Spécialité : Vibrations sonores

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

1.1 Calculer la célérité v_1 des ondes mécaniques dans cette corde.

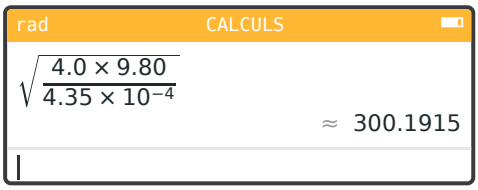
Données utiles $\mu = 4{,}35 \times 10^{-4}\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$; $m = 4{,}0\ \text{kg}$; $g = 9{,}80\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$

La tension de la corde vaut $T = m\,g$, donc $v_1 = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}} = \sqrt{\dfrac{m\,g}{\mu}}$.

$$v_1 = \sqrt{\frac{4{,}0 \times 9{,}80}{4{,}35 \times 10^{-4}}}$$

$v_1 = 3{,}0 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Oublier la racine carrée, ou prendre $T = m$: la tension est une force, en newtons.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise ($m = 4{,}0$ kg). Écrire « 300 » en afficherait trois : la puissance de dix lève l'ambiguïté.

1.1.1 Dans ces conditions, la corde émet-elle un son pur ou un son composé ?

Une corde pincée vibre selon plusieurs de ses modes propres en même temps : le son contient la fréquence fondamentale f_1 et des harmoniques, de fréquences multiples de f_1.

La corde émet un **son composé**.

COMPRENDRE
Un son pur correspond à une vibration sinusoïdale, d'une seule fréquence (diapason). Les notions d'harmoniques et de timbre ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale.

1.1.2 À quel mode propre de vibration de la corde correspond la fréquence fondamentale f_1 du son perçu ?

La fréquence f_1 est la plus basse des fréquences propres de la corde : c'est celle du mode de rang $n = 1$, où la corde vibre en un seul fuseau, avec un nœud en A, un nœud en B et un ventre au milieu.

f_1 correspond au **mode fondamental** (mode de rang 1).

1.1.3 Exprimer la relation entre f_1 et la longueur $L = AB$ de la corde, qui vibre selon un seul fuseau, puis calculer f_1.

Données utiles $L = 0{,}75\ \text{m}$; $v_1 = 3{,}0 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1.1)

Un fuseau a pour longueur une demi-longueur d'onde. Avec un seul fuseau entre A et B : $L = \dfrac{\lambda}{2}$, soit $\lambda = 2L$.

Or $\lambda = \dfrac{v_1}{f_1}$, donc $f_1 = \dfrac{v_1}{2L}$.

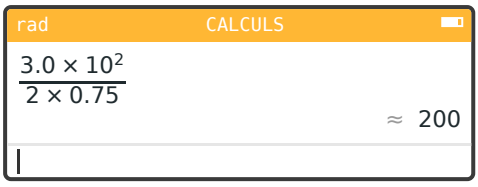
$$f_1 = \frac{3{,}0 \times 10^{2}}{2 \times 0{,}75}$$

$f_1 = \dfrac{v_1}{2L} = 2{,}0 \times 10^{2}$ Hz

PIÈGE
Écrire $L = \lambda$: la distance entre deux nœuds voisins est une demi-longueur d'onde, pas une longueur d'onde.

MÉTHODE
Pour le mode de rang n, la corde porte n fuseaux : $L = n\,\dfrac{\lambda}{2}$, d'où $f_n = n\,\dfrac{v}{2L} = n\,f_1$. Les harmoniques sont les multiples entiers du fondamental.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 On veut un son plus grave. La fréquence f_2 du nouveau son sera-t-elle supérieure ou inférieure à f_1 ?

Plus un son est grave, plus sa fréquence fondamentale est basse.

$f_2 < f_1$

1.2.2 En déduire comment la nouvelle célérité v_2 doit se situer par rapport à v_1.

La corde vibre toujours en un seul fuseau sur la même longueur L : $f_2 = \frac{v_2}{2L}$ et $f_1 = \frac{v_1}{2L}$.

La fréquence est proportionnelle à la célérité, donc $f_2 < f_1$ impose :

$v_2 < v_1$

1.2.3 Par quelle masse marquée faut-il remplacer m pour obtenir un son plus grave ? Justifier.

Données utiles $m = 4{,}0$ kg ; $m_1 = 2{,}0$ kg ; $m_2 = 7{,}0$ kg

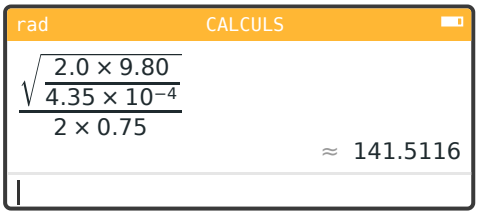
$v = \sqrt{\frac{m\,g}{\mu}}$, avec g et μ inchangés : la célérité diminue quand la masse suspendue diminue. Pour avoir $v_2 < v_1$, il faut une masse inférieure à $4{,}0$ kg.

On remplace m par la masse $m_1 = 2{,}0$ kg.

COMPRENDRE

Diviser la masse par 2 divise la célérité, donc la fréquence, par $\sqrt{2}$: $f_2 \approx 1{,}4 \times 10^2$ Hz. C'est ce que fait un guitariste qui détend une corde pour l'accorder plus bas.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quel type de signal les ondes électromagnétiques reçues génèrent-elles dans l'antenne réceptrice ?

Les ondes électromagnétiques mettent en mouvement les électrons du métal de l'antenne : chaque onde reçue y crée une tension (et un courant) variable, de même fréquence qu'elle.

Il apparaît dans l'antenne un **signal électrique**.

2.2.1 Quel est le rôle de la partie A du circuit, relativement aux signaux électriques issus de l'antenne ?

L'antenne capte de très nombreuses ondes, donc des signaux électriques de fréquences très variées. La partie A, bobine et condensateur en parallèle, est un circuit d'accord : elle ne laisse subsister que le signal dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre $F_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. En réglant C, on choisit la station.

La partie A **sélectionne** le signal de la fréquence voulue parmi tous ceux que reçoit l'antenne.

COMPRENDRE
Le circuit LC et la modulation d'amplitude relevaient de l'ancien enseignement de spécialité ; ils ne sont plus au programme actuel de Terminale.

2.2.2 Dans la situation décrite, quelle est la fréquence du signal électrique qui se propage dans la partie B du circuit ?

Données utiles le curseur d'affichage pointe sur 10 kHz

Le curseur indique la fréquence sur laquelle le circuit d'accord est réglé : c'est celle de l'onde porteuse sélectionnée, F.

$F = 10$ kHz

PIÈGE
Répondre 200 Hz. Cette fréquence est celle du son, portée par l'amplitude du signal ; le signal modulé qui entre dans la partie B oscille à la fréquence de la porteuse.

2.3.1 L'enregistrement du son est-il conforme à la réponse à la question 1.1.1 ? Justifier.

La courbe enregistrée est périodique, mais ce n'est pas une sinusoïde : chaque motif comporte un grand maximum, un grand minimum et plusieurs petites ondulations. Le signal contient donc des harmoniques en plus du fondamental.

Oui : le son enregistré est un son composé, comme prévu en 1.1.1.

2.3.2 Mesurer la période T_1 du signal enregistré et vérifier qu'elle est en accord avec la valeur de f_1.

Données utiles $f_1 = 200$ Hz ; enregistrement : grands maximums aux dates $5{,}0$ ms et $15{,}0$ ms, séparés par deux périodes

Entre le premier et le troisième grand maximum, on compte deux périodes :

$2\,T_1 = 15{,}0 - 5{,}0 = 10{,}0$ ms, donc $T_1 = 5{,}0\ \text{ms} = 5{,}0 \times 10^{-3}$ s.

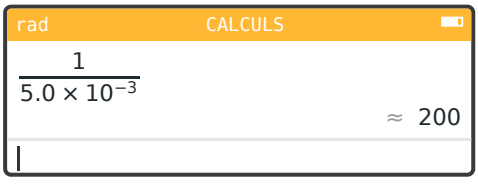
$$f = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{5{,}0 \times 10^{-3}}$$

$T_1 = 5{,}0$ ms, d'où $f = 2{,}0 \times 10^{2}$ Hz : c'est bien la valeur $f_1 = 200$ Hz.

PIÈGE
Prendre l'écart entre deux petites ondulations voisines pour la période. Le motif complet doit se répéter à l'identique.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes entre deux points identiques du motif (ici deux grands maximums), puis diviser : l'erreur de lecture est partagée entre les périodes.

À LA CALCULATRICE

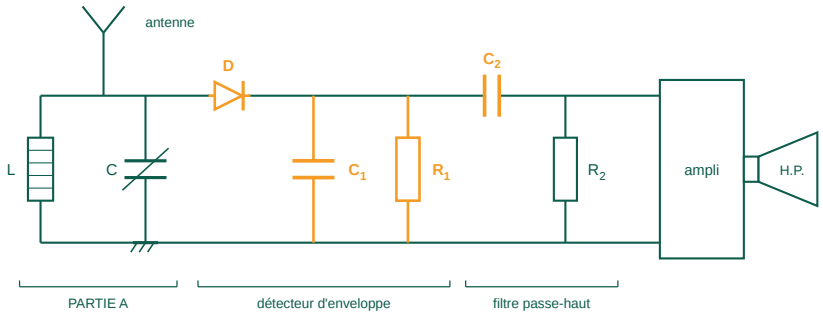


2.4 Compléter la partie B du schéma de l'annexe avec C_1, R_1, D et C_2 pour assurer une bonne démodulation du signal reçu.

Détecteur d'enveloppe : la diode D est placée en série sur le fil relié à l'antenne ; à sa suite, C_1 et R_1 sont montés en parallèle, entre ce fil et la masse.

Filtre passe-haut : C_2 est placé en série sur le même fil ; R_2, déjà dessiné, est en parallèle à l'entrée de l'amplificateur.

Dans l'ordre depuis la partie A : D en série, puis C_1 et R_1 en parallèle, puis C_2 en série avant R_2 (voir l'annexe complétée).



2.4 · Annexe complétée : les quatre composants placés par l'élève sont en orange

PIÈGE
Mettre C_1 en série ou C_2 en parallèle : en série, un condensateur arrête le continu ; en parallèle, il court-circuite les hautes fréquences.

COMPRENDRE
La diode ne garde que les alternances d'un seul signe ; R_1C_1 efface la porteuse et suit l'enveloppe ; C_2 bloque la composante continue. Il reste le signal de fréquence 200 Hz.