

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*

Corrigé des exercices du 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**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** ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa)

Dans le bâtiment, on a en général affaire à des niveaux acoustiques allant du seuil d'audibilité $2 \cdot 10^{-5}$ 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 :

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

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 ≠ 100 dB).

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

Démonstration

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

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:

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

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

$$L_{p_i} = 10 \log \left(\frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{P_2^2}{P_0^2} \right) \quad (2)$$

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:

$$\text{puisque } L_{p_1} = 10 \log \left(\frac{P_1^2}{P_0^2} \right) \Rightarrow \log \left(\frac{P_1^2}{P_0^2} \right) = \frac{L_{p_1}}{10} \Rightarrow \frac{P_1^2}{P_0^2} = 10^{\frac{L_{p_1}}{10}} \quad \text{de même} \quad \frac{P_2^2}{P_0^2} = 10^{\frac{L_{p_2}}{10}}$$

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

$$L_{p_{tot}} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{p_1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p_2}}{10}} \right) = 10 \log \left(\sum_{i=1}^2 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right)$$

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 $50dB$, en un point (02 sources).

Le niveau acoustique résultant est :

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

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

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

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

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

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

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

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 :

$$L_1 = 80 \text{ dB}$$

$$L_2 = 60 \text{ dB}$$

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

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

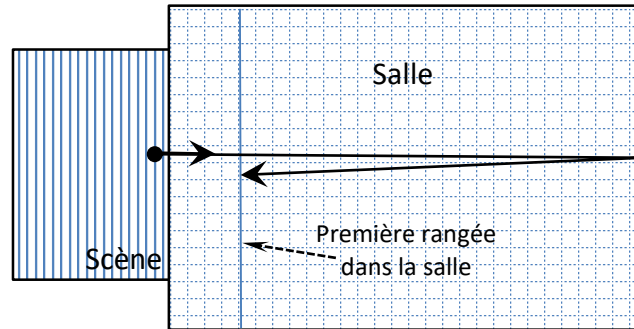
Règle simple : Lorsque l'écart entre deux niveaux acoustiques est supérieur à $10 dB$, le niveau le plus fort couvre complètement le niveau plus faible.

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- 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:

$$t = \frac{17m}{340m/s} = 0.05 \text{ seconde}$$



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 :

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

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

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