CORRIGE DU CONTROLE 1

Exercice 1

1.

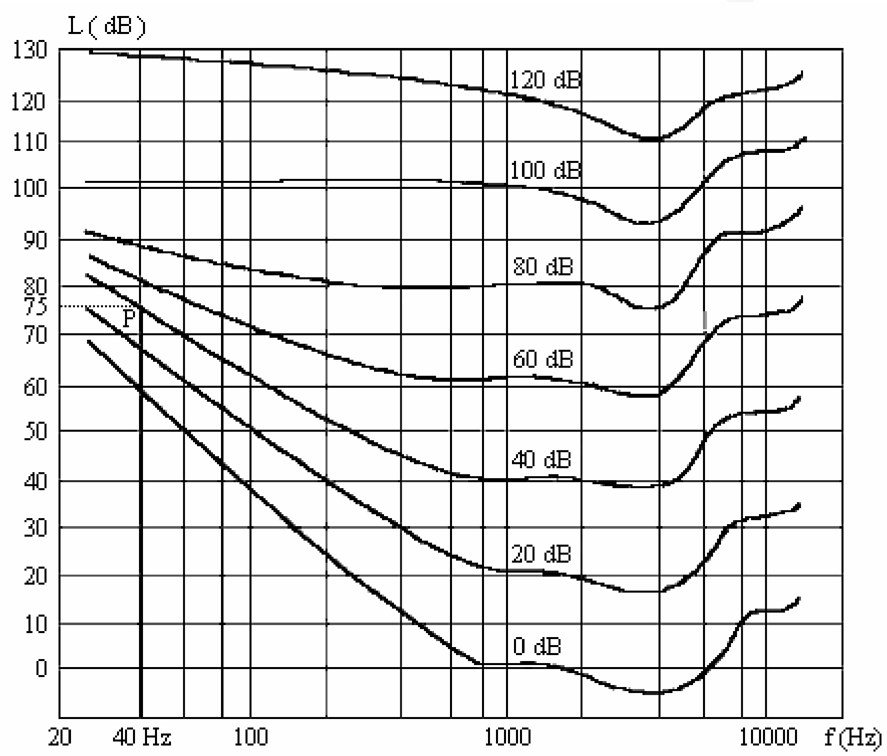
◆ A 1000 Hz, le seuil d'audibilité est arbitrairement fixé à 0 dB et le seuil de douleur se situe alors à 120 dB.

◆ Le niveau sonore d'un son de 40 Hz qui produit la même sensation sonore qu'un son de 40 dB et de fréquence 1000 Hz, est de 75 dB (voir la construction du point P sur la figure ci-dessous).

Remarque : La fréquence 40 Hz n'appartient pas au domaine de plus grande sensibilité de l'oreille contrairement à celle de 1000 Hz !

◆ La courbe correspondant à 100 dB est la courbe présente sur le diagramme qui est la moins dépendante de la fréquence (elle est plus « plate » que les autres).

La courbe correspondant à 80 dB présente, elle aussi, une partie plate assez marquée.



2. Un sonomètre permet de mesurer les niveaux sonores.

3. Soit f la fréquence de l'onde et T sa période : $f\,(\text{en Hz}) = \dfrac{1}{T\,(\text{en s})}$

La longueur d'onde s'écrit : $\boxed{\lambda = c\,T = \dfrac{c}{f}}$ A.N. : $\lambda \cong 34$ cm

4.

- la célérité augmente
- la longueur d'onde augmente
- la fréquence ne change pas
- l'amplitude diminue

Remarques :

La fréquence d'une onde est reliée à son énergie et caractérise l'onde.

La longueur d'onde dépend, elle, du milieu de propagation.

5. On se place à la distance x puis 2 x d'une source de puissance sonore P .

On écrit l'intensité sonore I et le niveau sonore L_I dans les deux cas :

$$I_1 = \frac{P}{4\pi x^2} \text{ et } L_I^{(1)} = 10\log\frac{I_1}{I_0}$$

$$I_2 = \frac{P}{4\pi(2x)^2} = \frac{I_1}{4} \text{ et } L_I^{(2)} = 10\log\frac{I_2}{I_0} = 10\log\frac{I_1}{4I_0} = \underbrace{10\log\frac{I_1}{I_0}}_{L_I^1} - \underbrace{10\log 4}_{6\,\text{dB}}$$

Lorsqu'il y a doublement de la distance, le niveau sonore diminue de 6 dB.

6. Les niveaux sonores sont notés respectivement :

$$L_A = 10\log\frac{I_A}{I_0} \;;\; L_B = 10\log\frac{I_B}{I_0} \;;\; L = 10\log\frac{I_A + I_B}{I_0}$$

On en déduit : $I_A = I_0\,10^{\frac{L_A}{10}}$; $I_B = I_0\,10^{\frac{L_B}{10}}$ et : $I_A + I_B = I_0\,10^{\frac{L}{10}}$

La dernière relation s'écrit alors : $\cancel{I_0}\,10^{\frac{L_A}{10}} + \cancel{I_0}\,10^{\frac{L_B}{10}} = \cancel{I_0}\,10^{\frac{L}{10}}$

On obtient, ensuite : $10^{\frac{L_B}{10}} = 10^{\frac{L}{10}} - 10^{\frac{L_A}{10}}$ puis, en prenant le logarithme de chaque membre : $\frac{L_B}{10} = \log\left(10^{\frac{L}{10}} - 10^{\frac{L_A}{10}}\right)$

Maths : $\log(10^y) = y$

Et, enfin : $\boxed{L_B = 10\log\left(10^{\frac{L}{10}} - 10^{\frac{L_A}{10}}\right)}$ $\boxed{\text{A.N.}: L_B \cong 92\text{ dB}}$

7. Par définition, on a : $\boxed{L_W = 10\log\frac{P}{P_0}}$ $\boxed{\text{A.N. } L_W \cong 107\text{ dB}}$

Exercice 2

1. On utilise la même méthode que dans l'exercice précédent :

$$\boxed{L = 10\log\left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_3}{10}} + 10^{\frac{L_4}{10}} + 10^{\frac{L_5}{10}} + 10^{\frac{L_6}{10}}\right)}$$

2. $\boxed{\text{A.N.}: L \cong 86{,}7\text{ dB}}$

3. Le niveau sonore est exprimé en dB ; pour mieux rendre compte de la sensation sonore que procure un bruit, on tient compte d'une pondération qui est fonction de la fréquence. Le niveau sonore d'un bruit pondéré (pondération A) se note en dB(A).

4.

Fréquence en Hz	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau en dB	84,3	80,5	77,3	72	69,3	68
Atténuation en dB(A)	- 16	- 8	- 3	0	+ 1	+ 1
Niveau en dB(A)	68,3	72,5	74,3	72	70,3	69

5. Cette fois, on tient compte de la pondération :

$$L' = 10\log\left(10^{\frac{68,3}{10}} + 10^{\frac{72,5}{10}} + 10^{\frac{74,3}{10}} + 10^{\frac{72}{10}} + 10^{\frac{70,3}{10}} + 10^{\frac{69}{10}}\right)$$

A.N. : $L' \cong 79,3\,\mathrm{dB(A)}$

Exercice 3

1. La fréquence f est l'inverse de la période du signal (une période a la dimension d'un temps). On a, alors : $[f] = T^{-1}$

Une grandeur exponentielle ou logarithmique n'a pas de dimension de sorte que le produit Bx n'a pas de dimension. On en déduit : $[B]\times[x] = 1$ soit : $[B] = L^{-1}$ car $[x] = L$

La relation donnant B devant être homogène, on en déduit :

$$[B] = [\alpha]\times[f]^2 \quad \text{et} \quad [B] = [\beta]\times[f]$$

On obtient : $[\alpha] = \dfrac{[B]}{[f]^2} = \dfrac{L^{-1}}{T^{-2}} = L^{-1}.T^2$ et : $[\beta] = \dfrac{[B]}{[f]} = \dfrac{L^{-1}}{T^{-1}} = L^{-1}.T$

2. La puissance sonore P émise par la source se répartit sur une surface sphérique de 1 m de rayon ; on note : $L_{I0} = 10\log\dfrac{P}{4\pi(1\mathrm{m})^2}\times\dfrac{1}{I_0}$

ce qui donne : $\boxed{P = 4\pi\times I_0\times 1\,\mathrm{m}^2\times 10^{\frac{L_{I0}}{10}}}$ A.N. : $P \cong 12,6\,\mathrm{W}$

3. La puissance sonore P émise par la source se répartit sur une surface sphérique de rayon x ; on note : $L_I(x) = 10\log\dfrac{P(x)}{4\pi x^2}\times\dfrac{1}{I_0}$ ou encore :

$L_I(x) = 10\log\dfrac{P\,e^{-Bx}}{4\pi x^2}\times\dfrac{1}{I_0}$ que l'on décompose ainsi : $L_I(x) = 10\log\dfrac{P}{4\pi(1\,\mathrm{m})^2}\times\dfrac{1}{I_0}\times e^{-Bx}\times\dfrac{(1\,\mathrm{m})^2}{x^2}$

$$L_I(x) = 10\log\frac{P}{4\pi(1\,\mathrm{m})^2}\times\frac{1}{I_0} + 10\log e^{-Bx} + 10\log\frac{(1\,\mathrm{m})^2}{x^2} \quad \text{(A)}$$

Attention ! Ne pas confondre le logarithme népérien (ln) et le logarithme décimal !

Les logarithmes, dans la base 10, se notent habituellement « log »

Les logarithmes, dans la base e, se notent « ln »

$$\ln(e) = \log 10 = 1$$

On passe d'une base à l'autre par : $\ln(N) = \underbrace{\ln(10)}_{\cong 2,3}\times\log N$

$$\ln(e^{-Bx}) \cong 2,3\times\log(e^{-Bx}) \quad \text{soit :} \quad -Bx \cong 2,3\times\log(e^{-Bx})$$

On obtient alors, pour (A) : $\boxed{L_I(x) = L_{I0} - \dfrac{10}{2,3}Bx - 20\log x}$

Maths : $10\log\dfrac{1}{x^2} = -10\log(x^2) = -20\log x$

4. a) La relation précédente indique que l'atténuation totale s'écrit :

$$\boxed{L_{I0} - L_I(x) \cong \frac{10}{2,3}Bx + 20\log x}$$

L’atténuation augmente donc avec le terme B et, compte tenu de l’expression de B, elle augmente aussi avec la fréquence du signal : l’atténuation la plus forte se produit pour la fréquence la plus élevée, l’atténuation la plus faible pour la plus petite des fréquences.

Conclusion :

fréquences	100 Hz	400 Hz	1000 Hz	5000 Hz	10000 Hz
Courbes	5	4	3	2	1

b) Les sons « graves » correspondent à des fréquences basses et sont mieux transmis que les sons « aigus ». Il est logique, dans ces conditions, de choisir des fréquences basses pour les avertisseurs afin d’augmenter leur « portée ».

c) L’atténuation doit être de 82 dB (120 dB – 38 dB). On reporte cette atténuation sur le diagramme fourni et on trouve :

fréquences	100 Hz	400 Hz	1000 Hz	5000 Hz	10000 Hz
x		4,2 km	2,5 km		0,2 km

Remarque : L’atténuation par dissipation augmente avec la fréquence dans un milieu solide également. Les séismes produisent des vibrations de basse fréquence, bien transmises par la croûte terrestre ; on peut les détecter à des distances forts éloignées de l’épicentre. Certains animaux émettent des infra-sons pour communiquer entre eux sur de longues distances.

Les sons, se propagent mieux dans un air humide que dans un air sec. Dans le brouillard, on a la sensation d’être plus proche des sources sonores (trains, cornes de brume, ..)

Légende dans le tableau précédent