Spécialité : Etude de différents sons

Bac S 2005 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Quelles sont les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique pour produire un son ? Nommer les parties du violon qui les remplissent.

Un instrument de musique doit **vibrer** (créer une vibration) et **émettre** (communiquer cette vibration à l'air pour qu'elle s'y propage).

Dans le violon, les **cordes**, excitées par l'archet, vibrent. La **table d'harmonie**, grande surface en contact avec l'air, émet le son ; le fond, relié à la table par l'âme, y participe.

Vibrer : les cordes. Émettre : la table d'harmonie (et le fond).

COMPRENDRE
Une corde seule déplace très peu d'air : on l'entend à peine. Le chevalet et l'âme ne font que transmettre la vibration aux surfaces qui rayonnent le son.

2.1.1 Deux des sons correspondent à la même note. Quelle est leur propriété physiologique commune ? Nommer la grandeur physique associée.

Deux sons qui correspondent à la même note ont la même **hauteur**.

Propriété commune : la hauteur ; grandeur physique associée : la **fréquence du fondamental** (fréquence du son).

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale. La mesure d'une période et le calcul d'une fréquence restent, eux, indispensables.

2.1.2 Identifier les documents correspondant à ces deux sons et mesurer la grandeur physique commune.

Données utiles documents 1 à 4 : enregistrements sur une durée de $0{,}015$ s

Les signaux des documents **1 et 3** ont la même période : chacun présente exactement 2 motifs en $0{,}015$ s (ceux des documents 2 et 4 se répètent plus vite).

$2T = 0{,}015$ s, donc $T = 0{,}0075$ s $= 7{,}5 \times 10^{-3}$ s.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{7{,}5 \times 10^{-3}} = \frac{1000}{7{,}5} = \frac{400}{3} \approx 133 \text{ Hz}$$

Sons 1 et 3 : $T = 7{,}5 \times 10^{-3}$ s et $f \approx 1{,}3 \times 10^{2}$ Hz

COMPRENDRE
La période est lue sur un graphique avec deux chiffres significatifs : la fréquence n'en garde que deux, soit $1{,}3 \times 10^{2}$ Hz.

MÉTHODE
Mesurer la durée de plusieurs périodes puis diviser : la lecture est plus précise. Sans calculatrice, transformer la division en fraction simple : $1000 \div 7{,}5 = 4000 \div 30$.

2.1.3 Ces deux sons sont-ils obtenus avec le même instrument ? Pourquoi ? Quelle propriété physiologique est mise en jeu ?

Non. Les deux signaux ont la même période mais pas la même **forme** : le motif qui se répète est différent sur les documents 1 et 3.

Les instruments sont différents : les deux sons n'ont pas le même **timbre**.

COMPRENDRE
Le timbre dépend du nombre et de l'amplitude relative des harmoniques : c'est lui qui permet de distinguer deux instruments jouant la même note.

2.2.1 Pour chacun des deux spectres, déterminer la fréquence fondamentale et les fréquences des harmoniques. Quel est le rapport entre ces fréquences et celle du fondamental ?

Données utiles documents 5 et 6 ; graduation de l'axe : 100 Hz

Le fondamental est le pic de plus basse fréquence.

Document 5 : $f_1 \approx 2{,}6 \times 10^2$ Hz ; harmoniques à $5{,}2 \times 10^2$ Hz, $7{,}8 \times 10^2$ Hz et $1{,}04 \times 10^3$ Hz.

Document 6 : $f_1 \approx 1{,}3 \times 10^2$ Hz ; harmoniques à $2{,}6 \times 10^2$ Hz, $3{,}9 \times 10^2$ Hz, $5{,}2 \times 10^2$ Hz et $6{,}5 \times 10^2$ Hz.

Dans les deux cas, ces fréquences valent 2, 3, 4… fois celle du fondamental.

$f_n = n \times f_1$ avec n entier : le rapport $\frac{f_n}{f_1}$ est un nombre entier.

PIÈGE
Prendre pour fondamental le pic le plus haut. Sur le document 6, le pic le plus haut est l'harmonique de rang 2 ; le fondamental est le premier pic, à 130 Hz.

2.2.2 Attribuer chaque spectre de fréquence (documents 5 et 6) au son correspondant (son 1 ou son 2).

Données utiles $f \approx 1{,}3 \times 10^2$ Hz pour le son 1 (2.1.2) ; fondamentaux des spectres (2.2.1)

Le son 1 a pour fréquence $1{,}3 \times 10^2$ Hz : son spectre est celui dont le fondamental est à 130 Hz, le document 6. Le document 5 revient donc au son 2.

Vérification : le document 2 montre environ 4 périodes en $0{,}015$ s, soit $T \approx 3{,}8 \times 10^{-3}$ s et $f = \frac{4}{0{,}015} \approx 2{,}7 \times 10^2$ Hz, proche de 260 Hz.

Document 6 : son 1. Document 5 : son 2.

COMPRENDRE
La fréquence d'un son périodique est celle de son fondamental : la période lue sur l'enregistrement et le premier pic du spectre donnent la même information.

2.3.1 En utilisant le spectre du son n°4 (document 7), déterminer sa fréquence fondamentale f.

Le premier pic du document 7 se trouve à 200 Hz (les suivants sont à 600 Hz et 1000 Hz).

$f = 200$ Hz

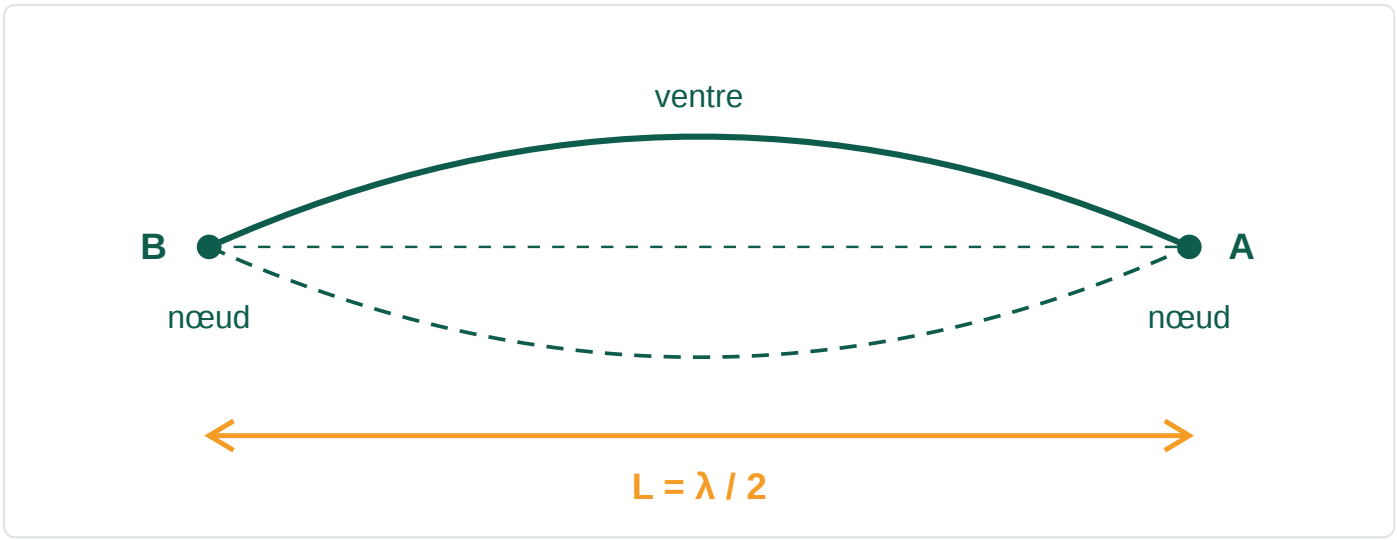
COMPRENDRE
Cohérent avec le document 4 : 3 périodes en $0{,}015$ s, donc $T = 5 \times 10^{-3}$ s et $f = 200$ Hz. Ce son ne contient que les harmoniques de rang impair (3 et 5).

2.3.2 Exprimer L en fonction de λ pour que l'onde stationnaire correspondant à la fréquence fondamentale puisse s'établir.

Les extrémités A et B sont fixes : ce sont deux nœuds de vibration. Deux nœuds voisins sont distants de $\frac{\lambda}{2}$, donc une onde stationnaire s'établit si $L = n\,\frac{\lambda}{2}$ (n entier).

Pour le mode fondamental, la corde vibre en un seul fuseau : $n = 1$.

$L = \frac{\lambda}{2}$



2.3.2 · Mode fondamental : un seul fuseau entre les deux points fixes

2.3.3 Rappeler la relation entre la célérité v, la fréquence f d'une onde sinusoïdale et la longueur d'onde λ.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période $T = \dfrac{1}{f}$: $\lambda = v\,T$.

$\lambda = \dfrac{v}{f}$, soit $v = \lambda\,f$

COMPRENDRE
Unités : v en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$, λ en m et f en Hz.

2.3.4 Exprimer puis calculer la valeur de la tension de la corde AB pour qu'elle émette le son étudié.

Données utiles $\mu = 7{,}5 \times 10^{-4}\ \mathrm{kg \cdot m^{-1}}$; $L = 50\ \mathrm{cm} = 0{,}50\ \mathrm{m}$; $f = 200$ Hz (2.3.1) ; $v = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$

$v = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$ donne $F = \mu\,v^2$.

Or $v = \lambda\,f$ (2.3.3) et $\lambda = 2L$ (2.3.2), donc $v = 2L\,f$ et

$$F = 4\,\mu\,L^2 f^2$$

$F = 4 \times 7{,}5 \times 10^{-4} \times 0{,}50^2 \times 200^2 = 4 \times 7{,}5 \times 10^{-4} \times 0{,}25 \times 4{,}0 \times 10^4$

Comme $4 \times 0{,}25 = 1$: $F = 7{,}5 \times 4{,}0 = 30$ N.

$F = 4\,\mu\,L^2 f^2 = 30$ N

PIÈGE
Laisser L en centimètres, ou oublier d'élever au carré le facteur 2 de $\lambda = 2L$: on trouverait une tension quatre fois trop faible.

MÉTHODE
Sans calculatrice, écrire chaque facteur avec sa puissance de dix, puis regrouper : ici $10^{-4} \times 10^4 = 1$ et $4 \times 0{,}25 = 1$. La célérité vaut $v = 2 \times 0{,}50 \times 200 = 200\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

2.3.5 Si on diminue la tension de la corde, le son émis devient-il plus grave ou plus aigu ? Justifier.

D'après 2.3.4, $F = 4\,\mu\,L^2 f^2$, soit $f = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$.

L et μ ne changent pas : f est proportionnelle à $\sqrt{F}$. Si F diminue, f diminue.

La fréquence diminue : le son devient plus **grave**.

COMPRENDRE
C'est ainsi qu'on accorde un instrument à cordes : tourner la clef modifie la tension, donc la hauteur. Pour doubler la fréquence, il faut multiplier la tension par quatre.