Spécialité : A propos de la protection contre le bruit

Bac S 2013 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Nommer le phénomène ondulatoire utilisé par la technologie « ANR » pour réduire le bruit reçu.

Le haut-parleur émet un « contre bruit » qui se superpose au bruit extérieur près du tympan : les deux ondes sonores interfèrent.

Phénomène d'**interférences destructives**.

PIÈGE
Répondre « atténuation » ou « absorption » : c'est le rôle d'un casque passif. Ici, une seconde onde est ajoutée à la première.

1.2 Expliquer théoriquement et à l'aide de schémas simples comment ce phénomène peut annuler la perception d'une onde progressive sinusoïdale.

En un point où deux ondes se superposent, leurs élongations s'additionnent.

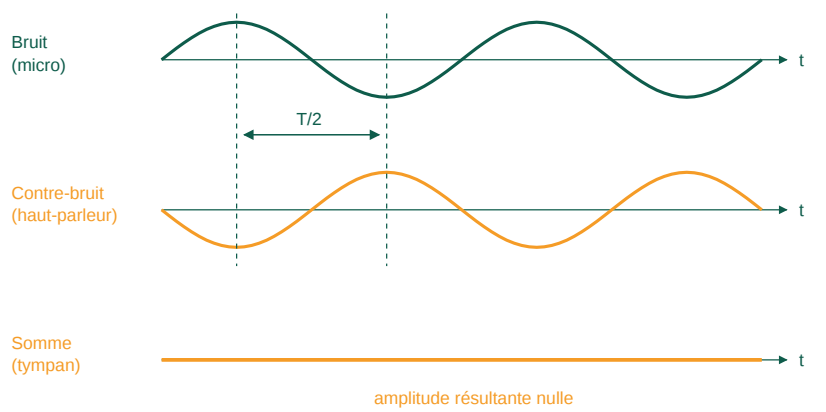
Le microphone capte le bruit, sinusoïdal de période T. Le circuit électronique commande au haut-parleur une onde de **même fréquence**, de **même amplitude**, mais décalée d'une demi-période ($\tau = (2k+1)\dfrac{T}{2}$) : elle est en **opposition de phase** avec le bruit au niveau du tympan.

À chaque instant, quand le bruit vaut $+y$, le contre-bruit vaut $-y$: la somme est nulle (voir schéma).

Bruit et contre-bruit en opposition de phase et de même amplitude : l'onde résultante a une amplitude nulle, le tympan ne vibre plus.

COMPRENDRE
Interférences constructives : retard $\tau = kT$, amplitudes qui s'ajoutent. Destructives : $\tau = (2k+1)\dfrac{T}{2}$. Si les amplitudes diffèrent un peu, le son est seulement atténué, ce qui est le cas réel.

MÉTHODE
Pour un schéma d'interférences, tracer les deux sinusoïdes l'une sous l'autre avec le même axe des temps, puis la somme point par point.



1.2 · Superposition du bruit et du contre-bruit en opposition de phase

2.1 Calculer le niveau sonore L_1 du son reçu par la personne sans casque.

Données utiles $I_1 = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$L_1 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{1{,}0\times10^{-3}}{1{,}0\times10^{-12}}\right) = 10\log\left(10^9\right)$$

$L_1 = 90\ \text{dB}$

PIÈGE
Oublier le facteur 10 (on trouverait 9) ou utiliser la touche ln au lieu de log (207 dB, absurde).

COMPRENDRE
Le niveau sonore se donne à l'unité près en dB : deux chiffres significatifs ici, comme I_1.

À LA CALCULATRICE

rad — CALCULS

$$10 \times \log\left(\frac{1.0 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-12}}\right) \approx 90$$

2.2 En déduire le niveau sonore L_2 du son à travers un casque « NoiseMaster® », puis calculer l'intensité sonore I_2 correspondante.

Données utiles $L_1 = 90$ dB (2.1) ; document 4 ; $f = 500$ Hz

Le casque NoiseMaster® est un casque actif : on utilise la courbe 3 du document 4. La courbe 1 (bruit sans casque, vers 90 dB) correspond bien au niveau L_1.

À $f = 500$ Hz, on lit sur la courbe 3 : $L_2 = 60$ dB.

$$L_2 = 10 \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \text{ donc } I_2 = I_0 \times 10^{L_2/10}$$

$$I_2 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{60/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{6}$$

$$\boxed{L_2 = 60 \text{ dB et } I_2 = 1{,}0 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}$$

COMPRENDRE
Le casque retire 30 dB : l'intensité est divisée par 10^3, pas par 30. Chaque baisse de 10 dB divise l'intensité par 10.

MÉTHODE
Pour revenir de L à I : diviser par 10, puis prendre la puissance de 10 (10^x est la touche inverse de log).

À LA CALCULATRICE

rad — CALCULS

$$1.0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{60}{10}} \approx 1 \times 10^{-6}$$



2.2 · Courbe 3 du document 4 (relevé simplifié) : lecture à 500 Hz

3.1 Déterminer, en justifiant, si le bruit perçu par l'ouvrier situé à 1,0 m de l'engin présente un danger pour son système auditif.

Données utiles $P = 15$ mW ; $R = 1{,}0$ m ; $S = 4\pi R^2$; document 2 : seuil de danger 90 dB

Intensité reçue à la distance R :

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{15 \times 10^{-3}}{4\pi \times 1{,}0^2} = 1{,}2 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Niveau sonore :

$$L = 10 \log\left(\frac{P}{4\pi R^2 I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{15 \times 10^{-3}}{4\pi \times 1{,}0^2 \times 1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 91 \text{ dB}$$

D'après le document 2, L dépasse le seuil de danger (90 dB).

$$\boxed{L = 91 \text{ dB} > 90 \text{ dB} : \text{le bruit est dangereux pour l'oreille de l'ouvrier.}}$$

PIÈGE
Laisser P en mW : on trouverait 121 dB, au-delà du seuil de douleur. Garder la valeur non arrondie de I pour calculer L.

COMPRENDRE
Le document 2 ne parle pas de durée d'exposition. En pratique, le risque dépend aussi du temps passé dans le bruit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{15 \times 10^{-3}}{4 \times \pi \times 1.0^2} \approx 0.001193662$$

$$10 \times \log\left(\frac{15 \times 10^{-3}}{4 \times \pi \times 1.0^2 \times 1.0 \times 10^{-12}}\right) \approx 90.76881$$

3.2 L'ouvrier met son casque NoiseMaster®. Quel est le niveau sonore ressenti ? Le danger persiste-t-il ?

Données utiles $L = 91$ dB (3.1) ; $f = 125$ Hz ; document 4, courbe 3

Le bruit de l'engin (91 dB) a un niveau voisin de celui de la courbe 1 : la courbe 3 du document 4 s'applique.

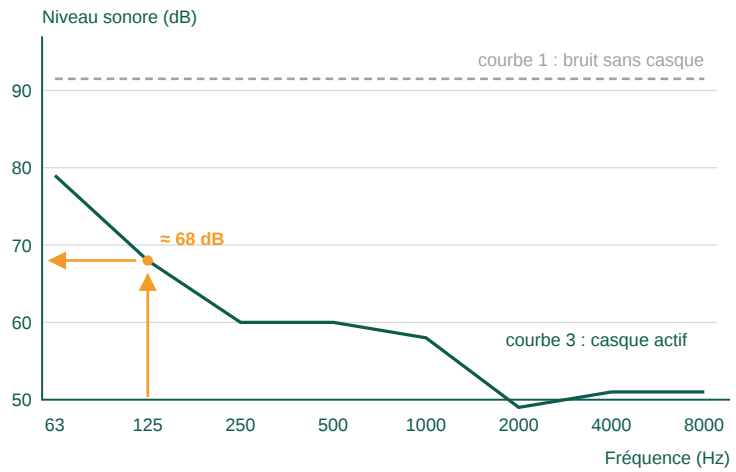
À $f = 125$ Hz, on lit sur la courbe 3 un niveau d'environ 68 dB.

Ce niveau est inférieur au seuil de risque (85 dB) et au seuil de danger (90 dB) du document 2.

$L' \approx 68$ dB : avec le casque, le danger disparaît.

PIÈGE
Lire la courbe 2 (casque passif) ou à 500 Hz par habitude : l'énoncé fixe 125 Hz, fréquence à laquelle le casque atténue le moins.

COMPRENDRE
La lecture sur ce graphique en perspective est approximative : toute valeur entre 65 et 70 dB est acceptable, la conclusion ne change pas.



3.2 · Courbe 3 du document 4 (relevé simplifié) : lecture à 125 Hz

3.3 L'ouvrier retire son casque et se place à 10 m de l'engin. Est-ce plus efficace que le casque de la question 3.2 ?

Données utiles $P = 15$ mW ; $R' = 10$ m ; $L' \approx 68$ dB (3.2)

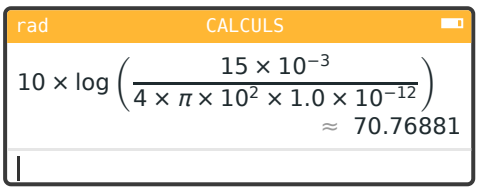
Avec l'expression obtenue en 3.1 :

$$L'' = 10\log\left(\frac{P}{4\pi R'^2 I_0}\right) = 10\log\left(\frac{15\times10^{-3}}{4\pi\times10^2\times1{,}0\times10^{-12}}\right) = 71 \text{ dB}$$

Sans casque à 10 m : 71 dB. Avec le casque à 1,0 m : environ 68 dB.

$L'' = 71$ dB $> L' \approx 68$ dB : s'éloigner à 10 m est un peu moins efficace que porter le casque, mais supprime aussi le danger.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE
L'écart (environ 3 dB) est du même ordre que la précision de lecture du document 4 : les deux solutions protègent de façon comparable.

MÉTHODE
Distance multipliée par 10 : intensité divisée par 10^2, soit L diminué de $10\log(100) = 20$ dB. On retrouve $91 - 20 = 71$ dB sans tout recalculer.