Spécialité : Guitare et physique

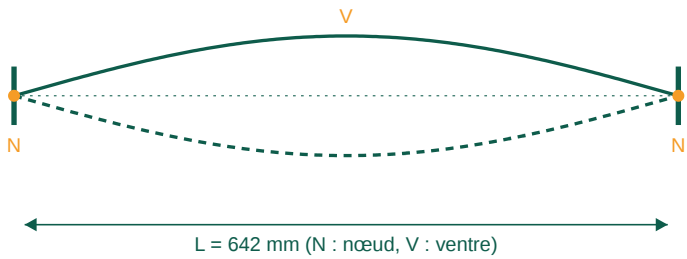
Bac S 2004 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Nommer le mode de vibration correspondant à f_1. Décrire l'aspect de la corde à cette fréquence et faire un schéma.

La fréquence f_1 est la plus petite des fréquences donnant des ondes stationnaires : c'est le **mode fondamental**.

La corde vibre alors en un seul fuseau : un nœud de vibration à chaque extrémité fixe et un ventre au milieu.

Mode fondamental : la corde présente un seul fuseau (deux nœuds, un ventre).



1.1 · Mode fondamental : un seul fuseau

COMPRENDRE
Un nœud est un point qui reste immobile ; un ventre est un point où l'amplitude de vibration est maximale. Les extrémités d'une corde fixée sont toujours des nœuds.

1.2 Donner la relation entre la longueur L de la corde, la fréquence f_1 et la célérité v des ondes le long de la corde. Déterminer v.

Données utiles $L = 642\ \text{mm} = 0{,}642\ \text{m}$; $f_1 = 82{,}4\ \text{Hz}$

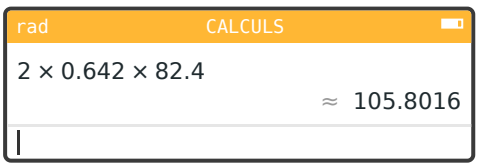
Un fuseau a pour longueur une demi-longueur d'onde. Dans le mode fondamental, la corde porte un seul fuseau : $L = \dfrac{\lambda_1}{2}$.

Or $\lambda_1 = \dfrac{v}{f_1}$, donc $L = \dfrac{v}{2f_1}$, soit $v = 2Lf_1$.

$$v = 2 \times 0{,}642 \times 82{,}4 = 106\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$L = \dfrac{v}{2f_1}$ et $v = 106\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser L en millimètres donne une célérité mille fois trop grande. Autre erreur fréquente : écrire $L = \lambda_1$ au lieu de $L = \lambda_1/2$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme L et f_1. Cette célérité est celle de l'onde le long de la corde, pas celle du son dans l'air.

MÉTHODE
Pour le mode à n fuseaux : $L = n\dfrac{\lambda_n}{2}$, donc $f_n = n\dfrac{v}{2L} = nf_1$. On retrouve les fréquences $2f_1$, $3f_1$, $4f_1$ de l'énoncé.

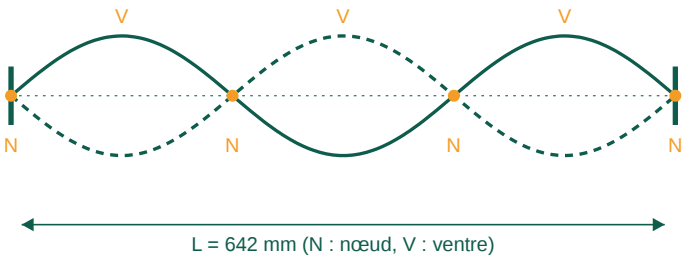
1.3 Nommer les autres modes de vibration. Décrire l'aspect de la corde à la fréquence f_3 et faire un schéma.

Les modes de fréquences f_2, f_3, f_4… multiples de f_1 sont les **modes harmoniques**.

À la fréquence $f_3 = 3f_1$ (harmonique de rang 3), la corde vibre en trois fuseaux de même longueur $\dfrac{L}{3}$: quatre nœuds (dont les deux extrémités) et trois ventres.

Modes harmoniques ; à f_3 la corde présente trois fuseaux (quatre nœuds, trois ventres).

COMPRENDRE
Harmoniques, hauteur et timbre ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale. Ce sujet d'ancien programme reste un bon entraînement sur les ondes et la lecture de spectres.



1.3 · Harmonique de rang 3 : trois fuseaux

2.1 Expliquer pourquoi il faut utiliser un oscilloscope à mémoire.

Une corde pincée n'est pas entretenue : ses vibrations s'amortissent vite et le son ne dure qu'un court instant. Le signal est donc transitoire.

L'oscilloscope à mémoire enregistre ce signal bref et en conserve la trace à l'écran, ce qui laisse le temps de faire les mesures.

Le signal de la corde pincée est bref et amorti : il faut l'enregistrer pour pouvoir l'étudier.

COMPRENDRE
Dans l'expérience 1, la corde est entretenue par le courant alternatif : le signal serait permanent et un oscilloscope ordinaire conviendrait.

2.2 Déterminer la période de vibration à partir de l'oscillogramme.

Données utiles base de temps : $2\ \text{ms/div}$

Le motif se répète à l'identique. Entre le premier et le troisième grand sommet, on mesure deux périodes sur environ $6{,}8$ divisions.

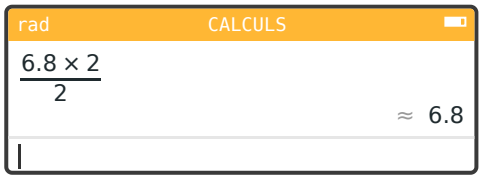
$$2T = 6{,}8 \times 2 = 13{,}6\ \text{ms} \quad \text{donc} \quad T = \frac{13{,}6}{2} = 6{,}8\ \text{ms}$$

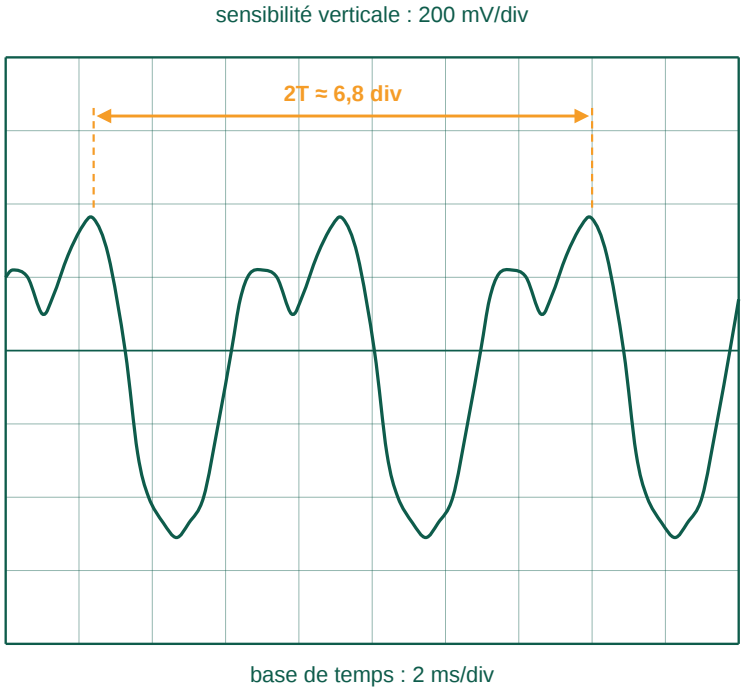
$T \approx 6{,}8\ \text{ms} = 6{,}8 \times 10^{-3}\ \text{s}$

PIÈGE
Chaque motif contient deux bosses. La période est la durée du motif complet, d'un grand sommet au grand sommet suivant, et non l'écart entre deux bosses voisines.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser : l'erreur de lecture (environ $0{,}1$ division) est répartie sur deux périodes au lieu d'une.

À LA CALCULATRICE





2.2 · Oscillogramme « corde n°3 » : mesure de deux périodes entre sommets

2.3 Vérifier que cette période correspond à un bon accord de la corde.

Données utiles corde 3 à vide (Ré) : $f = 146{,}8\ \text{Hz}$; $T \approx 6{,}8 \times 10^{-3}\ \text{s}$ (2.2)

Fréquence mesurée : $f_{\text{mes}} = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{6{,}8 \times 10^{-3}} = 1{,}5 \times 10^{2}\ \text{Hz}$ (soit environ $147\ \text{Hz}$).

Le tableau donne $146{,}8\ \text{Hz}$ pour la corde 3, soit une période attendue $\dfrac{1}{146{,}8} = 6{,}812 \times 10^{-3}\ \text{s}$.

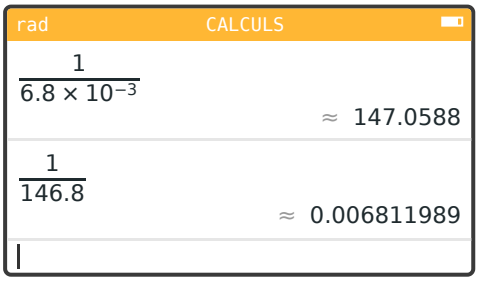
Les deux valeurs concordent, compte tenu de la précision de la lecture graphique.

$f_{\text{mes}} \approx 147\ \text{Hz}$ pour $146{,}8\ \text{Hz}$ attendus : la corde 3 est bien accordée.

COMPRENDRE

La lecture à $0{,}1$ division près donne T entre $6{,}7$ et $6{,}9\ \text{ms}$, donc une fréquence entre 145 et $149\ \text{Hz}$: la valeur du tableau est dans cet intervalle.

À LA CALCULATRICE



3.1 Les deux La sont séparés de deux octaves. Définir l'octave.

Données utiles corde 2 : $110{,}0$ Hz ; corde 6 en case 5 : 440 Hz

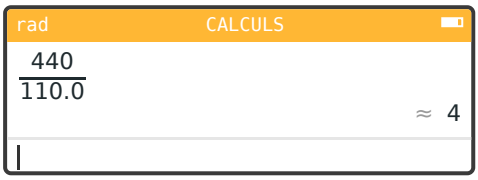
Le rapport des deux fréquences vaut $\frac{440}{110{,}0} = 4 = 2 \times 2$ pour deux octaves.

Monter d'une octave revient donc à multiplier la fréquence par 2.

L'octave est l'intervalle entre deux notes dont les fréquences sont dans le rapport 2.

PIÈGE
Les octaves se multiplient, elles ne s'ajoutent pas : deux octaves correspondent à un rapport $2^2 = 4$, et non à un écart fixe en hertz.

À LA CALCULATRICE



3.2.1 Attribuer à chaque émetteur (corde 2, corde 6 en case 5, diapason) son spectre en fréquence A, B ou C, en justifiant.

- Spectre A : un seul pic, à 440 Hz. C'est un son pur, donc le **son 3** (diapason).
- Spectre B : le fondamental (premier pic) est à 110 Hz, suivi d'harmoniques à 220, 330 Hz… C'est le La de la corde 2, donc le **son 1**.
- Spectre C : le fondamental est à 440 Hz, suivi d'harmoniques à 880, 1320 Hz… C'est la corde 6 appuyée en case 5, donc le **son 2**.

Spectre A : son 3 (diapason) ; spectre B : son 1 (corde 2) ; spectre C : son 2 (corde 6, case 5).

PIÈGE
Les trois graphiques n'ont pas la même échelle de fréquence : il faut lire les graduations, pas comparer la position des pics à l'œil.

MÉTHODE
Dans un spectre, la fréquence du fondamental est celle du pic de plus basse fréquence, et l'écart entre deux pics voisins lui est égal. Un seul pic signifie un son pur.

3.2.2 Donner les trois principales caractéristiques d'un son. Indiquer celle qui distingue les sons 1 et 2, puis celle qui distingue les sons 2 et 3.

Un son est caractérisé par :

- sa **hauteur** (grave ou aigu), fixée par la fréquence du fondamental ;
- son **timbre**, lié au nombre et aux amplitudes relatives des harmoniques ;
- son **intensité** (niveau sonore, en décibels), liée à l'amplitude de la vibration.

Sons 1 et 2 : fondamentaux à 110 Hz et 440 Hz, ils n'ont pas la même hauteur.

Sons 2 et 3 : même fondamental à 440 Hz, donc même hauteur, mais le son 2 contient de nombreux harmoniques et le son 3 aucun : ils n'ont pas le même timbre.

Hauteur, timbre, intensité ; les sons 1 et 2 diffèrent par la hauteur, les sons 2 et 3 par le timbre.

COMPRENDRE
Les spectres donnent des amplitudes relatives (le pic le plus haut vaut 100 %) : ils ne permettent pas de comparer les intensités sonores des trois sons.