Spécialité : Science appliquée...

Bac S 2011 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 L'onde est longitudinale. Donner une définition de ce type d'onde.

Une onde est **longitudinale** lorsque la perturbation se fait dans la même direction que la propagation de l'onde.

COMPRENDRE
Ici la tige se comprime et s'étire le long de son axe, et l'onde avance aussi le long de cet axe. Pour une onde transversale, les deux directions sont perpendiculaires.

1.1.2 Qu'appelle-t-on onde stationnaire ?

Une onde stationnaire naît de la superposition de deux ondes progressives périodiques de même fréquence qui se propagent en sens opposés : l'onde incidente et l'onde réfléchie aux extrémités de la tige.

La vibration ne se propage plus : certains points restent immobiles (nœuds), d'autres vibrent avec une amplitude maximale (ventres).

1.1.3 Quelle relation existe-t-il entre le mode fondamental et les autres harmoniques ?

Les fréquences des harmoniques sont des multiples entiers de la fréquence f_0 du mode fondamental.

Harmonique de rang n : $f = n \times f_0$, avec n entier ($n = 1$ pour le fondamental).

PIÈGE
Dans la partie 2, le sujet note f_n la fréquence de la tige numéro n : ce n'est pas un harmonique. Ne pas confondre les deux usages de l'indice.

COMPRENDRE
Harmoniques, hauteur et timbre d'un son ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale.

1.1.4 Définir ce qu'on appelle nœud de vibration.

Un nœud de vibration est un point du milieu qui reste immobile à tout instant : l'amplitude de vibration y est nulle.

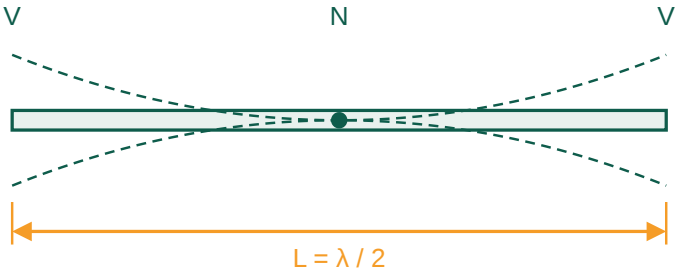
COMPRENDRE
Sur le schéma du sujet, le nœud N est au milieu de la tige, les ventres V aux deux extrémités libres. On peut donc tenir la tige par son milieu sans étouffer le son.

1.1.5 On note λ la longueur d'onde du son de fréquence f. Exprimer λ en fonction de la longueur L de la tige.

Deux ventres consécutifs sont distants de $\frac{\lambda}{2}$. Dans le mode fondamental, les deux ventres sont aux extrémités de la tige, donc $L = \frac{\lambda}{2}$.

$\lambda = 2L$ dans le mode fondamental (pour l'harmonique de rang n : $L = n\frac{\lambda}{2}$, soit $\lambda = \frac{2L}{n}$).

PIÈGE
Entre un ventre et le nœud voisin, la distance est $\frac{\lambda}{4}$, pas $\frac{\lambda}{2}$. Écrire $L = \lambda$ fait perdre le point et fausse toute la suite.



1.1.5 · Mode fondamental : un nœud au milieu, un ventre à chaque extrémité

1.2.1 Qu'appelle-t-on hauteur d'un son ?

La hauteur d'un son est la fréquence de son mode fondamental. Plus cette fréquence est élevée, plus le son est aigu.

1.2.2 La fréquence du mode fondamental est égale à 2093 Hz. Lequel des deux spectres en fréquence correspond au son émis, sachant qu'il s'agit d'un son pur ?

Un son pur est sinusoïdal : son spectre ne contient qu'un seul pic, à la fréquence du fondamental, sans autre harmonique.

Le spectre du son émis est celui de la **figure 1** (un seul pic à 2093 Hz).

COMPRENDRE
La figure 2 montre un second pic à 4186 Hz $= 2 \times 2093$ Hz : c'est l'harmonique de rang 2, signe d'un son complexe de même hauteur mais de timbre différent.

1.3.1 Vrai ou faux, en justifiant : des tiges de même matériau et de longueurs différentes donnent des notes différentes, la note étant plus grave quand la tige est plus longue.

Dans le mode fondamental, $\lambda = 2L$ (1.1.5) et $\lambda = \dfrac{v}{f_0}$, donc $f_0 = \dfrac{v}{2L}$.

Le matériau est le même, donc v est la même pour toutes les tiges : f_0 est inversement proportionnelle à L. Si L augmente, f_0 diminue et le son est plus grave.

Vrai : $f_0 = \dfrac{v}{2L}$ diminue quand L augmente.

MÉTHODE
Pour un « vrai ou faux » sur l'influence d'un paramètre : écrire la relation littérale, préciser ce qui reste constant, puis conclure sur le sens de variation.

1.3.2 Vrai ou faux, en justifiant : la tige en aluminium donne une note plus aiguë que la tige en laiton de même longueur.

Données utiles $v_{\text{Al}} \approx 4190\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_{\text{laiton}} \approx 3470\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

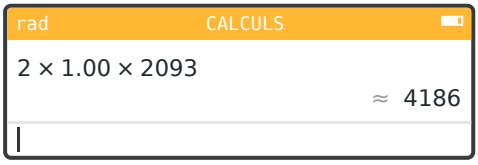
D'après $f_0 = \dfrac{v}{2L}$ (1.3.1), à longueur L égale, f_0 est proportionnelle à v .

Or $v_{\text{Al}} > v_{\text{laiton}}$, donc $f_{0,\text{Al}} > f_{0,\text{laiton}}$: le son de la tige en aluminium a la fréquence la plus élevée.

Vrai : la tige en aluminium donne la note la plus aiguë.

COMPRENDRE
Vérification avec $L = 1{,}00$ m : $v = 2Lf_0 = 4186\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ pour $f_0 = 2093$ Hz, valeur cohérente avec la vitesse du son dans l'aluminium donnée par le sujet.

À LA CALCULATRICE



2.1 Rappeler la relation qui existe entre la longueur L d'une tige, la vitesse v de propagation de l'onde dans la tige et la fréquence f du son émis.

On a $\lambda = \dfrac{v}{f}$ et, dans le mode fondamental, $\lambda = 2L$ (1.1.5).

$f = \dfrac{v}{2L}$, soit $v = 2\,L\,f$.

2.2 Montrer que la longueur L_1 de la tige n°1 s'écrit $L_1 = \dfrac{L_0}{2^{1/12}}$.

Données utiles $f_1 = 2^{1/12}\,f_0$

Les deux tiges sont faites du même matériau : v est la même. D'après 2.1 :

$$v = 2\,L_0\,f_0 = 2\,L_1\,f_1 \quad \text{donc} \quad L_1 = L_0 \times \frac{f_0}{f_1}$$

Avec $f_1 = 2^{1/12}\,f_0$: $\dfrac{f_0}{f_1} = \dfrac{1}{2^{1/12}}$.

$L_1 = \dfrac{L_0}{2^{1/12}}$, ce qui est la relation attendue.

MÉTHODE
Quand une grandeur est commune à deux situations (ici v), écrire la relation dans chaque cas et les égaler : le produit $L \times f$ est constant d'une tige à l'autre.

2.3 En s'aidant du tableau, quelle serait la fréquence de la tige la plus courte ? Retrouve-t-on la valeur donnée pour la définition de l'octave ?

Données utiles $f_n = 2^{n/12}\,f_0$; $L_n = \dfrac{L_0}{2^{n/12}}$; $f_0 = 2093$ Hz ; tableau : $2^{12/12} = 2{,}00$

L_n est la plus petite quand $2^{n/12}$ est le plus grand, donc pour $n = 12$: la tige la plus courte est la tige n°12.

$$f_{12} = 2^{12/12}\,f_0 = 2{,}00 \times 2093 = 4186 \text{ Hz}$$

$f_{12} = 4186$ Hz $= 2f_0$: on retrouve la définition de l'octave et la valeur de la figure 3.

COMPRENDRE
$2^{12/12} = 2$ est une valeur exacte : on garde les quatre chiffres de f_0. La tige n°12 mesure $L_{12} = 0{,}50 \times L_0 = 0{,}50$ m : diviser la longueur par deux fait monter d'une octave.

À LA CALCULATRICE

