Spécialité : Comment éliminer l'effet larsen ?

Bac S 2014 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Compléter la légende du document 1 de l'annexe en précisant la nature du signal pour les repères 3, 4 et 5.

Le microphone convertit l'onde sonore en signal électrique, l'amplificateur augmente l'amplitude de ce signal, puis le haut-parleur le convertit de nouveau en onde sonore.

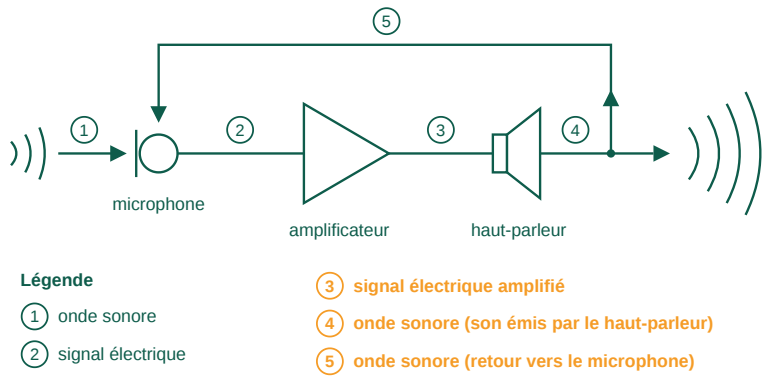
③ : signal électrique amplifié

④ : onde sonore (son émis par le haut-parleur)

⑤ : onde sonore (partie du son du haut-parleur qui revient vers le microphone)

③ : signal électrique amplifié ; ④ et ⑤ : ondes sonores.

PIÈGE
Le repère 5 n'est pas un fil. C'est le trajet dans l'air du son émis par le haut-parleur et capté de nouveau par le microphone : une onde sonore, pas un signal électrique.



1 · Document 1 de l'annexe, légende complétée (en orange)

2 Calculer la variation du niveau d'intensité sonore lorsque la distance à une source sonore isotrope double. Cette valeur est-elle compatible avec celle déduite du document 3 ?

Données utiles $I = \dfrac{P}{4\pi d^2}$; $L = 10\log\dfrac{I}{I_0}$; tableau du document 3

À la distance d : $I_1 = \dfrac{P}{4\pi d^2}$. À la distance $2d$: $I_2 = \dfrac{P}{4\pi(2d)^2} = \dfrac{I_1}{4}$.

L'intensité sonore est divisée par 4. La variation du niveau est :

$$\Delta L = L_2 - L_1 = 10\log\frac{I_2}{I_0} - 10\log\frac{I_1}{I_0} = 10\log\frac{I_2}{I_1} = 10\log\frac{1}{4} = -6{,}0 \text{ dB}$$

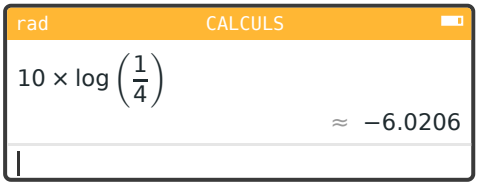
Document 3, première ligne : 92 dB à 1 m et 86 dB à 2 m ; 78 dB à 5 m et 72 dB à 10 m ; 68 dB à 15 m et 62 dB à 30 m. L'écart vaut chaque fois -6 dB.

$\Delta L = -10\log 4 \approx -6$ dB : le niveau baisse de 6 dB quand la distance double, ce qui est compatible avec le document 3.

PIÈGE
Diviser le niveau par 4 ou par 2. C'est l'intensité I qui est divisée par 4 ; le niveau L, lui, diminue de 6 dB, quelle que soit sa valeur de départ.

MÉTHODE
Une différence de niveaux ne dépend que du rapport des intensités : $L_2 - L_1 = 10\log\dfrac{I_2}{I_1}$. Ni P ni I_0 ne sont nécessaires.

À LA CALCULATRICE



3 L'éloignement du haut-parleur du microphone permet-il à lui seul d'éviter l'effet Larsen dans cette salle ? Justifier par des calculs, puis proposer deux autres pistes pour limiter l'apparition de cet effet.

Données utiles salle 13 m × 5 m × 2,5 m ; $P = 12\ \mu\text{W}$; orateur à 1 m du microphone ; $L = 85$ dB à 1 m du haut-parleur ; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$; -6 dB quand la distance double (Q2)

Critère (document 1). L'effet Larsen apparaît si, au niveau du microphone, le son venant du haut-parleur a un niveau supérieur à celui de la voix.

Niveau de la voix au microphone ($d = 1$ m) :

$$I_v = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{12 \times 10^{-6}}{4\pi \times 1^2} = 9{,}5 \times 10^{-7}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$L_v = 10 \log \frac{I_v}{I_0} = 10 \log \frac{9{,}5 \times 10^{-7}}{1{,}0 \times 10^{-12}} = 60\ \text{dB}$$

Niveau du son du haut-parleur au microphone. Dans le document 3, la ligne qui commence par 85 dB à 1 m donne 61 dB à 15 m et 59 dB à 20 m : pour descendre sous 60 dB, il faut une distance D comprise entre 15 m et 20 m.

Par le calcul : l'intensité varie en $1/D^2$, donc $L(D) = 85 - 20 \log D$ avec D en mètres. La condition $L(D) < 60$ dB donne $D > 10^{(85-60)/20} \approx 18$ m.

Dimensions de la salle. La plus grande distance possible au sol est la diagonale : $\sqrt{13^2 + 5^2} \approx 14$ m. À cette distance, $L = 85 - 20 \log 14 = 62$ dB, valeur encore supérieure à 60 dB.

L'éloignement ne suffit pas : il faudrait $D \approx 18$ m alors que la salle n'offre que 14 m au plus ; le son du haut-parleur arrive au microphone à 62 dB au moins, contre 60 dB pour la voix.

Deux autres pistes.

Utiliser un microphone directionnel (microphone n°2 du document 4) et l'orienter vers l'orateur en lui faisant tourner le dos au haut-parleur : à 180°, sa sensibilité est réduite d'environ 10 dB, ce qui revient à capter le son du haut-parleur à $62 - 10 = 52$ dB au lieu de 62 dB.

Rapprocher l'orateur du microphone : chaque division de la distance par 2 ajoute 6 dB (Q2), soit 66 dB à 0,5 m et 72 dB à 0,25 m. La ligne 85 dB du document 3 indique 71 dB à 5 m : une distance D de 5 m suffit alors. On peut aussi diminuer le gain de l'amplificateur.

PIÈGE
Comparer 85 dB et 60 dB sans réfléchir aux positions. Les deux niveaux se comparent au même endroit, celui du microphone : 85 dB est mesuré à 1 m du haut-parleur, pas à la distance D.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme P et I_0 : 59,8 dB s'arrondit à 60 dB. Le tableau du document 3 est donné au décibel près, les niveaux se comparent donc à l'unité.

MÉTHODE
Question ouverte : 1) écrire le critère tiré du document ; 2) calculer chaque grandeur à comparer, au même point ; 3) confronter à la contrainte (ici la taille de la salle) ; 4) conclure par une phrase chiffrée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{12 \times 10^{-6}}{4 \times \pi \times 1^2} \approx 9.549297 \times 10^{-7}$$

$$10 \times \log\left(\frac{12 \times 10^{-6}}{4 \times \pi \times 1^2 \times 1.0 \times 10^{-12}}\right) \approx 59.79971$$

$$10^{\frac{85-60}{20}} \approx 17.78279$$

$$\sqrt{13^2 + 5^2} \approx 13.92839$$

$$85 - 20 \times \log(14) \approx 62.07744$$