

Nuisances sonores d'un drone
(Bac Spécialité SI - Métropole - mars 2021)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

© <http://b.louchart.free.fr>

$$1. L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{\frac{P}{4\pi x^2}}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi x^2 I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{4\pi I_0}{x^2}\right) = 10 \times \left[\log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - \log(x^2) \right]$$

$$\Rightarrow L = 10 \times \left[\log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - 2\log(x) \right]$$

$$\Rightarrow L = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - 20 \log x$$

$$2. L = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - 20 \log x \quad \text{est de la forme } L = b + a \times (\log x)$$

donc la courbe $L = f(\log x)$ est une droite :

- d'ordonnée à l'origine $b = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) = 85 \text{ dB}$

car si $x = 1 \text{ m}$, alors $\log x = 0$ et $L = 85 \text{ dB}$ d'après les données.

- de coefficient directeur $a = -20 \text{ (S.I.)}$

Les graphiques B et D ne conviennent pas car l'ordonnée à l'origine ne vaut pas 85 dB.

Le graphique A ne convient pas car le coefficient directeur a vaut -10 (S.I.) , et non -20 (S.I.) .

Seul le graphique C respecte les critères, donc c'est lui qui est correct.

3.1. Notons L le niveau d'intensité sonore à une distance x
et L' le niveau d'intensité sonore à une distance $x' = 2x$

$$L' = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - 20 \log(x') = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - 20 \log(2x) = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - 20(\log 2 + \log x)$$

$$\Rightarrow L' = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi I_0}\right) - 20 \log x - 20 \log 2 = L - 6 \quad (\text{avec } L \text{ et } L' \text{ en dB})$$

Si la distance double, le niveau d'intensité sonore diminue donc de 6 dB (réponse c).

3.2. Pour trouver le niveau d'intensité sonore L'' à une distance $x'' = \frac{1}{10} \times x$, il suffit de refaire le même calcul qu'à la question 3.1., en remplaçant le "2" par " $\frac{1}{10}$ "

On obtient alors :

$$L'' = 10 \log \left(\frac{P}{4\pi I_0} \right) - 20 \log x - 20 \log \left(\frac{1}{10} \right) = L + 20 \quad (\text{avec } L \text{ et } L'' \text{ en dB})$$

Si la distance est divisée par 10, le niveau d'intensité sonore augmente donc de 20 dB (réponse c).

4. On a vu à la question 2 que $10 \log \left(\frac{P}{4\pi I_0} \right) = 85 \text{ dB}$

$$\text{On en déduit que : } \log \left(\frac{P}{4\pi I_0} \right) = 8,5 \text{ dB}$$

$$\Rightarrow \frac{P}{4\pi I_0} = 10^{8,5}$$

$$\Rightarrow P = 4\pi I_0 \times 10^{8,5} = 4\pi \times 10^{-12} \times 10^{8,5} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ W} = 4,0 \text{ mW}$$

5. D'après les données, le niveau d'intensité sonore pour une chambre à coucher est $L = 30 \text{ dB}$

Or d'après le graphique C, $L = 30 \text{ dB}$ pour $\log x = 2,75$, donc pour une distance

$$x = 10^{2,75} = 5,6 \times 10^2 \text{ m.}$$

C'est une distance beaucoup plus grande que la hauteur maximale imposée par la réglementation (120 m).

6. L'intensité sonore pour 1 drone à $x = 30 \text{ m}$ vaut :

$$I_1 = \frac{P}{4\pi x^2} = \frac{4,0 \times 10^{-3}}{4\pi \times 30^2} = 3,5 \times 10^{-7} \text{ W.m}^{-2}$$

On en déduit l'intensité sonore pour 500 drones :

$$I_{500} = 500 \times I_1 = 1,8 \times 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$$

Ce qui correspond à un niveau d'intensité sonore :

$$L_{500} = 10 \log \left(\frac{I_{500}}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{1,8 \times 10^{-4}}{1,0 \times 10^{-12}} \right) = 82 \text{ dB}$$

Cette valeur est inférieure à 85 dB qui est, d'après les données, le seuil de danger.

D'après ces données, les spectateurs n'ont donc pas besoin de protection auditives pendant le spectacle.

7. Déterminons à partir de quel nombre N de drones volant à 30 m des spectateurs le niveau d'intensité sonore L_N atteindrait le seuil de risque $L_{\text{risque}} = 85 \text{ dB}$.

$$L_N = L_{\text{risque}} \Rightarrow 10 \log \left(\frac{I_N}{I_0} \right) = L_{\text{risque}} \Rightarrow \log \left(\frac{I_N}{I_0} \right) = \frac{L_{\text{risque}}}{10} \Rightarrow \frac{I_N}{I_0} = 10^{\frac{L_{\text{risque}}}{10}} \Rightarrow \frac{N \times I_1}{I_0} = 10^{\frac{L_{\text{risque}}}{10}}$$

$$\Rightarrow N = \frac{I_0}{I_1} \times 10^{\frac{L_{\text{risque}}}{10}} = \frac{1,0 \times 10^{-12}}{3,5 \times 10^{-7}} \times 10^{\frac{L_{\text{risque}}}{10}} = 900 \text{ drones}$$

Ce grand nombre possible de drones permettra au metteur en scène de ne pas être trop limité techniquement pour la réalisation de son spectacle.