Université Ferhat Abbas Sétif 1
Master 1 Architecture
Matière : **ACOUSTIQUE**

TD fait en février 2020
Présent fichier PDF du corrigé mis en ligne en avril 2020

TD N°1
Introduction à l'acoustique du bâtiment

Ce TD a été fait en salle de TD à l'institut, en février 2020, avant la pandémie du covid-19.

Il est repris ici, juste pour que l'étudiant ait le fichier PDF du corrigé.

Exercice 1 :

Calculez les niveaux acoustiques en dB correspondant à des pressions efficaces acoustiques en Pa de: 20, 2, 0.2, 0.02, 0.002, 0.0002, 0.00002.

Exercice 2 :

A- Si l'on considère que dans une conversation normale, le niveau acoustique atteint 50 dB lorsqu'une seule personne s'exprime, quel niveau acoustique sera atteint :

a- lorsque 2 personnes parlent simultanément ?

b- lorsque 10 personnes parlent simultanément ?

B- Quel sera le niveau acoustique global donné par l'existence simultanée de deux sources sonores, l'une de 80 dB et l'autre de 60 dB ?

Exercice 3:

a-Quel est le temps que met le son pour traverser une salle qui fait 17m de long? Pensez-vous que ce résultat puisse avoir une quelconque utilisation pratique?

b-Calculer la longueur d'onde d'une onde acoustique à 1000 Hz, pour une vitesse de propagation dans l'air, égale à 340 m/s.

Solution du TD N° 1

Introduction à l'acoustique du bâtiment

Exercice 1:

Calculez les niveaux acoustiques en *dB* pour des pressions efficaces acoustiques en *Pa* de: 20, 2, 0.2, 0.02, 0.002, 0.0002, 0.00002.

Le niveau acoustique est donné par l'équation fondamentale :

$$L_p = 10\log\left(\frac{P_{eff}^{\ 2}}{P_0^2}\right)$$

$$L_p = 10\log\left(\frac{P_{eff}^{\ 2}}{P_0^2}\right) = 20\log\left(\frac{P_{eff}}{P_0}\right)$$

(Simplification à ne faire que lorsqu'il n'y a existence que d'un seul et unique niveau acoustique à considérer, voir pour cela l'exercice 2)

L_p : est exprimé en décibel (dB) ; P_{eff} : Pression acoustique efficace de l'onde sonore en Pa

P_0 : Pression acoustique de référence correspondant au seuil d'audibilité d'un son à **1000 Hz** (**$P_0 = 2.10^{-5}$** *Pa*)

Dans le bâtiment, on a en général affaire à des niveaux acoustiques allant du seuil d'audibilité 2.10^{-5} Pa à 20 Pa, qui est le seuil de la douleur soit un rapport de 1 à 1 000000. Pour certaines personnes le seuil de la douleur peut aller jusqu'à 100 Pa.

D'une part, pour ramener cette large échelle de pression exprimée en Pa à une échelle plus réduite et donc plus pratique d'utilisation, on a adopté la notation logarithmique (utilisation de l'échelle linéaire très peu commode). D'autre part, la seconde raison est justement liée au fait que la sensibilité auditive humaine est naturellement liée à une échelle plutôt logarithmique que linéaire.

Pour P_{eff} = 20 Pa :

$$L_p = 20\log\left(\frac{20}{2.10^{-5}}\right) = 20\log\left(\frac{2.10^6}{2}\right) = 20\log\left(10^6\right) = 6\cdot 20\log(10) = 120dB$$

Tableau des niveaux acoustiques calculés en dB et correspondant aux pressions données en Pa

Pressions en Pa	Niveaux acoustiques en dB
20	120
2	100
0.2	80
0.02	60
0.002	40
0.0002	20
0.00002	0

- ✓ Plus la pression est faible, plus la sensibilité de l'oreille est élevée.
- ✓ Plus la pression est élevée, plus la sensibilité de l'oreille est faible.

Donc la sensation auditive est proportionnelle au logarithme (décimal : à base 10) de l'excitation.

Exercice 2:

A- Dans une conversation normale, le niveau acoustique atteint 50 dB lorsqu'une seule personne est en train de parler. Quel niveau est atteint :

a- lorsque 2 personnes parlent simultanément ?

b- lorsque 10 personnes parlent simultanément ?

A- Les niveaux acoustiques ne s'additionnent pas arithmétiquement (50 dB + 50 $dB \neq$ 100 dB).

Cela veut dire qu'on n'ajoute pas arithmétiquement les décibels de deux niveaux acoustiques pour obtenir le niveau acoustique global.

Démonstration

$$L_p = 10\log\left(\frac{P^2}{P_0^{\,2}}\right) \tag{1}$$

Pour trouver l'effet acoustique global engendré par deux niveaux acoustiques L_{p_1} et L_{p_2} qui existent simultanément, il s'agit de faire la somme du carré de chacune des deux pressions ; on dit que la somme des pressions acoustiques doit être quadratique. En d'autres termes:

Si $L_{p_1} = 10\log\left(\frac{P_1^2}{P_0^{\,2}}\right)$ et $L_{p_2} = 10\log\left(\frac{P_2^{\,2}}{P_0^{\,2}}\right)$

le niveau acoustique résultant de l'existence simultanée des deux sons sera :

$$L_{p_t} = 10\log\left(\frac{P_1^2}{P_0^{\,2}} + \frac{P_2^{\,2}}{P_0^{\,2}}\right) \tag{2}$$

C'est cette équation qui est représentative de l'effet de l'existence simultanée des deux sons ayant comme pressions acoustiques respectives p_1 et p_2. Ce sont les pressions p_1 et p_2 qui existent simultanément et dont les valeurs quadratiques s'ajoutent et non leurs effets. L'effet de ces deux pressions se calcule alors comme suit:

puisque $L_{p_1} = 10\log\left(\frac{P_1^2}{P_0^{\,2}}\right) \Rightarrow \log\left(\frac{P_1^2}{P_0^{\,2}}\right) = \frac{L_{p_1}}{10} \Rightarrow \frac{P_1^2}{P_0^{\,2}} = 10^{\frac{L_{P1}}{10}}$ de même $\frac{P_2^{\,2}}{P_0^{\,2}} = 10^{\frac{L_{P2}}{10}}$

L'équation (2), c'est-à-dire lorsqu'il y a coexistence de 02 sons, peut alors être réécrite sous la forme:

$$L_{p_{tot}} = 10\log\left(10^{\frac{L_{P1}}{10}} + 10^{\frac{L_{P2}}{10}}\right) = 10\log\left(\sum_{i=1}^{2} 10^{\frac{L_{pi}}{10}}\right)$$

Et d'une façon générale lorsqu'il a coexistence de n sons:

$$L_{p_{tot}} = 10\log\left(\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{pi}}{10}}\right)$$

a) **Deux personnes parlent simultanément**, c'est-à-dire qu'il y a coexistence de deux niveaux acoustiques L_1 et L_2 identiques donnés, chacun de 50*dB*, en un point (02 sources).

Le niveau acoustique résultant est :

$$L_{p_{tot}} = 10\log\left(\sum_{i=1}^{2} 10^{\frac{L_{pi}}{10}}\right) = 10\log\left(10^{\frac{50}{10}} + 10^{\frac{50}{10}}\right) = 10\log\left(2.10^{\frac{50}{10}}\right)$$

$$L_{p_{tot}} = 10\log 2 + 10\log\left(10^{\frac{50}{10}}\right) = 10\log 2 + 10\log\left(10^{5}\right) = 10\log 2 + 5.10\log\left(10\ \right) = 3 + 50\log 10$$

$$\boxed{L_{p_{tot}} = 3 + 50 = 53dB}$$

b) **Lorsque dix personnes parlent simultanément** :

$$L_{p_{tot}} = 10\log\left(\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{pi}}{10}}\right) = 10\log\left(\sum_{i=1}^{10} 10^{\frac{L_{pi}}{10}}\right) = 10\log\left(10^{\frac{50}{10}} + 10^{\frac{50}{10}} + \ldots\ldots + 10^{\frac{50}{10}}\right)$$

$$L_{p_{tot}} = 10\log\left(10.10^{\frac{50}{10}}\right) = 10\log 10 + 10\log\left(10^{\frac{50}{10}}\right) = 10\log 10 + 10\log\left(10^{5}\right)$$

$$\boxed{L_{p_{tot}} = 10 + 50 = 60dB}$$

B- Quel sera le niveau acoustique global donné par l'existence simultanée de deux sources sonores, l'une de 80 dB et l'autre de 60 dB ?

B- Pour :

L_1 = 80 dB

L_2 = 60 dB

$$L_{p_{tot}} = 10\log\left(10^{\frac{80}{10}} + 10^{\frac{60}{10}}\right) = 10\log\left(10^{8} + 10^{6}\right) = 10\cdot\log\left(101000000\right)$$

$$\boxed{L_{p_{tot}} = 10\cdot 8.0043 \approx 80dB}$$

<u>**Règle simple**</u> : Lorsque l'écart entre deux niveaux acoustiques est supérieur à 10 dB, le niveau le plus fort couvre complètement le niveau plus faible.

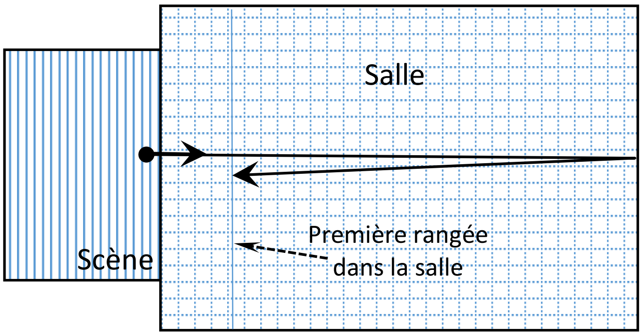
<u>**Exercice 3:**</u>

~~a~~- **Quel est le temps que met le son pour traverser une salle qui fait 17m de long ? Pensez-vous que ce résultat puisse avoir une quelconque utilisation pratique ?**

~~b-~~ Calculez la longueur d'onde d'une onde acoustique de fréquence 1000 Hz, pour une vitesse de propagation dans l'air, égale à 340 *m/s*.

a- Le son traverse une salle de 17m de long en un temps égal à:

$$\boxed{t=\frac{17m}{340m/s}=0.05\sec onde}$$



Oui, ce résultat est très utile dans la compréhension du phénomène de l'écho dans les salles. Sachant que l'oreille humaine fait la distinction entre deux sons séparés par un laps de temps de 0.1s, on comprend que les auditeurs, assis au premier rang d'une salle de 17m, entendent les sons en provenance de l'orateur (sur scène) et réentendent les mêmes sons en provenance de la réflexion par le mur du fond de la salle. Cela correspond à une distance de 17m + 17m c'est-à-dire qui est parcourue en 0.1s. L'auditeur va donc entendre d'abord un son et ensuite le même son mais réfléchi et cela après un laps de temps de 0.1s. C'est cela même que l'on appelle "écho" dans les salles. Le résultat obtenu ci-dessus met en garde contre l'existence de l'écho dans les salles de plus de 17m de long.

Le son se caractérise par sa fréquence, sa longueur d'onde et sa vitesse de propagation.
La longueur d'onde est donnée par :

$$\boxed{\lambda=c.T=\frac{c}{f}}$$

λ : longueur d'onde en m (distance parcourue par une onde sonore pendant la durée, en s, d'une période *T*)
c : vitesse de propagation du son dans l'air (célérité) en m/s
f : fréquence en Hz (caractérise la hauteur du son)

- Si la période est longue, la fréquence est basse, le son est grave
- Si la période est courte, la fréquence est haute, le son est aigu
- Si la période est moyenne, la fréquence est moyenne, le son est médium

$$\boxed{\lambda_{air}=\frac{c_{air}}{f}=\frac{340}{1000}\,\frac{m/s}{1/s}=0.34m}$$

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Master 1 Architecture
Matière : **ACOUSTIQUE**

TD fait en février 2020
Présent fichier PDF du corrigé mis en ligne en avril 2020

TD N°2
Introduction à l'acoustique du bâtiment

Exercice 1

Donnez les deux valeurs de la pression acoustique qui sont connues pour être : 1) p_0 la pression du seuil d'audibilité et 2) p_d la pression du seuil de la douleur et expliquez ce que ces expressions veulent dire pour vous.

Exercice 2

Calculer les intensités acoustiques correspondant respectivement à ces deux valeurs de la pression acoustique.

Exercice 3

Vérifier que ces deux valeurs de la pression acoustique et leurs deux valeurs correspondantes de l'intensité acoustique sont bien à l'origine des deux niveaux d'intensité acoustique en dB connus pour constituer le seuil d'audibilité d'une part et le seuil de la douleur d'autre part.

Exercice 4

Calculez l'intensité acoustique à une distance $r = 0.28209\ m$ d'une source sonore dont la puissance acoustique est $P = 1 \cdot 10^{-6}\ W$, lorsque cette source est à l'extérieur et en milieu complètement dégagé. Que pouvez-vous dire de la valeur obtenue pour l'intensité acoustique ? Que pouvez-vous dire de la distance r ?

Solution du TD N° 2

Introduction à l'acoustique du bâtiment

Exercice 1

Donnez les deux valeurs de la pression acoustique qui sont connues pour être : 1) p_0 la pression du seuil d'audibilité et 2) p_d la pression du seuil de la douleur et expliquez ce que ces expressions veulent dire pour vous.

Réponse

1) La pression acoustique qui est connue pour être le seuil d'audibilité chez l'être humain est : $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}\,Pa$. Cette valeur de la pression acoustique est celle à partir de laquelle l'oreille humaine commence à entendre les sons. En dessous de cette valeur de la pression, l'oreille humaine ne perçoit aucun son. On dit alors que le son en question est inaudible pour l'Homme. Cependant, beaucoup d'animaux tels les chiens, les chats, …, entendent les sons avec des valeurs de la pression acoustique beaucoup plus basses.

2) D'un autre côté, le seuil de la douleur est atteint lorsque de la pression acoustique arrive à la valeur $p_d = 20\ Pa$. A cette valeur de la pression acoustique, le son devient tellement fort que l'oreille humaine devient douloureuse. A partir de cette valeur, l'être humain ne fait plus de différence entre la force des sons. En d'autres termes, dans la réalité, l'oreille humaine ne fait pas de différence entre la force d'un son de $20\ Pa$ et celle d'un son de $24\ Pa$, par exemple, ou de $100\ Pa$, mais, pour les deux sons, elle est pareillement douloureuse.

Exercice 2

Calculer les intensités acoustiques correspondant respectivement à ces deux valeurs de la pression acoustique.

Réponse

L'intensité acoustique est donnée par

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \qquad \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

p : pression acoustique Pa ; ρ : masse volumique de l'air à 25°C $\rho = 1.18\,\frac{kg}{m^3}$;

c : célérité ou vitesse du son dans l'air à 25°C $c = 340\,\frac{m}{s}$

1) Pour la pression $p_0 = 2\cdot10^{-5} Pa$, l'intensité acoustique sera donc :

$$I_0 = \frac{\left(2\cdot10^{-5}\right)^2}{1.18\cdot340} = 9.97\cdot10^{-13}$$

$$\boxed{I_0 = 1\cdot10^{-12}\ \frac{W}{m^2}}$$

2) Pour la pression $p_d = 20Pa$, l'intensité acoustique sera :

$$I_d = \frac{\left(20\right)^2}{1.18\cdot340} = 0.997$$

$$\boxed{I_d = 1\ \frac{W}{m^2}}$$

Exercice 3

Vérifier que ces deux valeurs de la pression acoustique et leurs deux valeurs correspondantes de l'intensité acoustique sont bien à l'origine des deux niveaux d'intensité acoustique en dB connus pour constituer le seuil d'audibilité d'une part et le seuil de la douleur d'autre part.

Réponse

- ✓ Le niveau d'intensité acoustique représentant le seuil d'audibilité est $L_{I_0} = 0.\ dB$

L'intensité acoustique de référence qui constitue le seuil d'audibilité est justement $I_0 = 1\cdot10^{-12}\ \frac{W}{m^2}$. Lorsque l'intensité acoustique I_0 est justement égale à l'intensité de référence qui est justement I_0 , on obtient

$$L_{I_1} = 10\log\left(\frac{I_0}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{1\cdot10^{-12}}{1\cdot10^{-12}}\right) = 10\log(1) = 0.\ dB$$

Ce qui correspond bien au seuil d'audibilité de $0\ dB$.

- ✓ Le niveau d'intensité acoustique représentant le seuil de la douleur est $L_{I_d} = 120.\ dB$

L'intensité acoustique de référence qui constitue le seuil de la douleur est $I_d = 1\ \frac{W}{m^2}$.

En remplaçant I_d dans l'équation du niveau d'intensité acoustique, on obtient

$$L_{I_d} = 10\log\left(\frac{I_d}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{1}{1\cdot10^{-12}}\right) = 10\log\left(1^{12}\right) = 10\cdot12 = 120\ dB$$

Ce qui correspond bien au seuil de la douleur qui est de $120\ dB$.

Exercice 4

Calculez l'intensité acoustique à une distance $r = 0.28209\ m$ d'une source sonore dont la puissance acoustique est $P = 1 \cdot 10^{-6}\ W$, lorsque cette source est à l'extérieur et en milieu complètement dégagé. Que pouvez-vous dire de la valeur obtenue pour l'intensité acoustique ? Que pouvez-vous dire de la distance r ?

Réponse

Lorsque la source sonore se trouve à l'extérieur, en milieu dégagé, il n'existe alors que le champ acoustique direct parce qu'il il y a absence totale de toute réflexion. L'intensité acoustique peut dans ce cas se calculer à l'aide de la relation

$$I_r = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$I_r = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{4\pi \left(0.28209\right)^2} = 1.0000 \cdot 10^{-6} = 1 \cdot 10^{-6}\ \frac{W}{m^2}$$

$$\boxed{I_r = 1 \cdot 10^{-6}\ \frac{W}{m^2}}$$

- ✓ Bien qu'ayant une unité différente de celle de la puissance acoustique, l'intensité acoustique a une valeur numérique, $I_r = 1 \cdot 10^{-6}\ \frac{W}{m^2}$, égale à celle de la puissance acoustique, $P = 1 \cdot 10^{-6}\ W$.
- ✓ Ce résultat ne peut avoir lieu, dans le cas d'une onde sphérique, comme c'est le cas ici, que si la surface de la sphère considérée avec le rayon r, c'est-à-dire $S = 4\pi r^2$ est égale à $1\ m^2$. Effectivement, le rayon $r = 0.28209\ m$ donne bien une surface de sphère $S = 4\pi r^2 = 1\ m^2$.

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Master 1 Architecture
Matière : **ACOUSTIQUE** *mis en ligne en avril* 2020

TD N°3
Introduction à l'acoustique du bâtiment

Exercice 5

- Calculez le niveau de puissance acoustique engendré par une source sonore dont la puissance acoustique est $P = 1 \cdot 10^{-6}\ W$.
- Calculez le niveau d'intensité acoustique qu'engendre cette source sonore à l'extérieur mais à une distance $r = 0.28209\ m$.

Exercice 6

En négligeant complètement le champ acoustique réverbéré, calculez les niveaux d'intensité acoustique, dans le cas d'une propagation omnidirectionnelle, dans une grande salle, à partir d'une source sonore de même niveau de puissance acoustique $L_W = 60\ dB$, mais cette fois-ci aux distances $2 \cdot r$, $4 \cdot r$, $8 \cdot r$, $16 \cdot r$, et $32 \cdot r$, et comparez les résultats avec le niveau d'intensité acoustique obtenu pour $r = 0.28209\ m$. Présentez tous les résultats dans un tableau. Dites ce qui, selon vous, est remarquable dans ces résultats et expliquez quel peut être l'intérêt de votre remarque.

Exercice 7

En ne considérant pas du tout le niveau d'intensité acoustique du champ direct, calculez le niveau d'intensité acoustique du champ réverbéré, créé dans la salle, pour chacune de ces distances et cela en utilisant toutes les données de l'exercice 06. Quelle est la première conclusion simple mais importante qui ressort de ces calculs ?

Exercice 8

Si vous savez que la salle en question est destinée pour la parole, comparez les deux valeurs du niveau d'intensité acoustique, du champ direct et du champ réverbéré, pour chacune des distances, et dites ce que vous en concluez, du point de vue du confort acoustique.

Exercice 9

- Si vous jugez qu'il n'existe aucun problème digne d'intérêt du point de vue du confort acoustique dans cette salle, expliquez, chiffres à l'appui, votre avis.
- Si au contraire, vous pensez qu'il y a un problème non négligeable de confort acoustique dans cette salle, expliquez d'abord, chiffres à l'appui, votre avis. Donnez ensuite l'idée que vous vous faites sur la solution éventuelle de ce problème.

Solution du TD N° 3

Introduction à l'acoustique du bâtiment

Exercice 5

- **Calculez le niveau de puissance acoustique engendré par une source sonore dont la puissance acoustique est $P = 1\cdot 10^{-6}\ W$.**
- **Calculez le niveau d'intensité acoustique qu'engendre cette source sonore à l'extérieur mais à une distance $r = 0.28209\ m$.**

Réponse

- Le niveau de puissance acoustique est donné par la relation

$$L_W = 10\log\frac{P}{P_0}$$

$$L_W = 10\log\frac{1\cdot 10^{-6}}{1\cdot 10^{-12}} = 10\log\left(1\cdot 10^{-6}\cdot 1\cdot 10^{12}\right) = 10\cdot 6$$

$$\boxed{L_W = 60\ dB}$$

- Le niveau d'intensité acoustique à la distance $r = 0.28209\ m$ peut se calculer, à partir des données disponibles, de deux façons différentes.

✓ Ou bien on calcule le niveau d'intensité acoustique à partir de l'intensité acoustique qui a déjà été calculée plus haut.

$$L_{I_r} = 10\log\left(\frac{I_r}{I_0}\right)$$

$$L_{I_r} = 10\log\left(\frac{1\cdot 10^{-6}}{1\cdot 10^{-12}}\right) = 10\log\left(1\cdot 10^{-6}\cdot 1\cdot 10^{12}\right) = 10\cdot 6$$

$$\boxed{L_{I_r} = 60\ dB}$$

✓ Ou bien on calcule le niveau d'intensité acoustique à partir de niveau de puissance acoustique L_W, en utilisant la relation

$$L_{I_r} = L_w - 10\log\left(4\pi r^2\right)$$

$$L_{I_r} = 60 - 10\log\left[4\pi\cdot\left(0.28209^2\right)\right] = 60 - 10\log[1]$$

$$\boxed{L_{I_r} = 60\ dB}$$

Dans l'exercice 4, il a été montré que l'intensité acoustique I_r en $\frac{W}{m^2}$ à la distance $r = 0.28209\ m$, de la source sonore, a la même valeur numérique que celle de la puissance P en W de la source sonore en question.

De la même façon, on montre dans cet exercice qu'à la même distance $r = 0.28209\ m$, le niveau d'intensité acoustique L_{I_r} en dB a la même valeur numérique que le niveau de puissance acoustique L_W, en dB, qui l'a engendrée.

Exercice 6

En négligeant complètement le champ acoustique réverbéré, calculez les niveaux d'intensité acoustique, dans le cas d'une propagation omnidirectionnelle, dans une grande salle, à partir d'une source sonore de même niveau de puissance acoustique $L_W = 60\ dB$, mais cette fois-ci aux distances $2\cdot r$, $4\cdot r$, $8\cdot r$, $16\cdot r$, et $32\cdot r$, et comparez les résultats avec le niveau d'intensité acoustique obtenu pour $r = 0.28209\ m$. Présentez tous les résultats dans un tableau. Dites ce qui, selon vous, est remarquable dans ces résultats et expliquez quel peut être l'intérêt de votre remarque.

Réponse

Le calcul des niveaux d'intensité acoustique se fait sur la base de la relation

$$L_{I_{Direct}} = 10\log\left(\frac{I_d}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{\frac{P}{4\pi d^2}}{I_0}\right) = 10\log P + 10\log\left(\frac{1}{4\pi d^2}\right) - 10\log\left(I_0\right) = L_w + 10\log\left(\frac{1}{4\pi d^2}\right)$$

$$\boxed{L_{I_{Direct}} = L_w + 10\log\left(\frac{1}{4\pi d^2}\right)}$$

Distance d en fonction de r	Distance $[m]$	Niveau d'intensité acoustique du champ direct L_{I_d} $[dB]$
$d = r$	0.28209	60
$d = 2 \cdot r$	0.56418	54
$d = 4 \cdot r$	1.12836	48
$d = 8 \cdot r$	2.25672	42
$d = 16 \cdot r$	4.51344	36
$d = 32 \cdot r$	9.02688	30

- On remarque qu'à chaque fois que la distance double, par rapport à la source sonore, le niveau d'intensité acoustique $L_{I_{Direct}}$ diminue de $6\ dB$.
- L'intérêt de ce résultat réside dans le fait que celui-ci puisse dorénavant être utilisé pour une détermination rapide des ordres de grandeur de niveaux d'intensité acoustique $L_{I_{Direct}}$ à des distances données par rapport à la source, à condition de connaître au préalable le niveau de puissance acoustique de la source L_w.

Exercice 7

En ne considérant pas du tout le niveau d'intensité acoustique du champ direct, calculez le niveau d'intensité acoustique du champ réverbéré, créé dans la salle, pour chacune de ces distances et cela en utilisant toutes les données de l'exercice 06. Quelle est la première conclusion simple mais importante qui ressort de ces calculs ?

Réponse

Le niveau d'intensité acoustique du champ acoustique réverbéré se calcul selon la relation

$$L_{I_{Réverbéré}} = L_w + 10\log\left(\frac{4}{R}\right)$$

$$\boxed{L_{I_{Réverbéré}} = 60 + 10\log\left(\frac{4}{R}\right)} \qquad \text{avec} \qquad \boxed{R = \frac{S_t \times \alpha_m}{(1\text{-}\alpha_m)}}$$

Le niveau d'intensité acoustique du champ réverbéré, $L_{I_{Réverbéré}}$, est complètement indépendant de la distance par rapport à la source sonore, c'est-à-dire que celui-ci va avoir la même valeur quel que soit l'endroit où on se trouve dans la salle. Cependant, sa valeur est complètement dépendante de la constante R de la salle, qui, elle, dépend entièrement, d'une part de S_t, la surface totale des parois qui sont en contact avec l'ambiance intérieure, et d'autre part de α_m, le coefficient d'absorption moyen de ces parois.

La conclusion simple, qui ressort de ce calcul, consiste à dire qu'une fois le niveau de puissance acoustique L_w de la source fixé, il n'est pas possible de connaître la valeur numérique du niveau d'intensité acoustique du champ réverbéré, $L_{I_{Réverbéré}}$, sans connaître l'architecture de la salle, c'est-à-dire S_t, et sans connaître non plus les matériaux dont sont constituées les parois de la salle, c'est-à-dire α_m ou bien α_1, α_2, … α_n et S_1, S_2, … S_n {voir cours, Eq. (1.6.5)}.

Le niveau d'intensité acoustique du champ réverbéré, $L_{I_{Réverbéré}}$,

d'une salle, dépend entièrement du travail de l'architecte.

Exercice 8

Si vous savez que la salle en question est destinée pour la parole, comparez les deux valeurs du niveau d'intensité acoustique, du champ direct et du champ réverbéré, pour chacune des distances, et dites ce que vous en concluez, du point de vue du confort acoustique.

Réponse

Si la salle en question est destinée pour la parole, les conditions de confort acoustiques exigent formellement que les tous les auditeurs, à n'importe quelle place de la salle, puissent comprendre continuellement, totalement et sans effort ce que l'orateur est en train de dire. Comme il est notoirement connu que les sons propres au *champ réverbéré* sont caractérisés par une *totale inintelligibilité*, c'est-à-dire une *totale incompréhensibilité*, il n'est donc pas question que le niveau d'intensité acoustique du champ réverbéré couvre celui du champ direct, à quelque place que ce soit dans la salle, sinon, ce que dit l'orateur va y être complètement incompréhensible.

En reprenant ci-contre le tableau de la réponse de l'exercice 6, on voit qu'à la distance de $9.026m$, le niveau acoustique du *champ direct* $L_{I_{Direct}}$ n'est que de *30dB*.

Distance d en fonction de r	Distance $[m]$	Niveau d'intensité acoustique du champ direct L_{I_d} $[dB]$
$d = r$	0.28209	60
$d = 2 \cdot r$	0.56418	54
$d = 4 \cdot r$	1.12836	48
$d = 8 \cdot r$	2.25672	42
$d = 16 \cdot r$	4.51344	36
$d = 32 \cdot r$	9.02688	30

Exercice 9

- **Si vous jugez qu'il n'existe aucun problème digne d'intérêt du point de vue du confort acoustique dans cette salle, expliquez, chiffres à l'appui, votre avis.**
- **Si au contraire, vous pensez qu'il y a un problème non négligeable de confort acoustique dans cette salle, expliquez d'abord, chiffres à l'appui, votre avis. Donnez ensuite l'idée que vous vous faites sur la solution éventuelle de ce problème.**

Réponse

Si à distance de 9.02688 dans la salle, $L_{I_{Réverbéré}} \geq L_{I_{Direct}} + 10dB$, c'est-à-dire $L_{I_{Réverbéré}} \geq 40dB$, le champ réverbéré va complètement couvrir le champ direct, comme cela a été démontré dans le TD N°1. Dans ce cas, la parole de l'orateur sera incompréhensible.

Pour cela, dans une première étape, il faut que l'architecte fasse en sorte que $L_{I_{Réverbéré}} < 40dB$.

Donc, puisque $L_{I_{Réverbéré}}$ se calcule avec la relation

$$L_{I_{Réverbéré}} = 60 + 10\log\left(\frac{4}{R}\right)$$

On pose $$60 + 10\log\left(\frac{4}{R}\right) = 40dB$$

et on cherche la valeur de R en dessous de laquelle l'architecte ne devra pas descendre en faisant la conception de la salle et en choisissant les matériaux de ses parois..

$$60 + 10\log\left(\frac{4}{R}\right) = 40 \quad \Rightarrow \quad 10\log\left(\frac{4}{R}\right) = -20 \quad \Rightarrow \quad \log\left(\frac{4}{R}\right) = -\frac{20}{10} \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{4}{R}\right) = 10^{-2}$$

$$\boxed{R = 400m^2}$$