Spécialité : La radio

Bac S 2004 Liban (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie A. Comment une onde modulée en amplitude est-elle caractérisée au cours du temps ? Indiquer la proposition exacte, sans justification.

Proposition **b)** : amplitude variable, dont les variations dépendent du signal à transmettre, et fréquence constante.

COMPRENDRE
La porteuse garde sa fréquence ; c'est son amplitude qui reproduit les variations du signal sonore. La modulation ne figure plus au programme actuel de spécialité.

2 Partie A. Que doit valoir la fréquence de la porteuse par rapport à celle du son à transmettre ? Indiquer la proposition exacte.

Proposition **c)** : très supérieure à la fréquence du son à transmettre.

PIÈGE
Choisir « légèrement supérieure ». Pour que l'enveloppe de l'onde modulée dessine bien le signal, la porteuse doit effectuer un grand nombre d'oscillations pendant une période du son.

3 Partie A. Entre quelles fréquences un son audible est-il compris ? Indiquer la proposition exacte.

Proposition **b)** : entre 20 Hz et 20 kHz.

COMPRENDRE
En dessous de 20 Hz, on parle d'infrasons ; au-dessus de 20 kHz, d'ultrasons.

1 Partie B. a) Expliquer brièvement le rôle de la partie 1 du circuit. b) Entre quelles limites la capacité C doit-elle varier pour capter des porteuses de fréquence comprise entre 1,0 kHz et 10 kHz ?

Données utiles $L = 1{,}0\ \text{mH} = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{H}$; $f_{\text{min}} = 1{,}0 \times 10^{3}\ \text{Hz}$; $f_{\text{max}} = 1{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz}$

a) L'antenne reçoit les ondes de tous les émetteurs. Le circuit LC parallèle sert de circuit d'accord : il ne laisse subsister entre A et la masse que la tension dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre. Il sélectionne donc une seule porteuse, celle de la station choisie.

b) Le circuit est accordé quand sa fréquence propre est égale à la fréquence de la porteuse :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{donc} \quad C = \frac{1}{4\pi^2 L f^2}$$

Pour $f = 1{,}0\ \text{kHz}$: $C = \dfrac{1}{4\pi^2 \times 1{,}0 \times 10^{-3} \times (1{,}0 \times 10^{3})^2} = 2{,}5 \times 10^{-5}\ \text{F}$.

Pour $f = 10\ \text{kHz}$: $C = \dfrac{1}{4\pi^2 \times 1{,}0 \times 10^{-3} \times (1{,}0 \times 10^{4})^2} = 2{,}5 \times 10^{-7}\ \text{F}$.

$2{,}5 \times 10^{-7}\ \text{F} \leqslant C \leqslant 2{,}5 \times 10^{-5}\ \text{F}$, soit de $0{,}25\ \mu\text{F}$ à $25\ \mu\text{F}$.

PIÈGE
Associer la plus grande capacité à la plus grande fréquence. C varie comme $1/f^2$: une fréquence dix fois plus grande demande une capacité cent fois plus petite. Convertir aussi mH en H et kHz en Hz.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme L et les fréquences. La bobine et le circuit LC ne figurent plus au programme actuel de spécialité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1}{4 \times \pi^2 \times 1.0 \times 10^{-3} \times (1.0 \times 10^{3})^2} \approx 2.53303 \times 10^{-5}$$

$$\frac{1}{4 \times \pi^2 \times 1.0 \times 10^{-3} \times (1.0 \times 10^{4})^2} \approx 2.53303 \times 10^{-7}$$

2 Partie B. a) Indiquer brièvement le rôle des parties 2 et 3 du circuit. b) Associer chaque oscillogramme à l'une des tensions u_{AM}, u_{BM} et u_{SM}. c) Déterminer la fréquence f de l'onde porteuse.

Données utiles sensibilité verticale : $5\ \text{V} \cdot \text{div}^{-1}$; base de temps : $1\ \text{ms} \cdot \text{div}^{-1}$; spot centré en l'absence de tension ; touche DC active

a) Partie 2 (diode, R_1, C_1) : c'est le détecteur d'enveloppe. La diode supprime les alternances négatives, puis l'ensemble R_1C_1 élimine la porteuse. Il reste l'enveloppe de la tension modulée, c'est-à-dire le signal sonore ajouté à une tension continue.

Partie 3 (C_2, R_2) : filtre passe-haut qui supprime cette composante continue. La tension de sortie est alors centrée sur zéro.

b) u_{AM} est la tension modulée, avec les oscillations rapides de la porteuse : oscillogramme 2.

u_{BM} est l'enveloppe, toujours positive (décalée vers le haut de l'écran) : oscillogramme 3.

u_{SM} a la même forme mais oscille de part et d'autre de zéro : oscillogramme 1.

c) Sur l'oscillogramme 2, on compte 15 périodes de la porteuse sur 3 divisions :

$$15\,T = 3 \times 1\ \text{ms}, \text{ donc } T = \frac{3 \times 10^{-3}}{15} = 2 \times 10^{-4}\ \text{s} \text{ et } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{3}\ \text{Hz}.$$

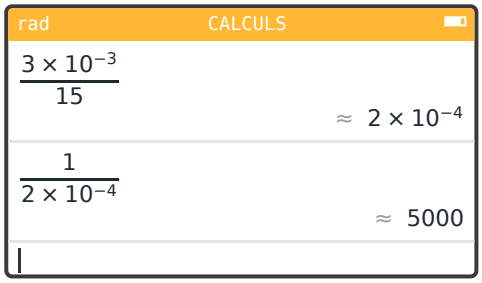
u_{AM} : oscillogramme 2 ; u_{BM} : oscillogramme 3 ; u_{SM} : oscillogramme 1. Porteuse : $f \approx 5\ \text{kHz}$.

PIÈGE
Mesurer la période de l'enveloppe (environ 8 divisions) : elle donne la fréquence du son, pas celle de la porteuse.

COMPRENDRE
Touche DC active : l'oscilloscope affiche aussi la composante continue. C'est ce qui permet de distinguer u_{BM} (trace décalée) de u_{SM} (trace centrée).

MÉTHODE
Compter plusieurs périodes d'un coup, puis diviser : la lecture est bien plus précise que sur une seule oscillation serrée. Un seul chiffre significatif suffit ici, la lecture de l'écran restant grossière.

À LA CALCULATRICE



1 Partie C. Déterminer la hauteur du son restitué par le récepteur, à partir de l'enregistrement de la tension aux bornes du microphone.

La hauteur d'un son est la fréquence de son fondamental, c'est-à-dire la fréquence du signal périodique enregistré.

Le motif se répète trois fois entre les maximums situés à $t = 0$ et $t = 0{,}024\ \text{s}$:

$$3\,T = 0{,}024\ \text{s}, \text{ donc } T = \frac{0{,}024}{3} = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{s}.$$

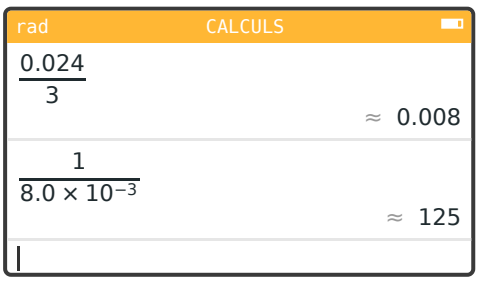
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8{,}0 \times 10^{-3}} = 125\ \text{Hz}$$

Hauteur du son : $f \approx 125\ \text{Hz}$ (soit $1{,}3 \times 10^{2}\ \text{Hz}$ avec deux chiffres significatifs).

PIÈGE
Prendre pour période l'écart entre deux bosses voisines. La période est la durée du plus petit motif complet qui se répète, ici entre deux grands maximums.

COMPRENDRE
On retrouve $125\ \text{Hz} \ll 5\ \text{kHz}$: la porteuse est bien de fréquence très supérieure à celle du son. Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme actuel de spécialité.

À LA CALCULATRICE



2 Partie C. Que représentent les fréquences qui apparaissent sur le spectre du son restitué ?

Le spectre comporte quatre pics, à 125 Hz, 250 Hz, 375 Hz et 500 Hz.

Le pic de plus basse fréquence, $f_1 = 125\ \text{Hz}$, est le fondamental : sa fréquence est la hauteur du son, déjà trouvée à la question précédente.

Les autres fréquences sont des multiples entiers de f_1 : $250 = 2f_1$, $375 = 3f_1$, $500 = 4f_1$.

125 Hz : fréquence du fondamental ; 250 Hz, 375 Hz et 500 Hz : fréquences des harmoniques, $f_n = n \times f_1$.

COMPRENDRE
Un son périodique non sinusoïdal est la somme de signaux sinusoïdaux de fréquences f_1, $2f_1$, $3f_1$… La longueur de chaque pic donne l'amplitude de l'harmonique correspondant.

3 Partie C. Quels sont le point commun et la différence entre le second son analysé et celui restitué par le récepteur radio ?

Point commun : le premier pic du second spectre est aussi à 125 Hz. Les deux sons ont le même fondamental, donc la même hauteur.

Différence : les harmoniques n'ont pas les mêmes amplitudes relatives (le pic le plus grand est à 250 Hz, au lieu de 125 Hz), et deux pics supplémentaires apparaissent au-delà de 700 Hz. Les deux sons n'ont pas le même timbre.

Même hauteur (fondamental à 125 Hz), mais timbres différents (harmoniques d'amplitudes différentes, et plus nombreux pour le second son).

COMPRENDRE
Deux instruments qui jouent la même note donnent des spectres de ce type : mêmes fréquences, répartition des amplitudes différente. C'est le timbre qui permet de les reconnaître à l'oreille.