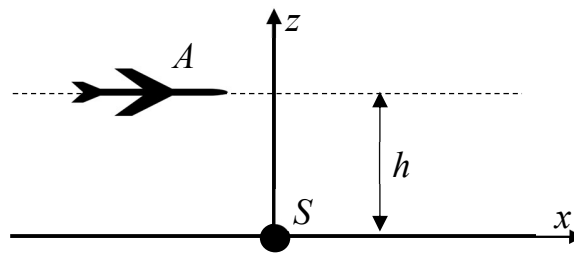


Son perçu par un avion

Un avion A voyageant à une vitesse $v = 100 \text{ m/s}$ à une altitude constante de $h = 2.5 \text{ km}$ survole une source sonore S posée au sol. La source émet un son d'une puissance $P = 2000 \text{ W}$ et d'une fréquence de $f_s = 1000 \text{ Hz}$. La vitesse du déplacement du son dans l'air est $c = 340 \text{ m/s}$. On prend comme origine des axes la position de la source et la direction x parallèle à la direction du déplacement de l'avion. On prend comme origine du temps l'instant où l'avion passe juste au-dessus de la source sonore.

- Sans faire d'application numérique, déterminer l'expression de la fréquence du son reçu par l'avion en fonction du temps.
- Sans faire d'application numérique, déterminer l'expression de l'intensité du signal sonore reçu par l'avion en fonction du temps si on néglige l'atténuation du son par perte d'énergie dans l'air. On néglige aussi la réflexion du son sur le sol.
- Quelles est la valeur en décibel de l'intensité maximale $L_{I_{max}}$ du son reçu par l'avion?
- En fait, l'atténuation du son dans l'air n'est pas négligeable et le coefficient d'atténuation pour ce signal est $A = 5.0 \text{ dB/km}$. Quelle est dans ce cas, l'intensité en dB du signal maximal reçu par l'avion?



Solution :

- a) Sans faire d'application numérique, déterminer l'expression de la fréquence du son reçu par l'avion en fonction du temps.

Soit x la coordonnée de la position de l'avion dans la direction x et r la distance entre l'avion et la source sonore : $r = \sqrt{h^2 + x^2}$

La fréquence du son reçu par l'avion est donné par :

$$f_r = \frac{1 - \beta_r}{1 - \beta_s} f_s$$

avec:

$$\beta_r = \frac{\vec{v} \cdot \vec{u}_{r/s}}{c} = \frac{v}{c} \frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$

où $\vec{u}_{r/s}$ est le vecteur unitaire du déplacement du son de la source au récepteur.

Et $\beta_s = 0$. Ceci donne :

$$f_r = \left(1 - \frac{v}{c} \frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}}\right) f_s = \left(1 - \frac{v}{c} \frac{vt}{\sqrt{h^2 + v^2 t^2}}\right) f_s$$

- b) Sans faire d'application numérique, déterminer l'expression de l'intensité du signal sonore reçu par l'avion en fonction du temps si on néglige l'atténuation du son par perte d'énergie dans l'air. On néglige aussi la réflexion du son sur le sol.

L'intensité du signal est donnée par :

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

C'est-à-dire :

$$I(t) = \frac{P}{4\pi(h^2 + x^2)} = \frac{P}{4\pi(h^2 + v^2 t^2)}$$

- c) Quelles est la valeur en décibel de l'intensité maximale $L_{I_{max}}$ du son reçu par l'avion?

L'intensité maximale est obtenue pour $t=0$.

$$I_{max} = \frac{P}{4\pi h^2}$$

On sait que :

$$L_{I_{max}} = 10 \log \frac{P}{P_0} - 10 \log \frac{4\pi h^2}{S_0}$$

avec $P_0 = 10^{-12} W$ et $S_0 = 1 m^2$

d'où :

$$L_{I_{max}} = 10 \log \frac{I_{max} S_0}{P_0} = 10 \log \frac{2000 \times 1}{4\pi \times 2500^2 \times 10^{-12}} = 74.06 dB$$

- d) En fait, l'atténuation du son dans l'air n'est pas négligeable et le coefficient d'atténuation pour ce signal est $A = 5.0 \text{ dB/km}$. Quelle est dans ce cas, l'intensité en dB du signal maximal reçu par l'avion?

On sait que

$$L_I(r) = L_I(r_0) - 20 \log \frac{r}{r_0} - A (r - r_0)$$

À $t=0$, $L_I(r_0) - 20 \log \frac{r}{r_0} = L_{I_{\max}}$ et $r - r_0 \approx h$

ce qui donne :

$$L_I(t = 0) = L_{I_{\max}} - A h = 74.06 - 5 \times 2.5 = 61.56 \text{ dB}$$