Bac 2021 juin (Jour 2) Sciences de l'ingénieur Correction © http://labolycee.org

Partie Sciences physiques Durée : 30 min (barème sur 10 pts, rapporté sur 2,5 pts)

EXERCICE C – Enregistrement sonore en stéréophonie

Mots-clés : niveau d'intensité sonore ; interférences destructives ; interfrange.

La stéréophonie se réfère à un mode de reproduction sonore visant à reconstituer la répartition dans l'espace des sources d'origine.

On crée la stéréo en utilisant plusieurs canaux audios indépendants reliés à au moins deux enceintes, de manière à reconstituer l'espace sonore voulu par l'artiste. Par exemple, un signal distribué en quantité égale sur deux enceintes en phase et de même sensibilité semblera provenir d'un point virtuel situé entre les enceintes.

Le but de cet exercice est d'étudier l'altération de l'enregistrement en stéréophonie dans certaines conditions d'écoute.

Données :

- intensité sonore au seuil d'audibilité à $1\ \mathrm{kHz}$: $I_0 = 1{,}00 \times 10^{-12}\ \mathrm{W \cdot m^2}$;
- célérité du son dans l'air dans les conditions de l'exercice : $v_{\mathrm{son}} = 340\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

On considère deux enceintes acoustiques identiques dans un espace libre, c'est-à-dire sans parois pouvant créer une réverbération par réflexion. Chaque enceinte acoustique est modélisée par une source sonore ponctuelle (S_1 et S_2) pouvant émettre dans toutes les directions tout le spectre audible entre $20\ \mathrm{Hz}$ et $20\ 000\ \mathrm{Hz}$ avec une intensité sonore constante.

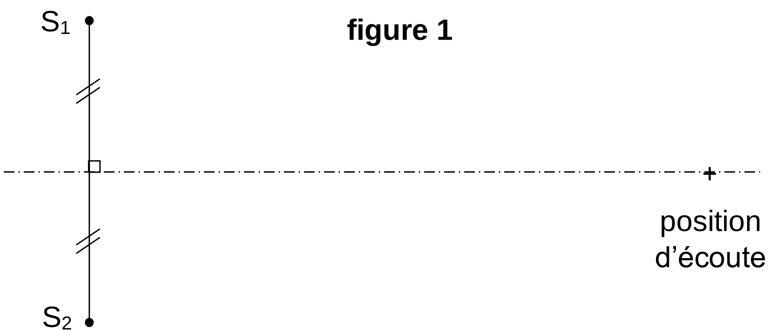


figure 1

La position d'écoute est située sur la médiatrice du segment formé par les deux sources S_1 et S_2 (voir la **figure 1** ci-dessus). Lorsque seule la source 1 est branchée, le niveau d'intensité sonore à la position d'écoute est L_1.

1. ***S_2 délivre le même signal sonore que S_1. En l'absence d'interférences entre les deux sources, déterminer l'expression L_{1+2} du niveau d'intensité sonore en fonction de L_1.***

(1,5pt) On additionne les intensités sonores.

$L_{1+2} = 10 \log \left(\frac{2I_1}{I_0}\right)$

Comme log (a×b) = log(a) + log(b) avec a = 2 et b = $\frac{I_1}{I_0}$

$L_{1+2} = 10 \log(2) + 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0}\right)$

$L_{1+2} = 3{,}0 + L_1$

2. **On s'intéresse maintenant au phénomène d'interférences entre les ondes issues des deux sources supposées identiques et émettant des signaux de même fréquence et en phase. Préciser s'il y a interférences constructives ou destructives dans cette position d'écoute. Justifier.**

(1 pt) Le point d'écoute est à égale distance des deux sources. Les ondes sonores arrivent donc en phase. Les interférences sont constructives.

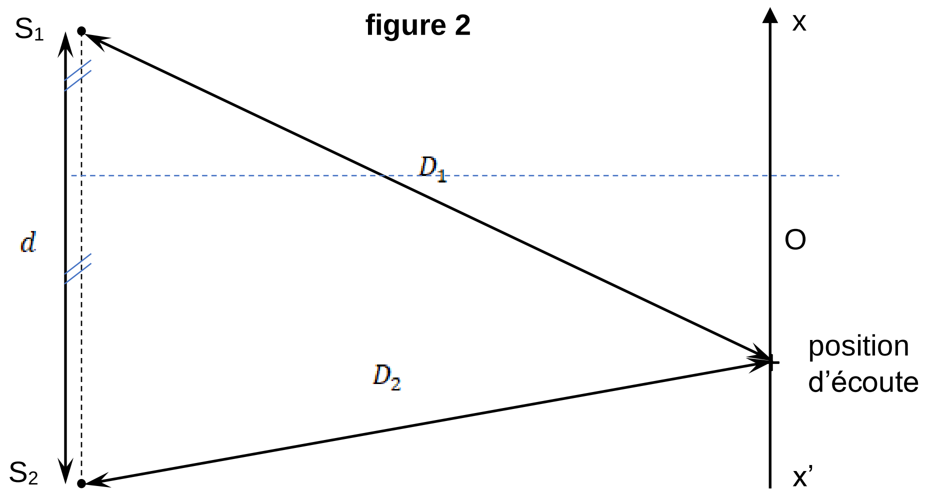
La différence de marche est $\delta = 0$ ce qui vérifie la condition d'interférences constructives $\delta = k.\lambda$ avec $k = 0$.

3. **Donner la condition nécessaire pour que la position d'écoute soit un lieu d'interférences destructives.**

(1 pt) Il faut que les ondes sonores soient en opposition de phase au point d'écoute. Pour cela, il faut que la différence de marche $\delta = (2k + 1).\frac{\lambda}{2}$

La position d'écoute est maintenant telle que $D_1 = 3{,}34$ m, $D_2 = 3{,}00$ m et $d = 2{,}00$ m comme indiquée sur la **figure 2** ci-dessous.

figure 2



4. **Exprimer et calculer la longueur d'onde λ_1 la plus grande pour laquelle les interférences sont destructives.**

(2 pts) Interférences destructives si $\delta = (2k + 1).\dfrac{\lambda}{2}$

donc $2\delta = (2k+1).\lambda$

$\lambda = \dfrac{2\delta}{2k+1}$ alors la plus grande longueur d'onde λ correspond à $k = 0$.

$\lambda = 2\ \delta$

D'après la figure $\delta = D_1 - D_2$.

$\lambda = 2\ (D_1 - D_2)$

$\lambda = 2\times(3{,}34 - 3{,}00) = 0{,}68$ m = 68 cm

5. **Déterminer les quatre premières fréquences pour lesquelles le niveau d'intensité sonore perçu est diminué par le phénomène d'interférence. On introduira au besoin un entier k.**

(2 pt) On a établi $\lambda = \dfrac{2\delta}{2k+1}$ or $\lambda = \dfrac{v_{son}}{f}$

$\dfrac{2\delta}{2k+1} = \dfrac{v_{son}}{f}$

$2\delta.f = (2k+1).v_{son}$

$f = \dfrac{(2k+1).v_{son}}{2\delta}$ avec $\delta = D_1 - D_2 = 0{,}34$ m

Pour $k = 0$, $f = \dfrac{(2\times 0+1).v_{son}}{2\delta} = \dfrac{v_{son}}{2\delta}$

$f = \dfrac{340}{2\times 0{,}34}$ = $5{,}0\times10^2$ Hz

Pour $k = 1$, $f = \dfrac{(2\times 1+1).v_{son}}{2\delta} = \dfrac{3v_{son}}{2\delta}$

$f = \dfrac{3\times 340}{2\times 0{,}34}$ = $1{,}5\times10^3$ Hz

Pour $k = 2$, $f = \dfrac{(2\times 2+1).v_{son}}{2\delta} = \dfrac{5v_{son}}{2\delta}$

$f = \dfrac{5\times 340}{2\times 0{,}34}$ = $2{,}5\times10^3$ Hz

Pour $k = 3$, $f = \dfrac{(2\times 3+1).v_{son}}{2\delta} = \dfrac{7v_{son}}{2\delta}$

$f = \dfrac{7\times 340}{2\times 0{,}34}$ = $3{,}5\times10^3$ Hz

6. **Un auditeur se déplace sur l'axe (x'x) représenté sur la figure 2 de la position d'écoute précédente vers le point O. Décrire qualitativement comment évoluent les fréquences perturbées par le phénomène d'interférence. Justifier.**

(1 pt) On a établi $f = \frac{(2k+1).v_{son}}{2\delta}$ et en remontant vers le point O δ diminue donc les fréquences perturbées augmentent.

7. **Expliquer avec des considérations physiques issues des questions précédentes en quoi l'écoute d'une séquence audio en stéréophonie peut être altérée.**

(1,5 pt) L'écoute en stéréophonie est altérée sauf en position O.
En d'autres positions, la séquence audio est perçue avec des fréquences manquantes en raison des interférences destructives.