Spécialité : Autour de l'oreille

Bac S 2010 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Donner la définition de la hauteur d'un son.

La hauteur d'un son est la sensation auditive qui permet de dire s'il est grave ou aigu. Elle est mesurée par la fréquence du fondamental du son, exprimée en hertz.

Hauteur d'un son : fréquence f_1 de son fondamental (son grave : f_1 faible ; son aigu : f_1 élevée).

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques relevaient de l'enseignement de spécialité du bac S. Ils ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale, qui conserve l'intensité sonore et le niveau en décibels.

1.2 Déterminer la hauteur du son de l'enregistrement 1.

Données utiles enregistrement 1 : maximums de la tension à $t = 0$ ms et à $t = 8{,}0$ ms, séparés par 4 périodes

La tension est périodique. Entre les maximums situés à $t = 0$ et $t = 8{,}0$ ms, on compte 4 périodes :

$4T = 8{,}0$ ms, donc $T = 2{,}0$ ms $= 2{,}0 \times 10^{-3}$ s.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}0 \times 10^{-3}}$$

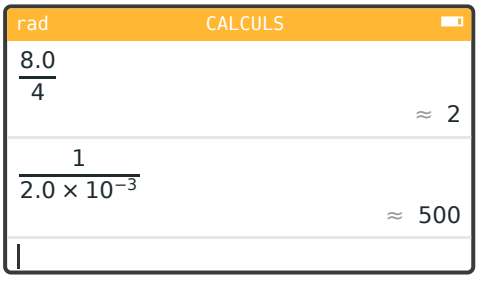
$f = 5{,}0 \times 10^{2}$ Hz : c'est la hauteur du son enregistré.

PIÈGE
Laisser T en millisecondes : $1 \div 2{,}0$ donne $0{,}50$, qui est une fréquence en kHz et non en Hz.

COMPRENDRE
La durée est lue avec deux chiffres significatifs (8,0 ms) : la fréquence est donnée avec deux chiffres, $5{,}0 \times 10^{2}$ Hz et non « 500 Hz ».

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser : l'erreur de lecture sur le graphique est répartie sur 4 périodes au lieu d'une seule.

À LA CALCULATRICE



1.3 Quelle modification l'expérimentateur a-t-il effectuée pour obtenir l'enregistrement 2 ? Quel paramètre du son (hauteur, intensité, timbre) a varié ? Justifier.

Données utiles amplitude de la tension : 2 V (enregistrement 1), 5 V (enregistrement 2) ; $T = 2{,}0$ ms (Q1.2)

L'amplitude de la tension passe de 2 V à 5 V : l'expérimentateur a augmenté l'amplitude du signal délivré par le générateur.

La période reste égale à 2,0 ms : la fréquence, donc la hauteur, est inchangée. La courbe reste une sinusoïde : le timbre est inchangé.

Le paramètre qui a varié est l'**intensité** du son : elle a augmenté, car l'amplitude de la vibration est plus grande.

PIÈGE
Ne pas se fier à l'allure des courbes, presque identiques à l'œil : l'échelle verticale a changé. Il faut lire les graduations (2 V puis 5 V).

1.4 À l'aide de l'analyse spectrale, montrer que la hauteur du son de l'enregistrement 3 est identique à celle des enregistrements 1 et 2.

Données utiles spectre : 4 pics régulièrement espacés, le quatrième à 2000 Hz ; $f = 5{,}0 \times 10^2$ Hz (Q1.2)

La hauteur d'un son est la fréquence f_1 de son fondamental, c'est-à-dire celle du pic de plus basse fréquence du spectre.

Les pics suivants sont les harmoniques, de fréquences multiples de f_1 : $f_n = n\,f_1$. Les quatre pics sont régulièrement espacés et le quatrième est à $f_4 = 2000$ Hz :

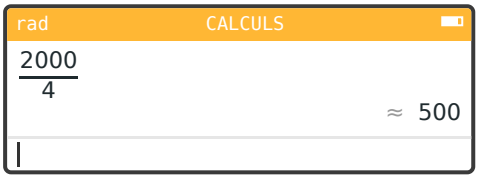
$$f_1 = \frac{f_4}{4} = \frac{2000}{4} = 500 \text{ Hz}$$

$f_1 = 500$ Hz : même hauteur que les sons 1 et 2 ($5{,}0 \times 10^2$ Hz).

PIÈGE
Prendre pour hauteur la seule fréquence graduée (2000 Hz) ou le pic le plus haut. La hauteur est toujours la fréquence du premier pic, même s'il n'est pas le plus grand.

COMPRENDRE
Vérification sur l'enregistrement 3 : le motif se répète toutes les 2 ms, comme pour les sons 1 et 2. Même période, donc même hauteur.

À LA CALCULATRICE



1.5 Quelle différence présente le son de l'enregistrement 3 par rapport aux enregistrements 1 et 2 ? Quel paramètre du son est ainsi mis en évidence ? Justifier.

Les tensions 1 et 2 sont sinusoïdales : ce sont des sons purs, dont le spectre ne contiendrait qu'un pic, à 500 Hz.

La tension 3 est périodique mais non sinusoïdale : c'est un son complexe, dont le spectre contient, en plus du fondamental, trois harmoniques (1000 Hz, 1500 Hz et 2000 Hz).

À hauteur égale, les sons diffèrent par leur composition en harmoniques : le paramètre mis en évidence est le **timbre**.

COMPRENDRE
Le timbre dépend du nombre d'harmoniques et de leurs amplitudes relatives. C'est lui qui permet de distinguer deux instruments jouant la même note.

2.1 Montrer, à partir de la définition du niveau sonore, que l'intensité du son de niveau $L = 50$ dB vaut $I = 1{,}0 \times 10^{-7}$ W · m^{-2}.

Données utiles $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W · m^{-2} ; $L = 50$ dB

$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ donne $\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{L}{10}$, soit $\frac{I}{I_0} = 10^{L/10}$.

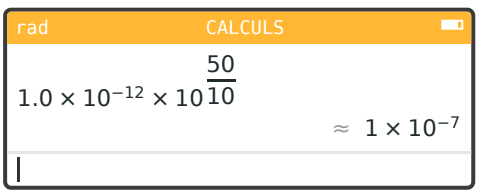
$$I = I_0 \times 10^{L/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{50/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^5$$

$I = 1{,}0 \times 10^{-7}$ W · m^{-2} : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Le sujet écrit « le niveau sonore I » : c'est une coquille. Le niveau sonore est L, en décibels ; I est l'intensité sonore, en W · m^{-2}.

MÉTHODE
Pour retirer un logarithme décimal : si $\log x = a$, alors $x = 10^a$. Diviser d'abord par 10, puis passer à la puissance de dix.

À LA CALCULATRICE



2.2 Deux sources identiques donnent une intensité $I_2 = 2I_1$. Montrer, à partir de la définition du niveau sonore, que $L_2 = L_1 + 3$ dB.

Données utiles $L_1 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$; $I_2 = 2\,I_1$

$$L_2 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{2\,I_1}{I_0}\right)$$

Comme $\log(a \times b) = \log a + \log b$:

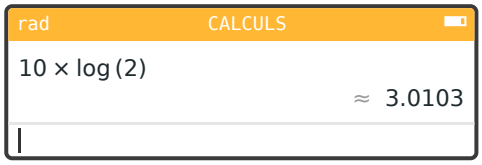
$$L_2 = 10\log 2 + 10\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10\log 2 + L_1$$

Or $10\log 2 = 3{,}0$, donc :

$L_2 = L_1 + 3$ dB : la relation attendue.

PIÈGE
Doubler l'intensité ne double pas le niveau sonore : ce sont les intensités qui s'ajoutent, pas les décibels. Deux sources de 50 dB donnent 53 dB, pas 100 dB.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 Le domaine audible s'étend d'environ 20 Hz à 20 kHz. Où se situent les sons aigus ? Et les sons graves ?

Un son est d'autant plus aigu que sa fréquence est élevée, d'autant plus grave qu'elle est faible.

Sons aigus : fréquences élevées, à droite du diagramme (vers 20 kHz). Sons graves : fréquences faibles, à gauche du diagramme (vers 20 Hz).

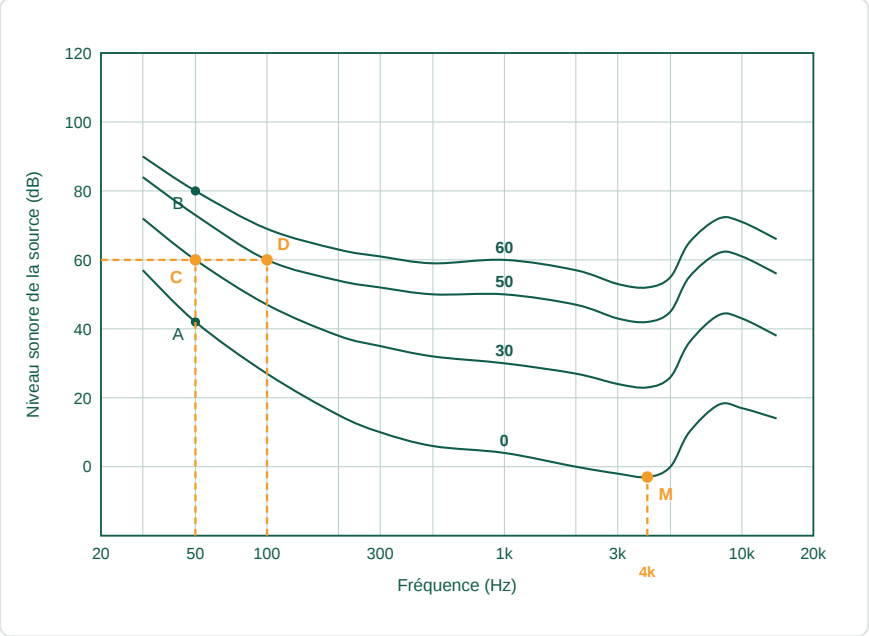
2.3.2 Sur le diagramme de l'annexe, placer le point de la courbe de niveau 0 qui justifie que la sensibilité maximale de l'oreille se situe autour de 4000 Hz.

La courbe de niveau 0 donne, pour chaque fréquence, le niveau sonore minimal qu'une source doit avoir pour être entendue. L'oreille est la plus sensible à la fréquence pour laquelle ce niveau est le plus faible.

On place donc le point M au minimum de la courbe de niveau 0. Son abscisse, entre les graduations 3k et 10k, est voisine de 4000 Hz.

M est le point le plus bas de la courbe « minimum audible » : il se situe vers 4000 Hz.

PIÈGE
L'axe des fréquences est logarithmique : 4000 Hz n'est pas à mi-distance de 3k et 10k, mais nettement plus près de 3k.



2.3.2 · Annexe complétée (schéma simplifié : seules les courbes d'isotonie 0, 30, 50 et 60 dB sont reproduites)

2.3.3 Deux sons ont le même niveau sonore, 60 dB, l'un à 50 Hz, l'autre à 100 Hz. Déterminer, avec un tracé sur l'annexe, le niveau sonore perçu par l'oreille pour chacun.

Données utiles exemple du sujet : le point B (50 Hz ; 80 dB) est sur la courbe d'isotonie 60, le son est perçu à 60 dB

On place les points d'ordonnée 60 dB (niveau de la source) : C à l'abscisse 50 Hz, D à l'abscisse 100 Hz (voir l'annexe complétée, question 2.3.2). Le niveau perçu est celui de la courbe d'isotonie qui passe par le point.

Le point C est sur la courbe d'isotonie 30. Le point D est sur la courbe d'isotonie 50.

Son de 50 Hz : perçu à environ 30 dB. Son de 100 Hz : perçu à environ 50 dB.

PIÈGE
Le niveau perçu ne se lit pas sur l'axe vertical, qui donne le niveau de la source : il se lit sur le numéro de la courbe passant par le point.

MÉTHODE
Si un point tombe entre deux courbes, on estime le niveau perçu entre les deux numéros voisins, d'après les distances à chacune.

2.3.4 Parmi ces deux sons, lequel sera perçu avec le plus d'intensité par l'oreille ?

Données utiles niveaux perçus : 30 dB à 50 Hz et 50 dB à 100 Hz (Q2.3.3)

Le niveau sonore est une fonction croissante de l'intensité : le son perçu avec le niveau le plus élevé est perçu avec le plus d'intensité.
Or $50\ \text{dB} > 30\ \text{dB}$.

Le son de fréquence 100 Hz est perçu avec le plus d'intensité, bien que les deux sources aient le même niveau de 60 dB.

COMPRENDRE
Un écart de 20 dB correspond à un rapport $10^{20/10} = 100$ entre les intensités. L'oreille est peu sensible aux sons très graves.

À LA CALCULATRICE

