CORRIGE DU CONTROLE 2

Exercice 1

1. La source sonore ponctuelle rayonne des ondes sphériques en espace libre. La surface S sur laquelle se répartit la puissance est donc celle d'une sphère de rayon x ; $\boxed{S = 4\,\pi\,x^2}$

2. L'intensité sonore $I(x)$ s'écrit : $\boxed{I(x) = \dfrac{\mathcal{P}_e}{4\,\pi\,x^2}}$

3. On applique le résultat précédent (avec x = 1 m) pour I_0 :

$$\boxed{I_0 = \frac{\mathcal{P}_e}{4\,\pi\,(1\,m)^2}} \qquad \text{A.N.}: I_0 \cong 7{,}96 \times 10^{-3}\ W.m^{-2}$$

L'expression rappelée dans le texte nous permet de calculer P_0 :

$$I_0 = \frac{P_0^{\,2}}{\rho\, v} \qquad \boxed{P_0 = \sqrt{I_0\,\rho\, v}} \qquad \text{A.N.}: P_0 \cong 1{,}80\ Pa$$

4. On a également : $I(x) = \dfrac{P(x)^2}{\rho\, v}$. Le terme $\rho\, v$ est constant de sorte que l'on en déduit : $\rho\, v = \dfrac{P(x)^2}{I(x)} = \dfrac{P_0^{\,2}}{I_0}$

puis : $P(x) = P_0 \sqrt{\dfrac{I(x)}{I_0}}$

Compte tenu des expressions des intensités sonores, on obtient : $\sqrt{\dfrac{I(x)}{I_0}} = \sqrt{\dfrac{\cancel{\mathcal{P}_e}}{\cancel{4\pi}\,x^2} \times \dfrac{\cancel{4\pi}\,(1\,m)^2}{\cancel{\mathcal{P}_e}}} = \dfrac{(1\,m)}{x}$

soit : $\boxed{P(x) = P_0\,\dfrac{1\,m}{x}}$

5. L'amplitude de l'onde sinusoïdale est reliée à la pression efficace par :

$P(x) = \dfrac{\hat{P}(x)}{\sqrt{2}}$. On en déduit : $\hat{P}(x) = P(x)\sqrt{2}$ soit : $\boxed{\hat{P}(x) = P_0\,\sqrt{2}\,\dfrac{1\,m}{x}}$

Le déphasage angulaire correspond à un décalage temporel : $\Phi(x) = \omega\, t_0$

avec $v\, t_0 = x$ et $\omega\, T = 2\,\pi$

On écrit : $\Phi(x) = \omega \dfrac{x}{v} = \dfrac{2\,\pi}{T} \times \dfrac{x}{v} = \dfrac{2\,\pi}{\lambda}\, x$ car $\lambda = v \times T$

On obtient : $\boxed{\Phi(x) = \dfrac{2\,\pi}{\lambda}\, x}$

6. La plus petite distance recherchée correspond à une longueur d'onde λ :

$$\boxed{\lambda = v \times T = \frac{v}{f}} \qquad \text{A.N.}: \lambda \cong 34\ cm$$

7. On pose : $P_{ref} = 20\ \mu Pa$. On note L_p le niveau acoustique à 5 mètres de la source :

avec x = 5 m, on a : $L_p = 20\log\frac{P(5)}{P_{ref}}$ avec : $P(5) = P_0 \times \frac{1\,m}{5\,m} = \frac{P_0}{5}$

$$\boxed{L_p = 20\log\frac{P_0}{5}\times\frac{1}{P_{ref}}}$$ A.N. : $L_p \cong 85{,}0$ dB

Remarque : dB spl, dBu, dBA, …

Le calcul du niveau relatif d'un signal peut se faire en prenant diverses références.

Le système de référence est alors indiqué par une ou plusieurs lettres placées derrière dB

- dB spl (ou dB_{SPL}) (« **S**ound **P**ressure **L**evel » indique que la pression de référence est $P_{ref} = 20\,\mu Pa$
- En enregistrement, par exemple, on utilise souvent le dBu qui adopte la référence des tensions égale à 0,775 V.

$$N\,(\text{en dBu}) = 10\log\frac{\text{tension du signal}}{0{,}775\ \text{V}}$$

- En enregistrement, toujours, on utilise aussi le dBV qui adopte la référence des tensions égale à 1 V :

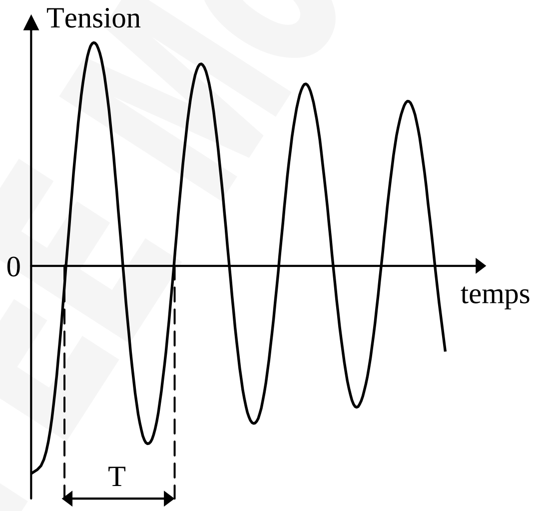
$$N\,(\text{en dBV}) = 10\log\frac{\text{tension du signal}}{1\ \text{V}}$$

- Parfois, la lettre placée derrière dB indique qu'une certaine pondération a été appliquée (dBA indique l'application de la pondération A au signal)

Exercice 2

A – Diapason

1. Le signal visualisé sur l'écran d'un oscillographe a l'allure indiquée ci-dessous :



Si l'amortissement n'est pas trop important, on peut considérer le signal comme sinusoïdal de période T.

2. On a : $\boxed{\lambda_S = c_S \times T = c_S \times \frac{1}{f}}$ A.N. : $\lambda_S \cong 75$ cm

3. La durée Δt cherchée s'écrit : $\boxed{\Delta t = \frac{d}{c_S}}$ A.N. : $\Delta t \cong 152$ ms

B – Sonomètre

1. On note I_1 l'intensité sonore cherchée, à la distance d_1 de la source. On a : $L_1 = 10\log\frac{I_1}{I_0}$ avec

$L_1 = 80$ dB ; on obtient, alors : $\boxed{I_1 = I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}}$ $\quad$ A.N. : $I_1 \cong 10^{-4}$ W.m^{-2}

2. Soit x le nombre de diapasons qui ajoutent leurs intensités sonores ; on a :

$L'_1 = 10\log\frac{x\,I_1}{I_0}$ puis : $L'_1 = 10\log\frac{I_1}{I_0} + 10\log x = L_1 + 10\log x$

On cherche donc un nombre x tel que : $10\log x = 6$ dB soit : $\boxed{x = 4}$

3. a) On note I_1 et I_2 les intensités sonores aux points situés respectivement aux distances d_1 et d_2 ($d_1 < d_2$) de la source de puissance P. Les niveaux sonores mesurés sont respectivement :

$$L_1 = 10\log\frac{P}{4\pi(d_1)^2} \text{ et } L_2 = 10\log\frac{P}{4\pi(d_2)^2} \text{ avec } L_1 > L_2 \text{ si } d_1 < d_2$$

L'affaiblissement du niveau est alors : $A = L_1 - L_2$ qui s'écrit :

$$A = 10\log\frac{P}{4\pi(d_1)^2} - 10\log\frac{P}{4\pi(d_2)^2} = 10\log\frac{\cancel{P}}{\cancel{4\pi}(d_1)^2} \times \frac{\cancel{4\pi}(d_2)^2}{\cancel{P}} \text{ soit : } \boxed{A = 20\log\frac{d_2}{d_1}}$$

b) L'affaiblissement est donc de 15 dB (80 dB – 65 dB).

La distance d_2 s'écrit : $d_2 = d_1 + x$.

On a : $15\text{ dB} = 20\log\frac{d_1 + x}{d_1}$ soit : $d_1 + x = d_1 10^{\frac{15}{20}}$

puis : $\boxed{x = d_1\left(10^{\frac{15}{20}} - 1\right)}$ $\quad$ A.N. : $x \cong 23$ cm

Exercice 3

1. Les machines sont des sources sonores qui émettent avec la même intensité dans toutes les directions de l'espace. La puissance sonore P est donc répartie sur une surface d'onde sphérique de rayon R.

On a : $I = \frac{P}{4\pi R^2}$ et, par conséquent : $\boxed{P = 4\pi R^2 \times I}$

A.N. : $P_1 = P_3 \cong 60$ mW $\quad$ A.N. : $P_2 \cong 80$ mW

2. Le niveau sonore relatif à une machine dont l'intensité sonore , en O, est I, s'écrit : $L = 10\log\frac{I}{I_0}$

On obtient : $\boxed{L_1 = L_3 = 10\log\frac{I_1}{I_0}}$ (car $I_1 = I_3$) $\quad$ A.N. : $L_1 = L_3 \cong 85$ dB

$\boxed{L_2 = 10\log\frac{I_2}{I_0}}$ $\quad$ A.N. : $L_2 \cong 86$ dB

3. On utilise un sonomètre pour mesurer les niveaux sonores ; Ceux-ci s'expriment en décibels (dB)

4. Lorsque les trois machines fonctionnent simultanément, les intensités sonores s'ajoutent, et ceci, quelle que soit la position de l'auditeur.

◆ Le niveau sonore, en O, devient :

$$\boxed{L_O = 10 \log \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_0}} \qquad \text{A.N.} : L_O \cong 90 \text{ dB}$$

Remarque 1 : cela correspond bien à l'indication du diagramme.

Remarque 2 : Les puissances sonores ne s'additionnent pas car les machines ne sont pas juxtaposées !… mais, ici, la disposition des machines est si particulière, par rapport à O, que l'on a en fait addition des puissances sonores !

En effet, le niveau sonore, en O, s'écrit aussi :

$$\boxed{L_O = 10 \log \frac{1}{4\pi R^2} \times \frac{(P_1 + P_2 + P_3)}{I_0}} \quad \text{car } I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

C'est un cas très particulier !

◆ Soient $I'_1 = I'_3$ et I'_2 les intensités sonores relatives aux trois machines (chacune fonctionnant seule), en P :

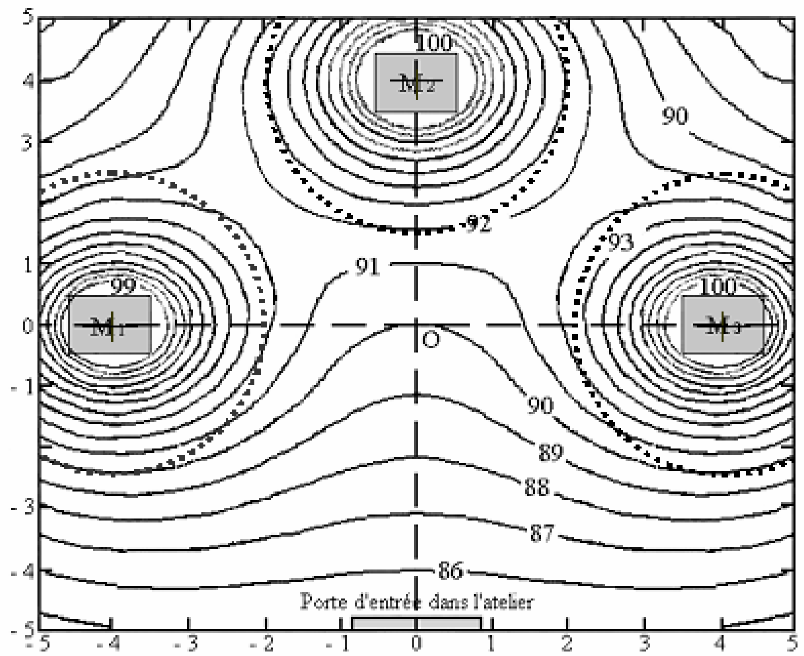
$$I'_1 = I'_3 = \frac{P_1}{4\pi(2R^2)} = \frac{I_1}{2} \quad \text{car la distance } PM_1 = PM_3 \text{ vaut : } R\sqrt{2}$$

$$I'_2 = \frac{P_2}{4\pi(2R)^2} = \frac{I_2}{4} \quad \text{car la distance } PM_2 \text{ vaut : } 2R$$

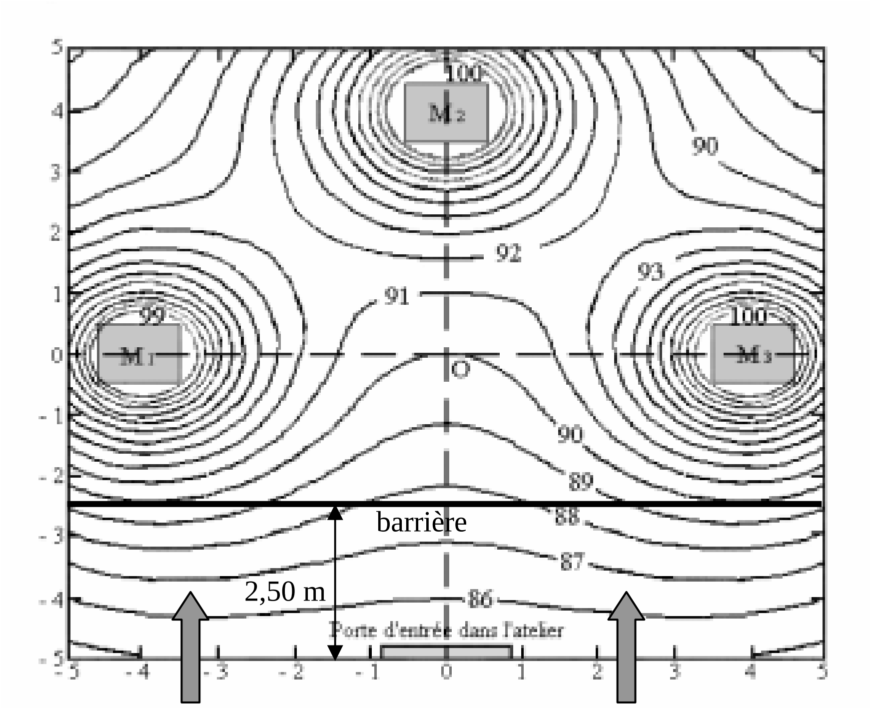
$$\boxed{L_P = 10 \log \frac{I'_1 + I'_2 + I'_3}{I_0}} \qquad \text{A.N.} : L_P \cong 86 \text{ dB}$$

Remarque : Noter que l'on retrouve, à peu de choses près, cette valeur sur le diagramme proposé dans le document-réponse.

5. a) On entoure, sur le diagramme, chaque machine d'un cercle de 2 m de rayon (cercles en pointillés épais). Les niveaux sonores atteints, dans ces trois zones, sont supérieurs à 90 dB. L'employeur doit faire porter des protecteurs aux techniciens.



b) La barrière doit délimiter une zone où le niveau sonore reste inférieur à 90 dB. La barrière peut être placée à 2,50 m de la porte d'entrée.



Zone accessible aux ouvriers sans obligation de la part de l'employeur