Spécialité : Concert en sous sol

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

1.1 Quelle est la fréquence f de vibration du son émis par le diapason ?

Données utiles document 2 : enregistrement du son du diapason sur 10 ms

Sur le document 2, on mesure la durée de plusieurs périodes pour limiter l'erreur de lecture. Entre le premier maximum ($t \approx 0{,}55$ ms) et le cinquième ($t \approx 9{,}65$ ms), il y a 4 périodes :

$4T = 9{,}1$ ms, soit $T = \dfrac{9{,}1}{4} = 2{,}3$ ms environ.

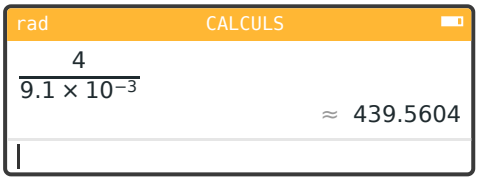
$$f = \frac{1}{T} = \frac{4}{9{,}1 \times 10^{-3}} = 4{,}4 \times 10^{2} \text{ Hz}$$

$f \approx 4{,}4 \times 10^{2}$ Hz : le diapason émet le la3 à 440 Hz.

PIÈGE
Mesurer une seule période : l'erreur de lecture pèse alors quatre fois plus. Penser aussi à convertir les millisecondes en secondes avant de calculer f.

COMPRENDRE
La lecture graphique donne deux chiffres significatifs. Le document 1 confirme la valeur : d'une octave à la suivante la fréquence double (110, 220, puis 880 Hz pour le la4), donc le la3 vaut $2 \times 220 = 440$ Hz.

À LA CALCULATRICE



1.2 Les trois musiciens jouent-ils une note de même hauteur ? Justifier.

Données utiles documents 3, 4 et 5 : enregistrements et spectres ; document 1 : la4 à 880 Hz ; $f = 440$ Hz (1.1)

La hauteur d'un son est fixée par la fréquence de son fondamental, c'est-à-dire le premier pic du spectre (fréquence la plus basse).

- Piano (document 3) : fondamental vers $0{,}44$ kHz. Vérification sur l'enregistrement : $6T = 13{,}6$ ms, d'où $f = \dfrac{6}{13{,}6 \times 10^{-3}} = 4{,}4 \times 10^{2}$ Hz.
- Guitare (document 5) : fondamental vers $0{,}44$ kHz. Vérification : $7T = 15{,}9$ ms, d'où $f = \dfrac{7}{15{,}9 \times 10^{-3}} = 4{,}4 \times 10^{2}$ Hz.
- Flûte (document 4) : fondamental vers $0{,}88$ kHz. Vérification : $8T = 9{,}1$ ms, d'où $f = \dfrac{8}{9{,}1 \times 10^{-3}} = 8{,}8 \times 10^{2}$ Hz.

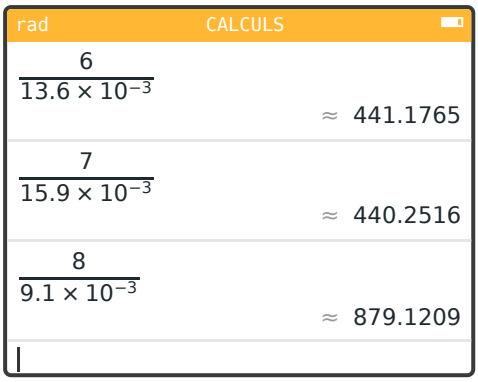
Le piano et la guitare jouent le la3 du diapason (440 Hz, aux incertitudes de lecture près). La flûte joue une note de fréquence double : d'après le document 1, c'est le la4, une octave plus haut.

Non : piano et guitare jouent à la même hauteur (440 Hz), mais la flûte joue plus aigu (880 Hz).

PIÈGE
Comparer la forme des signaux ou le nombre de pics des spectres : cela renseigne sur le timbre, pas sur la hauteur. Seule la fréquence du fondamental compte ici.

COMPRENDRE
Les notions de hauteur, de timbre et d'harmoniques relevaient de l'ancien enseignement de spécialité ; elles ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quels phénomènes physiques interviennent au cours de la propagation du son dans une salle ? En citer au moins trois.

- La **réflexion** de l'onde sonore sur les murs, le sol et le plafond (document 6).
- L'**absorption** d'une partie de l'énergie sonore par les parois, qui atténue le son.
- La **diffraction** par les ouvertures et les obstacles (porte, mobilier, spectateurs).

On peut citer aussi les interférences entre le son direct et les sons réfléchis.

Réflexion, absorption et diffraction.

COMPRENDRE
La réverbération décrite au document 6 est la conséquence des réflexions successives : le son persiste tant que les parois n'ont pas absorbé son énergie.

2.2 Quelle est l'unité du coefficient de valeur 0,16 dans la formule de Sabine ?

Données utiles $T_R = \dfrac{0{,}16 \times V}{A}$ avec T_R en s, V en m^3, A en m^2

On isole le coefficient, noté k : $k = \dfrac{T_R \times A}{V}$

Son unité est donc celle du quotient : $\dfrac{\mathrm{s} \times \mathrm{m}^2}{\mathrm{m}^3} = \mathrm{s} \cdot \mathrm{m}^{-1}$

Le coefficient 0,16 s'exprime en $\mathrm{s} \cdot \mathrm{m}^{-1}$.

MÉTHODE
Pour trouver l'unité d'une constante : l'isoler dans la relation, remplacer chaque grandeur par son unité, puis simplifier.

2.3 En l'absence de spectateurs, la pièce du sous-sol est-elle une bonne salle de concert ? Justifier.

Données utiles $L = 10{,}0$ m ; $l = 5{,}0$ m ; $h = 3{,}0$ m ; $S_{\text{béton}} = 187\ \text{m}^2$, $\alpha_{\text{béton}} = 0{,}010$; $S_{\text{bois}} = 3{,}0\ \text{m}^2$, $\alpha_{\text{bois}} = 0{,}15$; bonne salle de musique : T_R de 1,0 à 2,5 s

Volume de la salle : $V = L \times l \times h = 10{,}0 \times 5{,}0 \times 3{,}0 = 1{,}5 \times 10^2\ \text{m}^3$

Aire absorbante équivalente (béton et porte en bois) :

$A = \alpha_{\text{béton}}\, S_{\text{béton}} + \alpha_{\text{bois}}\, S_{\text{bois}} = 0{,}010 \times 187 + 0{,}15 \times 3{,}0 = 1{,}87 + 0{,}45 = 2{,}32\ \text{m}^2$

Durée de réverbération :

$$T_R = \frac{0{,}16 \times V}{A} = \frac{0{,}16 \times 150}{2{,}32} = 10\ \text{s}$$

D'après le document 6, une bonne salle de musique a une durée de réverbération comprise entre 1,0 s et 2,5 s. Ici elle est environ quatre fois trop longue : les notes successives se superposent et la musique devient confuse.

$T_R \approx 10\ \text{s} > 2{,}5\ \text{s}$: la pièce vide n'est pas une bonne salle de concert.

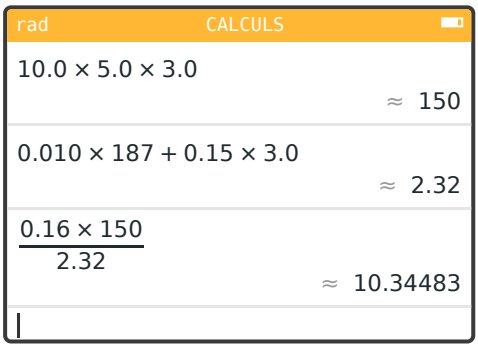
PIÈGE

Oublier la porte : avec 3,0 m² seulement, le bois apporte pourtant près de 20 % de l'absorption, car son coefficient est quinze fois celui du béton.

COMPRENDRE

Le béton réfléchit 99 % de l'énergie sonore qu'il reçoit : le son rebondit très longtemps avant de s'éteindre. Résultat donné avec deux chiffres significatifs, comme 0,16 et les dimensions.

À LA CALCULATRICE



2.4 Quelle surface de panneaux absorbants faut-il poser sur les murs pour obtenir une durée de réverbération de 2,0 s ?

Données utiles $T_R = 2{,}0$ s ; $\alpha_{\text{panneau}} = 0{,}50$; $V = 150\ \text{m}^3$ et $A = 2{,}32\ \text{m}^2$ sans panneau (2.3) ; $\alpha_{\text{béton}} = 0{,}010$

Aire absorbante équivalente nécessaire :

$$A' = \frac{0{,}16 \times V}{T_R} = \frac{0{,}16 \times 150}{2{,}0} = 12\ \text{m}^2$$

Les panneaux, de surface S_p, recouvrent une partie du béton des murs : la surface de béton apparente devient $S_{\text{béton}} - S_p$.

$$A' = \alpha_{\text{béton}}\,(S_{\text{béton}} - S_p) + \alpha_{\text{bois}}\,S_{\text{bois}} + \alpha_{\text{panneau}}\,S_p = A + (\alpha_{\text{panneau}} - \alpha_{\text{béton}})\,S_p$$

$$S_p = \frac{A' - A}{\alpha_{\text{panneau}} - \alpha_{\text{béton}}} = \frac{12 - 2{,}32}{0{,}50 - 0{,}010} = 20\ \text{m}^2$$

Il faut environ $S_p = 20\ \text{m}^2$ de panneaux absorbants.

PIÈGE

Raisonner comme si T_R était proportionnelle à la surface de panneaux. C'est l'aire équivalente A qui doit être multipliée par 5 environ, en passant de 2,32 à 12 m².

COMPRENDRE

Sans retrancher le béton masqué, on trouve $9{,}68 \div 0{,}50 \approx 19\ \text{m}^2$: l'écart est faible car le béton absorbe très peu. Les murs offrent 87 m² hors porte, la pose est donc possible.

À LA CALCULATRICE

