Spécialité : Produire un son

Bac S 2006 La Réunion (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

I.1 Comment appelle-t-on le mode de vibration obtenu pour la fréquence $f = 40$ Hz ?

Données utiles un seul fuseau observé à $f = 40$ Hz

La corde vibre en un seul fuseau : c'est le mode de vibration de plus basse fréquence.

Il s'agit du **mode fondamental**.

COMPRENDRE
Les modes propres d'une corde et les harmoniques faisaient partie de l'ancien enseignement de spécialité. La notion d'harmonique ne figure plus au programme actuel de la spécialité physique-chimie.

I.2 Comment appelle-t-on les autres modes de vibration de la corde ? Quelles fréquences permettent de les obtenir ?

Données utiles fréquence du fondamental $f = 40$ Hz

Les autres modes de vibration sont les **modes harmoniques**. Leurs fréquences sont les multiples entiers de celle du fondamental :

$$f_n = n \times f \quad \text{avec } n \text{ entier, } n \geqslant 2$$

$f_n = n \times 40$ Hz : 80 Hz, 120 Hz, 160 Hz, …

COMPRENDRE
Le mode de rang n présente n fuseaux. Entre deux de ces fréquences, la corde ne vibre presque pas : l'onde stationnaire n'apparaît que pour des valeurs bien précises.

I.3 Quelle relation lie la célérité c, la fréquence f et la longueur d'onde λ de l'onde dans la corde ?

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

$c = \lambda f$ (c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, λ en m, f en Hz)

I.4 Quelle relation lie la longueur L de la corde et la longueur d'onde λ ? Établir la relation liant c, L et f.

Données utiles condition d'onde stationnaire donnée par l'énoncé ; $c = \lambda f$ (I.3)

Un aller et retour entre A et B représente une distance $2L$. La condition de l'énoncé s'écrit donc, avec n entier non nul :

$$2L = n\lambda$$

D'après I.3, $\lambda = \dfrac{c}{f}$. En remplaçant : $2L = n\dfrac{c}{f}$.

$2L = n\lambda$ et $c = \dfrac{2Lf}{n}$, soit $f = \dfrac{nc}{2L}$

PIÈGE
Écrire $L = n\lambda$ en oubliant que l'onde fait un aller et un retour : toutes les fréquences calculées ensuite seraient fausses d'un facteur 2.

COMPRENDRE
Écrite sous la forme $L = n\dfrac{\lambda}{2}$, la relation montre qu'un fuseau a pour longueur $\dfrac{\lambda}{2}$: l'entier n est le nombre de fuseaux. Pour le fondamental, $n = 1$ et $c = 2Lf$.

I.5 Quelle fréquence doit avoir le courant sinusoïdal pour obtenir deux fuseaux ? Où est-il judicieux de placer l'aimant dans ce cas ?

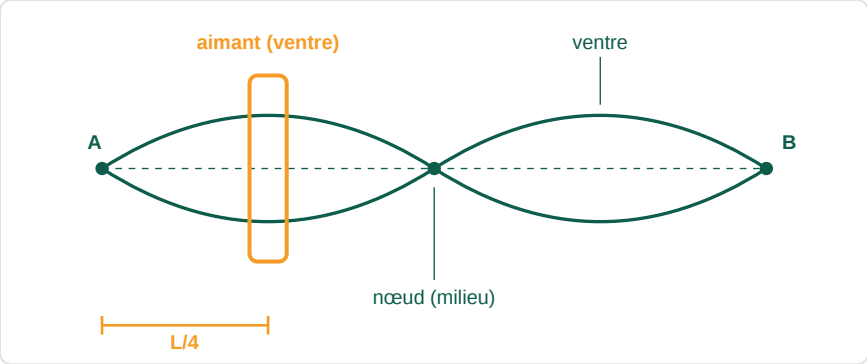
Données utiles fondamental $f = 40$ Hz ; $f_n = n \times f$ (I.2) ; aimant initialement au milieu de AB

Deux fuseaux correspondent au mode de rang $n = 2$: $f_2 = 2 \times f = 2 \times 40 = 80$ Hz.

Avec deux fuseaux, le milieu de la corde est un nœud de vibration : la corde y reste immobile. L'aimant, qui met la corde en mouvement, est plus efficace au niveau d'un ventre, c'est-à-dire au milieu d'un fuseau.

$f_2 = 80$ Hz ; l'aimant se place à la distance $\dfrac{L}{4}$ de A (ou de B).

COMPRENDRE
Au milieu de la corde, l'aimant convenait pour un seul fuseau : c'était alors un ventre. Pour un mode donné, l'excitation est la plus efficace là où l'amplitude de vibration est maximale.



I.5 · Corde vibrant en deux fuseaux : l'aimant est déplacé vers un ventre

II.1 Quel est l'intérêt de pouvoir régler la tension des cordes ?

Données utiles $f = \frac{k}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$

Pour une corde donnée, L et μ sont fixées : la fréquence de vibration ne dépend plus que de la tension F, et elle augmente avec F.

Régler la tension permet d'ajuster la fréquence du fondamental, donc d'**accorder** la corde sur la note voulue.

COMPRENDRE
La hauteur d'un son est liée à la fréquence de son fondamental : plus elle est grande, plus le son est aigu. Cette notion n'est plus au programme actuel de la spécialité.

II.2 Pourquoi les cordes ont-elles des masses linéiques différentes ?

Données utiles $f = \frac{k}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$; même longueur $L = 65$ cm pour les six cordes

Les six cordes ont la même longueur L. D'après la relation, à tension comparable, la fréquence diminue quand la masse linéique μ augmente.

Des masses linéiques différentes donnent des fondamentaux différents : chaque corde produit sa propre note, la plus lourde par unité de longueur donnant le son le plus grave.

COMPRENDRE
Jouer sur la seule tension ne suffirait pas : il faudrait des tensions très différentes d'une corde à l'autre, trop faibles pour les notes graves ou trop fortes pour les notes aiguës.

II.3.1 À partir de l'enregistrement de la courbe 1, déterminer la fréquence de la note émise par la corde n°2 avant l'accord.

Données utiles courbe 1 (annexe 3), axe des temps gradué en ms

Le signal est périodique. On mesure la durée de trois périodes entre le premier et le quatrième maximum principal : $3T \approx 35{,}5$ ms.

$$T = \frac{35{,}5}{3} \approx 11{,}8 \text{ ms} = 11{,}8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

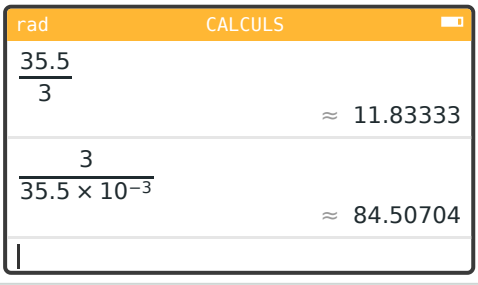
$$f = \frac{1}{T} = \frac{3}{35{,}5 \times 10^{-3}}$$

$f \approx 85$ Hz

COMPRENDRE
La lecture graphique ne justifie que deux chiffres significatifs. Selon le soin du pointage, on trouve entre 84 et 85 Hz : toute valeur de cet ordre est acceptée.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser : l'incertitude de lecture est répartie sur trois périodes. Repérer un motif complet, ici d'un grand maximum au suivant, sans se laisser tromper par le maximum secondaire.

À LA CALCULATRICE



II.3.2 Lequel des deux diagrammes de fréquences (courbes 2 et 3) correspond à l'enregistrement précédent ? Justifier.

Données utiles $f \approx 85$ Hz (II.3.1) ; courbes 2 et 3 (annexe 3)

La fréquence du son est celle du fondamental, c'est-à-dire celle du premier pic du spectre.

Courbe 2 : le premier pic est situé un peu en dessous de 100 Hz, vers 85 Hz. Courbe 3 : le premier pic est au-dessus de 100 Hz, vers 110 Hz.

Le diagramme n°1 (**courbe 2**) correspond à l'enregistrement : son fondamental est à environ 85 Hz.

PIÈGE
Prendre le pic le plus haut pour le fondamental. Sur la courbe 2, le pic le plus grand (vers 170 Hz) est l'harmonique de rang 2 : le fondamental est le pic de plus basse fréquence.

COMPRENDRE
Sur la courbe 2, les pics sont régulièrement espacés d'environ 85 Hz (85, 170, 250 Hz…) : ce sont bien des multiples du fondamental. La courbe 3 est le spectre d'un La1 à 110 Hz.

II.3.3 Comment le musicien doit-il agir sur la corde pour obtenir le La1 ?

Données utiles La1 : 110 Hz ; $f \approx 85$ Hz (II.3.1) ; $f = \frac{k}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$

La corde émet un son de fréquence 85 Hz, inférieure aux 110 Hz du La1 : le son est trop grave, il faut augmenter la fréquence.

Pour cette corde, L et μ sont constantes : f est proportionnelle à $\sqrt{F}$ et augmente donc avec la tension.

Le musicien doit **augmenter la tension** de la corde en tournant la clé, jusqu'à obtenir 110 Hz.

COMPRENDRE
La fréquence varie comme $\sqrt{F}$, pas comme F : pour passer de 85 à 110 Hz, la tension doit être multipliée par $\left(\frac{110}{85}\right)^2 \approx 1{,}7$.

À LA CALCULATRICE

