On vous donne le "la"

Bac S 2019 Métropole (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Le son émis par le diapason tenu à la main est-il pur ? Justifier.

Un son pur correspond à un signal sinusoïdal. Le signal de la figure 1 se répète à peu près à l'identique, mais chaque motif porte plusieurs petites ondulations : il n'a pas la forme d'une sinusoïde.

Le son obtenu n'est **pas pur** : c'est un son complexe.

COMPRENDRE
Pur ne veut pas dire périodique. Un signal périodique quelconque est un son complexe : seul le cas particulier de la sinusoïde donne un son pur, dont le spectre ne contient qu'un pic.

1.2 Estimer la période du signal à partir de la figure 1. Le résultat est-il cohérent avec la fréquence de 440 Hz annoncée par le constructeur ?

Données utiles figure 1 : 8 motifs entre deux maximums situés à $t \approx 1{,}0$ ms et $t \approx 19{,}6$ ms ; $f_{\text{La3}} = 440$ Hz

Pour gagner en précision, on mesure la durée du plus grand nombre possible de périodes. Entre le premier grand maximum ($t \approx 1{,}0$ ms) et le neuvième ($t \approx 19{,}6$ ms), on compte 8 périodes :

$$8\,T = 19{,}6 - 1{,}0 = 18{,}6 \text{ ms} \quad \text{donc} \quad T = \frac{18{,}6}{8} \approx 2{,}3 \text{ ms}$$

Fréquence correspondante : $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{2{,}3 \times 10^{-3}} \approx 4{,}3 \times 10^{2}$ Hz.

Un La3 a pour période $\dfrac{1}{440} = 2{,}27 \times 10^{-3}$ s, soit 2,3 ms avec la précision de la lecture graphique.

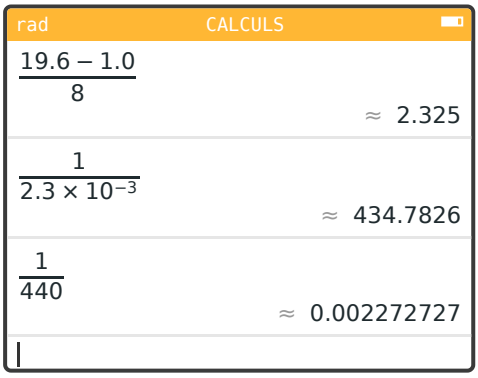
$T \approx 2{,}3$ ms, soit $f \approx 4{,}3 \times 10^{2}$ Hz : résultat cohérent avec les 440 Hz annoncés.

PIÈGE
Oublier de convertir les millisecondes en secondes avant de calculer $f = 1/T$: on trouverait 0,43 Hz, valeur absurde pour un son audible.

COMPRENDRE
La lecture sur l'axe se fait à quelques dixièmes de milliseconde près : deux chiffres significatifs suffisent pour T, donc pour f. Un écart de 10 Hz sur 440 Hz (environ 2 %) n'a alors rien d'anormal.

MÉTHODE
Mesurer n périodes puis diviser par n : l'erreur de lecture sur l'axe est elle aussi divisée par n. Repérer des points homologues faciles à pointer (maximums, passages par zéro dans le même sens).

À LA CALCULATRICE



2.1 Parmi les spectres a, b et c de la figure 2, lequel correspond au son enregistré ? Justifier.

Données utiles spectre a : pics à 436 Hz et 2620 Hz ; spectre b : un seul pic à 438 Hz ; spectre c : pics à 218 Hz et 436 Hz ; $f \approx 4{,}3 \times 10^2$ Hz (1.2)

Le son n'est pas pur (1.1) : son spectre contient plusieurs pics. Le spectre b, qui n'en montre qu'un, est écarté.

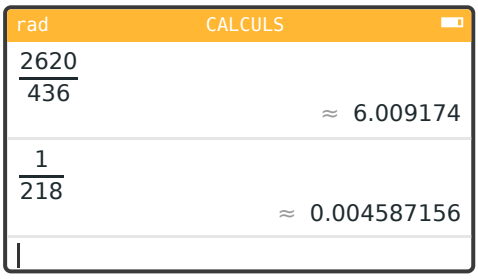
La fréquence du signal, voisine de 440 Hz (1.2), est celle du fondamental, c'est-à-dire du pic de plus basse fréquence. Dans le spectre c, le fondamental est à 218 Hz : la période vaudrait environ 4,6 ms, ce qui ne correspond pas à la figure 1.

Dans le spectre a, le fondamental est à 436 Hz et le second pic vérifie $\frac{2620}{436} \approx 6$: c'est l'harmonique de rang 6.

Le son enregistré correspond au **spectre a**.

COMPRENDRE
L'harmonique de rang 6 se voit sur la figure 1 : chaque motif porte environ six petites ondulations. La fréquence d'un son complexe est toujours celle de son fondamental.

À LA CALCULATRICE



2.2 Comment distingue-t-on un signal analogique d'un signal numérique ?

Un signal analogique varie de façon continue au cours du temps : il peut prendre n'importe quelle valeur dans un intervalle.

Un signal numérique varie par paliers : il ne prend qu'un nombre fini de valeurs, à des instants séparés, et chaque valeur est codée par un nombre binaire.

Analogique : variation **continue**. Numérique : variation **discrète** (par paliers).

COMPRENDRE
La numérisation (échantillonnage, quantification, taille d'un fichier) ne figure plus au programme de spécialité de Terminale : elle est aujourd'hui traitée en enseignement scientifique de Première. Les questions 2.2 à 2.4 restent un bon exercice de raisonnement.

2.3 Montrer qu'avec la durée, la fréquence d'échantillonnage et le nombre de bits choisis, la taille du fichier ne dépasse pas la limite imposée.

Données utiles $\Delta t = 2{,}0$ s ; $f_e = 44$ kHz ; $N = 32$ bits ; taille maximale 500 ko ; 1 octet = 8 bits

Le logiciel prélève f_e échantillons par seconde pendant la durée Δt : le nombre d'échantillons est $f_e \times \Delta t$. Chacun est codé sur N bits, donc la taille du fichier est :

$$\text{taille} = f_e \times \Delta t \times N = 44 \times 10^3 \times 2{,}0 \times 32 = 2{,}8 \times 10^6 \text{ bits}$$

En octets : $\frac{2{,}8 \times 10^6}{8} = 3{,}5 \times 10^5$ octets, soit $3{,}5 \times 10^2$ ko.

Taille $\approx 3{,}5 \times 10^2$ ko < 500 ko : la condition est respectée.

PIÈGE
Laisser f_e en kilohertz, ou comparer directement le nombre de bits à 500 ko. Il faut diviser par 8 pour passer aux octets, puis par 10^3 pour passer aux kilooctets.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$44 \times 10^3 \times 2.0 \times 32$ $\approx$ 2816000

$\frac{2\,816\,000}{8}$ $\approx$ 352000

2.4 Quel est l'intérêt d'augmenter la fréquence d'échantillonnage ? Quel en serait l'inconvénient ?

Intérêt : les valeurs sont prélevées à intervalles de temps $T_e = \frac{1}{f_e}$ plus courts. Le signal numérique suit de plus près les variations du signal analogique : la numérisation est plus fidèle.

Inconvénient : le nombre d'échantillons $f_e \times \Delta t$ augmente, donc la taille du fichier aussi. Il occupe plus de mémoire et se transfère plus lentement ; la limite de 500 ko pourrait être dépassée.

Signal numérique plus **fidèle**, mais fichier plus **volumineux**.

COMPRENDRE
Avec les réglages de la question 2.3, la limite de 500 ko serait atteinte pour $f_e \approx 62$ kHz : on ne peut donc pas augmenter beaucoup la fréquence d'échantillonnage sans réduire Δt ou N.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{500 \times 10^3 \times 8}{2.0 \times 32}$ $\approx$ 62500

3.1 Vérifier que les intensités sonores aux points B_1 et B_2 sont reliées approximativement par $I_{B2} = \frac{I_{B1}}{50}$.

Données utiles $L_{B1} = 59$ dB ; $L_{B2} = 42$ dB ; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W · m^{-2}

Le niveau d'intensité sonore est $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$, d'où $I = I_0 \times 10^{L/10}$.

Le rapport des deux intensités ne dépend plus de I_0 :

$$\frac{I_{B1}}{I_{B2}} = \frac{I_0 \times 10^{L_{B1}/10}}{I_0 \times 10^{L_{B2}/10}} = 10^{\frac{L_{B1}-L_{B2}}{10}} = 10^{\frac{59-42}{10}} = 10^{1{,}7} \approx 50$$

$\frac{I_{B1}}{I_{B2}} \approx 50$, donc $I_{B2} \approx \frac{I_{B1}}{50}$: la relation est vérifiée.

PIÈGE
Diviser les niveaux ($59 \div 42$) au lieu des intensités. Les décibels se retranchent : une différence de niveaux correspond à un rapport d'intensités.

MÉTHODE
On peut aussi calculer chaque intensité, $I_{B1} = 7{,}9 \times 10^{-7}$ W · m^{-2} et $I_{B2} = 1{,}6 \times 10^{-8}$ W · m^{-2}, puis diviser. Le rapport littéral est plus rapide et évite les arrondis intermédiaires.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$10^{\frac{59-42}{10}}$ $\approx$ 50.11872

$1.0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{59}{10}}$ $\approx$ 7.943282×10^{-7}

$1.0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{42}{10}}$ $\approx$ 1.584893×10^{-8}

3.2 Montrer quantitativement que les deux mesures L_{B1} et L_{B2} sont cohérentes avec la courbe d'atténuation de la figure 4b.

Données utiles $L_{B1} = 59$ dB ; $L_{B2} = 42$ dB ; figure 4b : atténuation $L - L_{\max}$ en fonction de θ

B_1 est dans le plan du diapason : $\theta = 0^\circ$. La courbe donne une atténuation nulle, donc $L_{B1} = L_{\max} = 59$ dB.

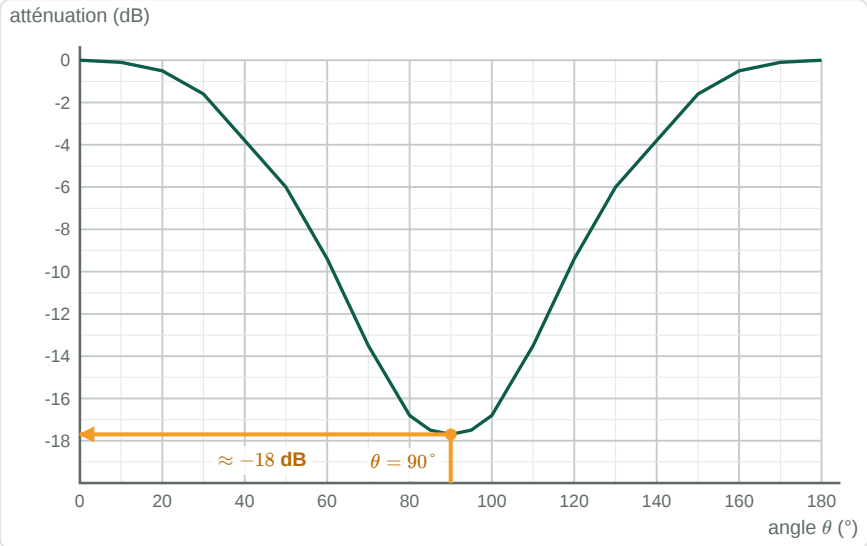
B_2 est sur la perpendiculaire au plan du diapason : $\theta = 90^\circ$. La courbe y passe par son minimum, où on lit une atténuation d'environ -18 dB.

Atténuation mesurée en B_2 : $L_{B2} - L_{\max} = 42 - 59 = -17$ dB.

Atténuation mesurée -17 dB, atténuation lue ≈ -18 dB : à 1 dB près, les mesures sont cohérentes avec la courbe.

COMPRENDRE

L'écart de 1 dB est de l'ordre de la précision des sonomètres, qui affichent ici des valeurs entières, et de la lecture graphique. Une atténuation de -17 dB correspond au rapport 50 de la question 3.1.



3.2 · Figure 4b du sujet, avec la lecture pour le point B_2

À LA CALCULATRICE

