbe d'égale sensibilité), il s'agit de la pondération A.
- Le niveau sonore global pondéré, proche du niveau sonore perçu par l'oreille, porte le nom de décibel physiologique. La pondération "A" est la plus utilisée: dBA

Donc par exemple : si à une fréquence de **125 Hz** :

pour le **sonomètre** un son est de niveau L

Pour l'**oreille** ça sera **$L - 16 \text{ dB} \Rightarrow \text{dB(A)}$** (pondéré)

À 1000 Hz pas de pondération

III- Acoustique

Dans le bâtiment, on mesure le bruit sur des bandes d'octaves : de fréquences f , $2f$, $4f$

Sur les bandes d'octaves, la pondération A introduit les corrections suivantes :

1	Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
2	Niveau L en dB	80	80	80	80	80	80
3	Pondération (A) en dB	-16	-9	-3	0	+1	+1
4	Niveau L pondéré (A)	64	71	77	80	81	81

← dB(A)

Les sonomètres permettent :

soit une mesure globale du bruit : on obtient une seule valeur en dB(A), soit une mesure par octave: on obtient une valeur en dB pour chaque octave.



Sonomètre numérique

III- Acoustique

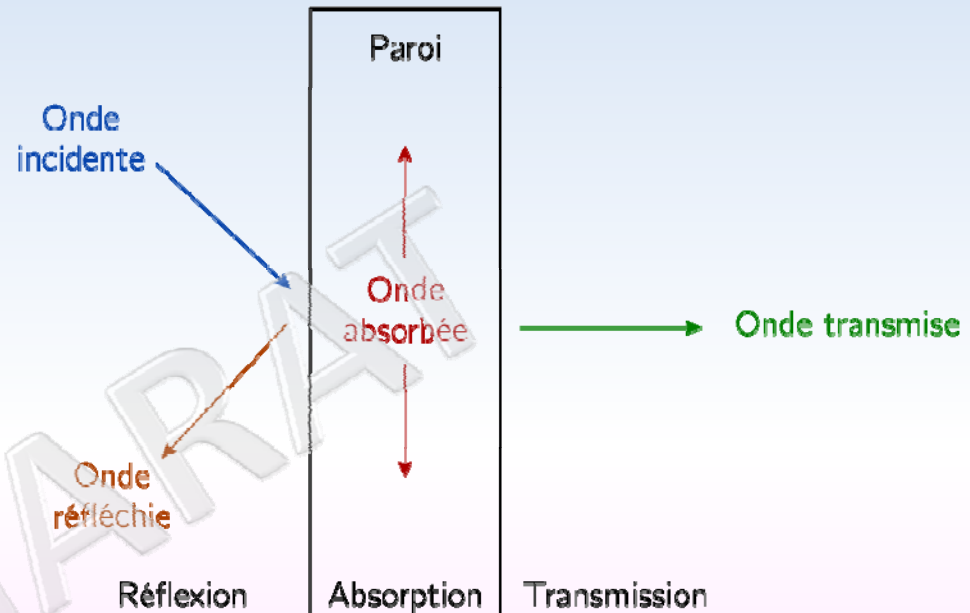
III- 3- Transmission, réflexion et absorption des ondes sonores

Le son émis par une source, va se propager dans l'espace et va se comporter de différentes façons face à une paroi :
Il va subir la :

- **Réflexion**
- **Absorption**
- **Transmission**

Les propriétés de la paroi par rapport à ces interactions sont caractérisés par les paramètres suivants :

- le coefficient de réflexion **r**
- le coefficient d'absorption **a**
- le coefficient de transmission **t**



La conservation de l'énergie impose la relation entre ces coefficients :

$$r + a + t = 1$$

III- Acoustique

Coefficient de réflexion

$$r = \frac{I_{\text{réfléchi}}}{I_{\text{incident}}}$$

r : Coefficient de réflexion (pas d'unité)
I_{incident} : Intensité acoustique incidente ($W.m^{-2}$)
I_{réfléchi} : Intensité acoustique réfléchi ($W.m^{-2}$)

Coefficient d'absorption

$$\alpha = a = \frac{I_{\text{absorbée}}}{I_{\text{incident}}}$$

a : Coefficient d'absorption (pas d'unité)
I_{incident} : Intensité acoustique incidente ($W.m^{-2}$)
I_{absorbée} : Intensité acoustique absorbée ($W.m^{-2}$)

Coefficient de transmission

$$t = \frac{I_{\text{transmis}}}{I_{\text{incident}}}$$

t : Coefficient de transmission (pas d'unité)
I_{incident} : Intensité acoustique incidente ($W.m^{-2}$)
I_{transmis} : Intensité acoustique transmise ($W.m^{-2}$)

Certains matériaux utilisés pour une meilleure absorption des sons ou une meilleure atténuation de la réflexion de ces ondes sonores sont appelés **matériaux absorbants sonores**, tout ceci pour assurer un confort acoustique à l'intérieur de différentes enceintes du bâtiment.

III- Acoustique

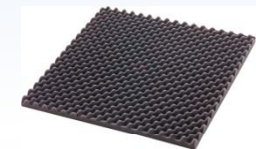
Les **matériaux absorbants** doivent :

- avoir un grand pouvoir d'absorption (coefficient **a** ou α proche de 1) comme par exemple la laine de verre
- être disponibles, pas chers, durables, de bel aspect
- être résistants à l'eau et au feu
- être efficace sur une large gamme de fréquences
- être de structure robuste

Ces matériaux sont généralement classés en catégories dont :

- les matériaux poreux absorbants
- les cavités résonantes
- les panneaux absorbants
- les composites absorbants

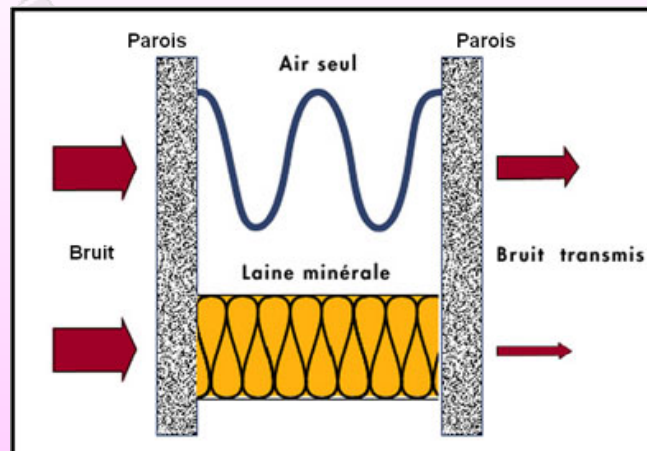
Panneaux de laine de coton



Mousse phonique poreuse



Mousse phonique



III- 4- Acoustique des bâtiments

4-1- Types de bruits

Le bruit est une notion relative qui dépend souvent de la perception individuelle d'un son particulier. Le bruit est constitué de sons indésirables, ceux qui provoquent une sensation auditive désagréable ou gênante.

Dans le domaine du bâtiment, Les bruits peuvent être distingués en 4 types :

- 1 – les bruits aériens intérieurs (chaînes hi-fi, télévision, conversation, etc.)
- 2 - les bruits aériens extérieurs (circulation automobile, trains, avions)
- 3 - les bruits d'impact (chocs, pas, chute d'objet, déplacement d'objets)
- 4 – les bruits d'équipements dans le logement récepteur (machine à laver, chauffe-eau,...) et hors du logement récepteur (ascenseurs, tuyauteries, ventilation...)

III- Acoustique

bruits aériens:

se propagent dans l'air.

Peuvent être émis :

1 à l'extérieur d'un immeuble
(circulation, trains, avions...)

2 dans un local (conversation,
télévision, chaîne hi-fi, ...).

bruits d'équipements:

émis par des appareils et installations
situés :

soit dans le logement récepteur
(machine à laver, chauffe-eau...)

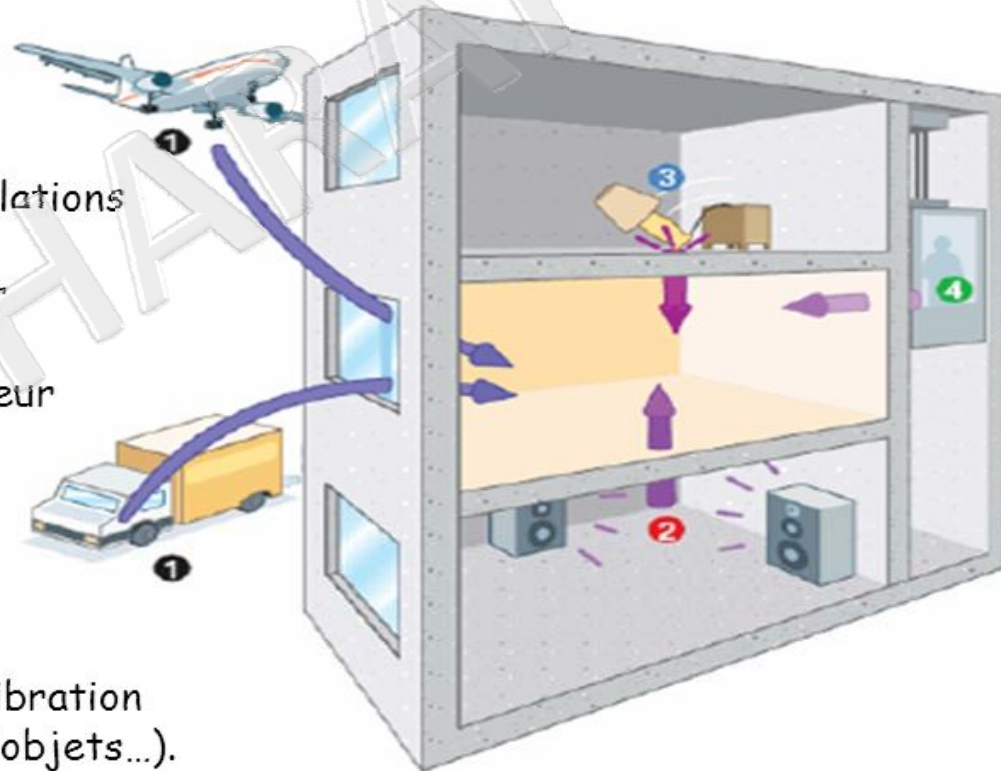
4 soit hors du logement récepteur
(ascenseurs, tuyauteries,
ventilation...).

bruits d'impacts :

3 émis par une paroi mise en vibration
(pas, chutes ou déplacements d'objets...).

Différents types de bruit

Les bruits d'équipements et d'impacts
peuvent s'appeler aussi bruits solidiens



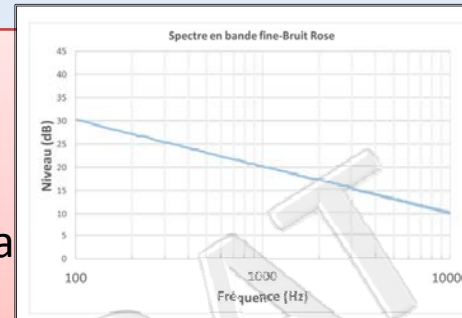
III- Acoustique

Bruits normalisés

On distingue aussi trois autres types de bruits qui servent de référence pour définir les caractéristiques acoustiques d'éléments de construction:

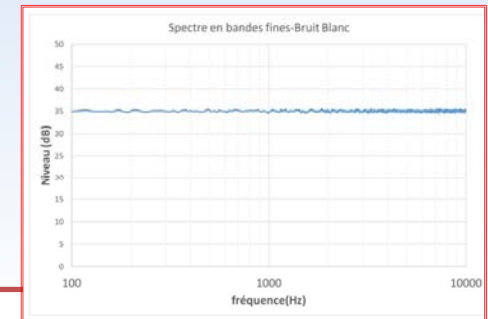
Bruit rose

Un bruit rose est un bruit normalisé qui possède la même énergie dans les bandes d'octave de 125 à 4000 Hz. Le bruit rose est la référence pour caractériser les qualités des structures d'une construction (cloisons intérieures) : murs, planchers, façades, menuiseries, toiture, etc. Pour les fréquences croissantes les niveaux sont décroissants à raison de 3 dB/octave.



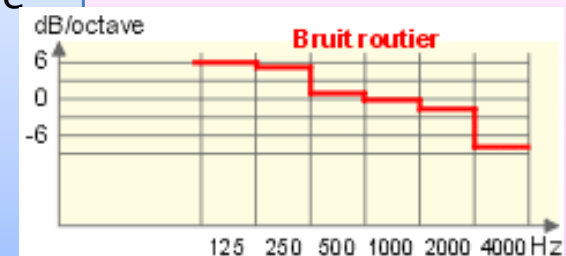
Bruit blanc

L'un des bruits-types, composé de toutes les fréquences au même niveau statistique. Il présente la même énergie pour toutes les fréquences.



Bruit route

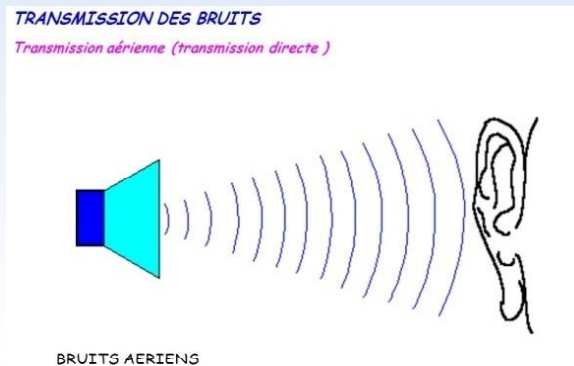
Un bruit route, ou bruit routier, est un bruit normalisé. Il est une référence pour le bruit des trafics routiers et ferroviaires (sert pour à caractériser essentiellement les parois extérieures). Son spectre est enrichi en basses fréquences et appauvri dans les aigües par rapport à un bruit rose.



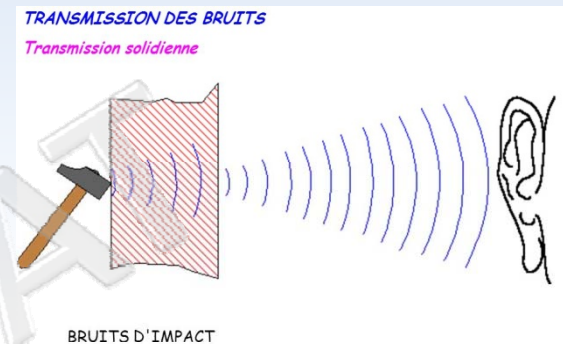
III- Acoustique

Mode de transmission des bruits

1- Transmission aérienne ou directe (bruits aériens)



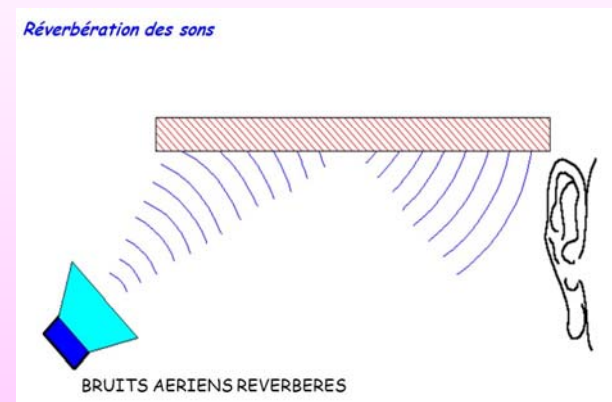
2- Transmission solidienne (les bruits d'impact)



3- Transmission aérienne et solidienne (bruits aériens)



4- Réverbération des sons (bruits aériens réverbères)



III- Acoustique

4-2- Isolation Acoustique

Indice d'affaiblissement acoustique **R** et coefficient de transmission **t** d'une paroi :

$$R = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}} = 10. \log (1/t)$$

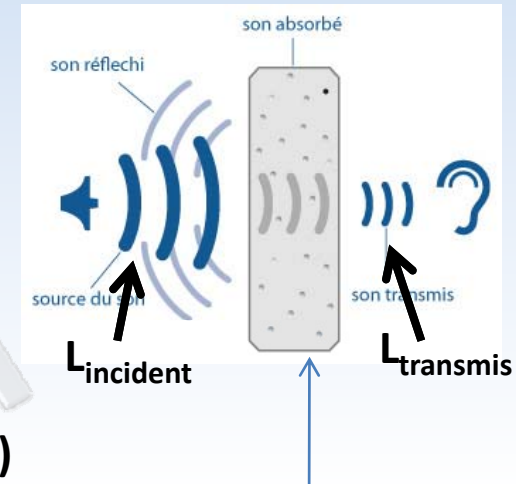
Où :

R : Atténuation ou affaiblissement phonique en dB ou dB(A)

L_{incident} : niveau acoustique incident en dB ou dB(A)

L_{transmis} : niveau acoustique transmis en dB ou dB(A)

t : coefficient de transmission (sans unité)



Donc : $R = 10. \log (1/t) = -10. \log(t) \Rightarrow t = 10^{(-R/10)}$

L'isolation phonique est donc optimale lorsque le coefficient de transmission **t** est petit ou lorsque le coefficient d'atténuation **R** de la parois est grand.

La mesure de ce taux ou coefficient se fait généralement en laboratoire, mais dans l'environnement réel il faut tenir compte de tous les obstacles du milieu donc on mesure généralement le **niveau d'isolement** noté **D** qui est inférieur à **R** ($D < R$)

III- Acoustique

Indice d'affaiblissement des parois simples , loi de masse expérimentale

Plus la paroi est dense plus R est grand , c'est la loi de masse expérimentale :

On définit alors la masse surfacique σ en Kg/m^2 pour un matériau donné, alors :

Pour le bruit rose :

$$\sigma < 150 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 17. \log(\sigma) + 4 \text{ dB}$$

$$150 < \sigma < 700 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 40. \log(\sigma) - 46 \text{ dB}$$

$$\sigma > 700 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 68 \text{ dB}$$

Pour le bruit routier :

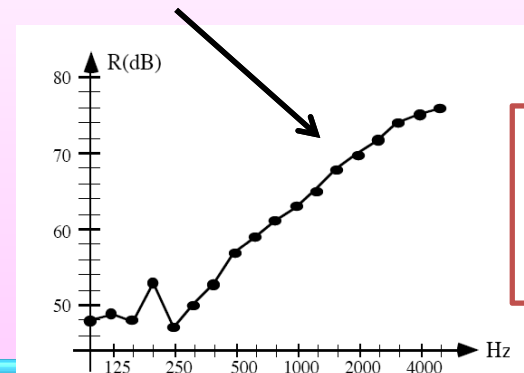
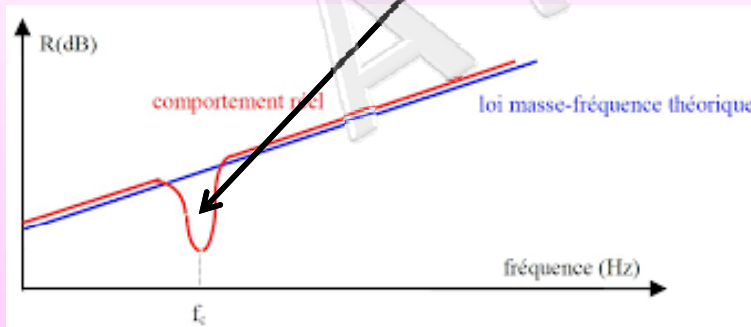
$$50 < \sigma < 150 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 13. \log(\sigma) + 9 \text{ dB}$$

$$150 < \sigma < 650 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 40. \log(\sigma) - 50 \text{ dB}$$

$$\sigma > 670 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 63 \text{ dB}$$

Exemple : une paroi simple de $\sigma = 100 \text{ kg/m}^2$, a un indice d'affaiblissement acoustique R de 40 dB à 500 Hz

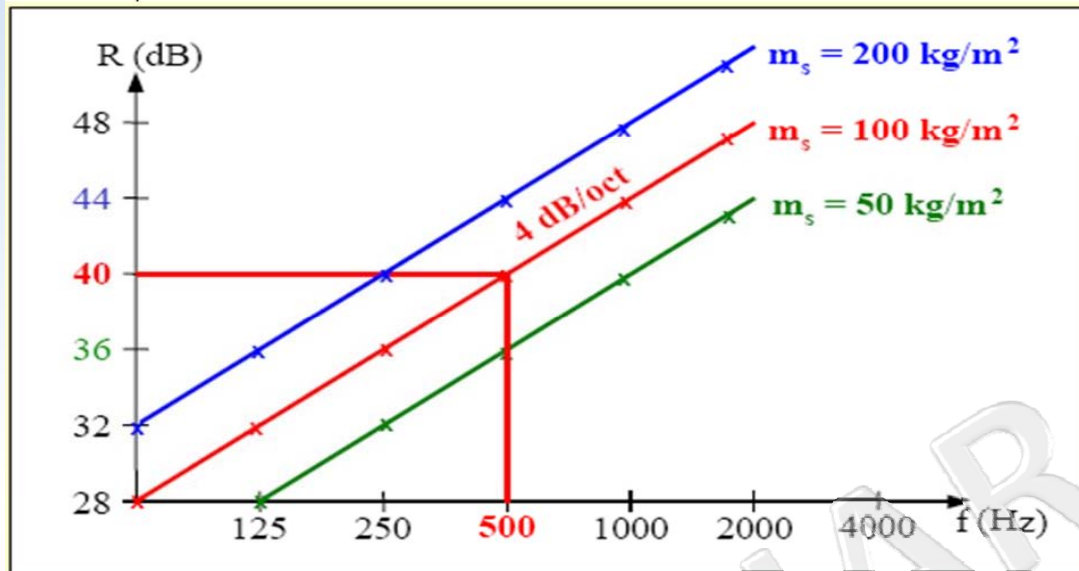
- Chaque paroi a une **fréquence critique** f_c pour laquelle R chute
- Les matériaux sont beaucoup plus isolants pour **les hautes fréquences**



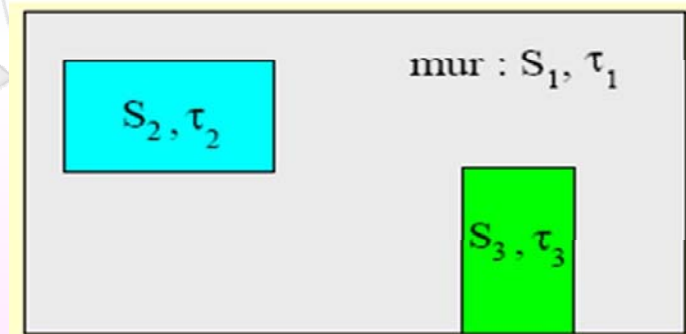
Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi de béton de 20 cm et de masse surfacique de 465 kg/m^2 .

III- Acoustique

Une paroi simple de masse surfacique **100 kg/m²** a un indice d'affaiblissement acoustique R de **40 dB** à **500 Hz**



- en doublant la **masse** de la paroi, R augmente en moyenne de **4 dB**.
- en doublant la **fréquence** du son, R augmente en moyenne de **4 dB**.



Indice d'affaiblissement de parois discontinues

Lorsque la paroi est composée de plusieurs matériaux, comme dans le cas d'une paroi comportant une porte ou une fenêtre, l'indice résultant est calculé à partir de la relation :

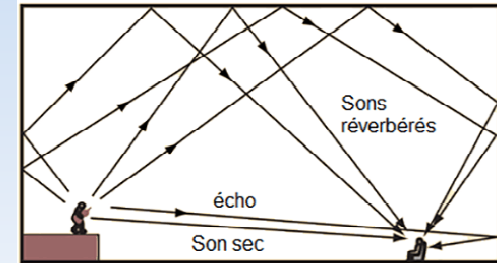
$$t_{\text{tot}} = t_1 \cdot S_1 \times t_2 \cdot S_2 \times t_3 \cdot S_3 \times \dots / S_1 + S_2 + S_3 + \dots = \Sigma t_i \cdot S_i / \Sigma S_i$$

S_i : sont les surfaces de chaque composant en m²

III- Acoustique

Réverbération d'une salle et formule de Sabine

Quand, dans un local, l'émission d'un bruit cesse, on remarque que le bruit demeure pendant un certain temps. Cette persistance, appelée **réverbération**, est due aux réflexions multiples sur les parois du local.



La durée de cette persistance est appelée durée de réverbération T_R . Cette traînée sonore est d'autant plus longue que le volume du local est important et que les parois sont réfléchissantes.

Par convention la durée de réverbération d'un local T_R , est le temps que met le son pour que son niveau d'intensité diminue de 60 dB après interruption de la source sonore. Cela correspond à une diminution de l'intensité physique de 1 million de $W \cdot m^{-2}$.

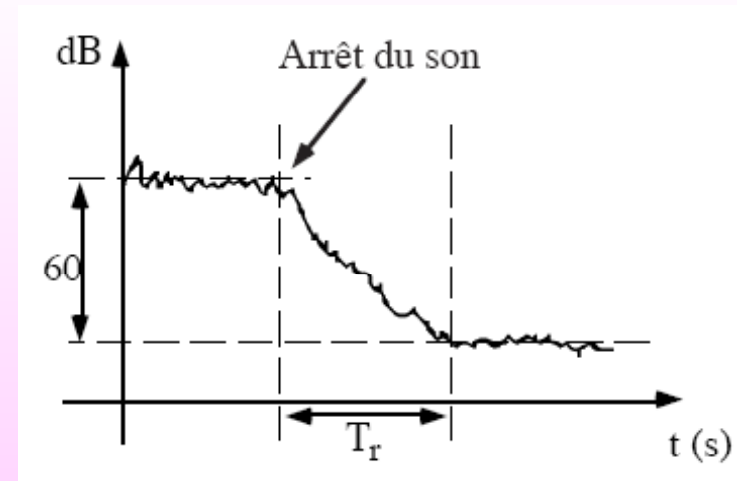
Elle est donnée par la **formule de Sabine** :

$$T_R = 0,16.(V/A)$$

T_R : temps ou durée de réverbération en secondes (s)

A : aire d'absorption équivalente en m^2

V : volume du local en m^3



III- Acoustique

Aire de la surface absorbante équivalente d'une pièce

Lorsque les parois du local sont de nature différente, ce qui est le cas le plus fréquent, alors l'aire d'absorption équivalente est la somme des aires d'absorptions équivalentes. Dans ce cas, on écrit :

$$A = \sum S_i \cdot \alpha_i$$

Avec :

A : Aire de la surface absorbante équivalente de la pièce (m²)

α_i : Coefficient d'absorption du matériau i (sans unité)

S_i : Surface du matériau i (m²)

Facteurs influents la durée de réverbération

- Plus la salle est grande, moins il y a de perte d'énergie sonore par réflexion du son sur les parois et plus la durée de réverbération est grande. La matière des parois de la pièce influe aussi sur la durée de réverbération.

- Plus la surface est lisse et dense, moins elle absorbe de l'énergie et plus le temps de réverbération est long, Ainsi le verre ou le béton sont des éléments très réverbérants, mais les matières souples et rugueuses (moquette, tapis, tissus) absorbent le son. De même la présence des spectateurs diminue la durée de réverbération.

- Les normes en vigueur utilisent souvent comme fréquences de références, pour définir le coefficient α et T_r , les octaves centrées autour des fréquences 500, 1000 et 2000 Hz. Par exemple, la réglementation relative aux établissements d'enseignement ne prend en compte que les octaves centrées sur 500, 1000 et 2000 Hz.

III- Acoustique

CRITERES DE QUALITE ACOUSTIQUE D'UNE SALLE (confort Acoustique)

Pour une bonne isolation acoustique, il y a des normes à respecter selon le type de la pièce du bâtiment et selon l'utilisation du local avec des valeurs optimales pour les temps de réverbération :

Par exemple :	pour un logement	$T_R < 0,5 \text{ s}$
	pour un bureau	$T_R < 0,8 \text{ s}$
	pour une salle de concert	$T_R < 4 \text{ s}$

Donc :

On choisit généralement des T_R courts dans les locaux industriels, des T_R longs en salle de concert symphonique... certaines salles (polyvalentes) doivent pouvoir s'adapter en fonction du type d'utilisation. On peut utiliser des panneaux absorbants mobiles pour jouer sur le paramètre A , on peut aussi modifier le volume V (plafond mobile).

Par conséquent, pour respecter ces normes, il y a plusieurs facteurs à prendre en considération tels que: Le volume du local , sa géométrie (courbures et surfaces), ameublement de la pièce et types de matériaux des parois et des meubles : on utilise des matériaux absorbants tels que la laine de verre ($\alpha = 0,97$: 97% d'absorption sonore), ou des matériaux réfléchissants tels que le marbre ($\alpha = 0$).

III- Acoustique

Acoustique des théâtres antiques

L'acoustique extraordinaire des théâtres antiques grecs ou romains, n'est certainement pas due au hasard. D'après des calculs, la succession périodique des marches du théâtre serait géométriquement optimisée pour filtrer les basses fréquences, composante principale du bruit de fond qui masque généralement le son perçu loin de la scène, tout en préservant les hautes fréquences provenant de la voix des acteurs. L'agencement particulier des gradins permettrait ainsi d'atténuer les fréquences inférieures à 500 Hz au profit des fréquences plus élevées.



Afin d'optimiser la bonne diffusion et l'écoute sonore, il faut donner à une salle une forme convenable et une durée de réverbération favorable. Elles consistent à modifier la durée de réverbération en jouant sur l'absorption acoustique. Elles font appel à des moyens mécaniques qui se révèlent souvent lourds, bruyants et, de surcroît, onéreux. Citons, par exemple, les réflecteurs, les panneaux mobiles ou les rideaux absorbants, les éléments scéniques comme les décors ou les conques d'orchestre, et même parfois les parois et les plafonds mobiles.

III- Acoustique

Ressources dans la plate forme :

❑ Physique pour l'architecte, Hassen Ghalila, Université de Tunis, 2007, fichier à télécharger du site de la plate forme : `mdf_sarr.pdf`

Références Bibliographiques

- Acoustics, Heinrich Kuttruf, 2004, Edition: Taylor and Francis
- Architectural acoustics, K. B. Ginn, 1978, Edition : Brüel and Kjar