Spécialité : Etude d'un son et de sa réception avec un récepteur radio

Bac S 2005 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Le son produit par la corde est-il complexe ? Justifier.

La tension enregistrée est périodique, mais sa forme n'est pas celle d'une sinusoïde : sur une période, on observe deux maximums de hauteurs différentes.

Le son est **complexe** : il contient un fondamental et des harmoniques.

COMPRENDRE
Un son pur donne une tension sinusoïdale. Les notions d'harmonique, de hauteur et de timbre faisaient partie de l'ancien programme ; elles ne sont plus exigibles dans la spécialité actuelle.

1.2 Déterminer la fréquence f_1 du son fondamental, puis la fréquence f_3 de l'harmonique de rang 3.

Données utiles oscillogramme 1 ; balayage : 1 ms/div

Le motif se répète tous les 4,0 divisions ; pour plus de précision, deux périodes occupent 8,0 divisions :

$2\,T_1 = 8{,}0 \times 1 = 8{,}0$ ms, donc $T_1 = 4{,}0$ ms $= 4{,}0 \times 10^{-3}$ s.

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{4{,}0 \times 10^{-3}} = 2{,}5 \times 10^{2}\ \text{Hz}$$

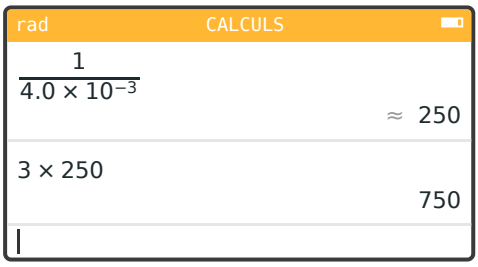
L'harmonique de rang n a pour fréquence $f_n = n\,f_1$: $f_3 = 3 \times 2{,}5 \times 10^2 = 7{,}5 \times 10^2$ Hz.

$f_1 = 2{,}5 \times 10^2$ Hz et $f_3 = 7{,}5 \times 10^2$ Hz

PIÈGE
Prendre pour période l'écart entre deux maximums voisins (2 divisions). La période est la durée du plus petit motif complet : un grand maximum puis un petit.

COMPRENDRE
La lecture sur l'écran se fait au dixième de division : deux chiffres significatifs pour T_1, donc pour f_1 et f_3.

À LA CALCULATRICE



1.3 Représenter l'état vibratoire de la corde entre A et B pour le fondamental, puis pour l'harmonique de rang 3.

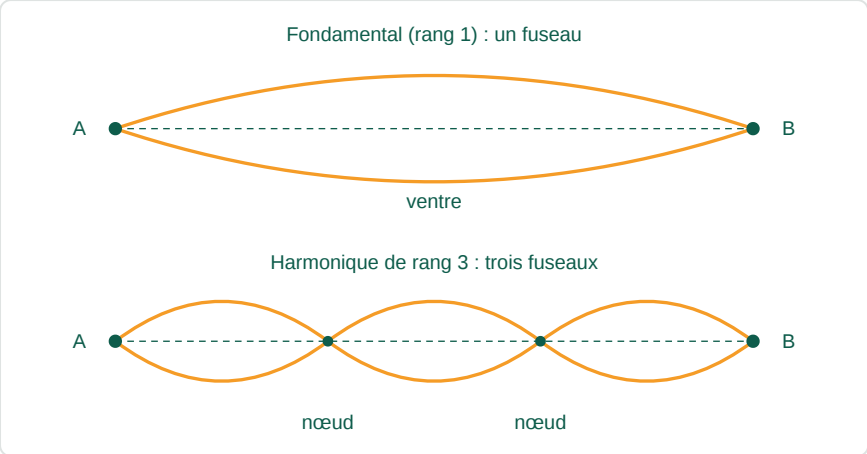
La corde est fixée en A et en B : ces deux points sont des nœuds de vibration.

Fondamental : la corde vibre en un seul fuseau, avec un ventre au milieu de AB.

Harmonique de rang 3 : la corde vibre en trois fuseaux de même longueur $\frac{AB}{3}$, séparés par deux nœuds intermédiaires.

Fondamental : 1 fuseau ; harmonique de rang 3 : 3 fuseaux (schéma ci-dessous).

COMPRENDRE
Le courant alternatif dans la corde placée entre les pôles de l'aimant crée une force de Laplace alternative. La corde n'entre en résonance que si la fréquence du générateur vaut f_1, $2f_1$, $3f_1$…



1.3 · Aspect de la corde : fondamental (en haut), harmonique de rang 3 (en bas)

1.4 Donner la relation entre la longueur d'onde λ, la longueur AB et le rang n de l'harmonique.

Un fuseau a pour longueur une demi-longueur d'onde, et la corde en contient n pour l'harmonique de rang n.

$$AB = n\,\frac{\lambda}{2}, \text{ avec } n \text{ entier non nul}$$

PIÈGE
Écrire $AB = n\,\lambda$: deux nœuds consécutifs sont distants de $\frac{\lambda}{2}$, pas de λ.

1.5 En déduire la célérité V des ondes le long de la corde.

Données utiles $AB = 0{,}90\ \text{m}$; $f_1 = 2{,}5 \times 10^2\ \text{Hz}$ (1.2)

Pour le fondamental, $n = 1$: $AB = \frac{\lambda_1}{2}$, soit $\lambda_1 = 2\,AB$.

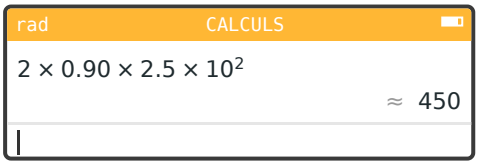
Or $\lambda_1 = \frac{V}{f_1}$, donc $V = \lambda_1\, f_1 = 2\,AB\, f_1$.

$$V = 2 \times 0{,}90 \times 2{,}5 \times 10^2 = 4{,}5 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V = 4{,}5 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

MÉTHODE
Toujours associer le rang et sa fréquence : $n = 3$ avec f_3 donne $V = \frac{2\,AB}{3}\,f_3$, soit la même valeur. La célérité ne dépend pas du mode de vibration.

À LA CALCULATRICE



2.1 À l'aide du zoom de la tension modulée u_m, déterminer la fréquence f de la porteuse.

Données utiles 2e graphe de l'annexe ; échelle de temps : 0,2 ms/div

Les oscillations rapides sont celles de la porteuse. On compte 10 périodes sur 5,0 divisions :

$10\,T = 5{,}0 \times 0{,}2 = 1{,}0\ \text{ms}$, donc $T = 0{,}10\ \text{ms} = 1{,}0 \times 10^{-4}\ \text{s}$.

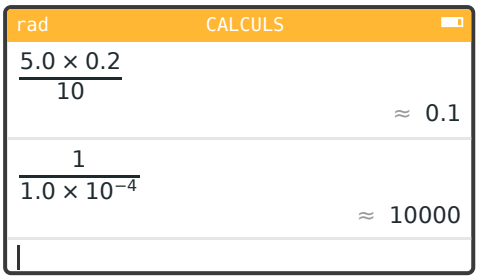
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}0 \times 10^{-4}} = 1{,}0 \times 10^4\ \text{Hz}$$

$$f = 1{,}0 \times 10^4\ \text{Hz} = 10\ \text{kHz}$$

COMPRENDRE
La modulation d'amplitude relève de l'ancien programme : elle n'est plus étudiée dans la spécialité actuelle.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser réduit l'incertitude de lecture. On vérifie que f est très supérieure à $f_1 = 250\ \text{Hz}$, condition d'une bonne modulation.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Quel est le rôle du module 1 (filtre passe-bande ou circuit d'accord) ?

L'antenne reçoit en même temps les ondes de tous les émetteurs environnants. Le circuit bobine-condensateur ne laisse subsister que les signaux dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre f_0.

Le module 1 **sélectionne** l'émetteur voulu : il ne garde que la tension modulée dont la porteuse a la fréquence f .

2.2.2 Quel est l'intérêt de pouvoir faire varier la capacité C ?

La fréquence propre du circuit vérifie $LC(2\pi f_0)^2 = 1$, soit $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$: elle dépend de C.

Régler C permet d'ajuster f_0 sur la fréquence de la porteuse à capter, donc de choisir l'émetteur reçu.

COMPRENDRE
C'est ce que l'on fait en tournant le bouton de recherche des stations d'un poste de radio. La bobine et le circuit LC ne figurent plus au programme actuel de spécialité.

2.2.3 À quelle valeur doit-on fixer C si $L = 1{,}00\ \text{mH}$?

Données utiles $LC(2\pi f_0)^2 = 1$; $L = 1{,}00 \times 10^{-3}\ \text{H}$; $f = 1{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz}$ (2.1)

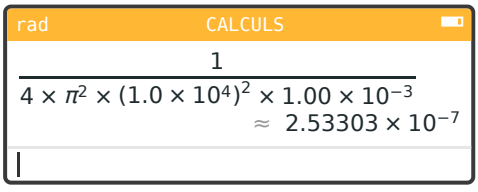
Le circuit est accordé si $f_0 = f$. De la relation donnée :

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 \times (1{,}0 \times 10^4)^2 \times 1{,}00 \times 10^{-3}} = 2{,}5 \times 10^{-7}\ \text{F}$$

$C = 2{,}5 \times 10^{-7}\ \text{F} = 0{,}25\ \mu\text{F}$

PIÈGE
Laisser L en millihenrys, ou oublier d'élever $2\pi f$ au carré. La fréquence à utiliser est celle de la porteuse (10 kHz), pas celle du son (250 Hz).

À LA CALCULATRICE



2.3 Attribuer les graphes G1, G2 et G3 aux tensions u_{AM}, u_{BM} et u_{CM} en justifiant brièvement.

u_{AM}, en sortie du circuit d'accord, est la tension modulée captée : oscillations rapides de la porteuse dont l'amplitude varie comme le son. C'est G3.

u_{BM}, après la diode et l'ensemble condensateur-résistance (détecteur d'enveloppe), ne garde que l'enveloppe supérieure : une tension de basse fréquence, toujours positive, décalée au-dessus de l'axe central. C'est G2.

u_{CM}, après le condensateur en série du module 3, a perdu sa composante continue : la tension est centrée sur l'axe central et reproduit le signal sonore. C'est G1.

u_{AM} : G3 ; u_{BM} : G2 ; u_{CM} : G1

COMPRENDRE
Sur G1, on retrouve la forme et la période (4 ms, soit 2 divisions à 2 ms/div) de l'oscillogramme 1 : le son a bien été restitué.

MÉTHODE
Deux critères suffisent : la présence ou non de la porteuse (oscillations serrées), puis la position par rapport à l'axe central, qui repère la tension nulle.