Spécialité : Emission et réception d'une onde radio

Bac S 2005 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Pourquoi faut-il ajouter une tension de décalage au signal à transmettre ?

Le signal $u_1(t)$ est alternatif : il change de signe. Avec la tension continue U_0 (choisie supérieure à U_m), la tension $u(t) = U_0 + U_m\cos(2\pi ft)$ garde toujours le même signe, positif.

L'amplitude de la tension modulée ne s'annule alors jamais.

Le décalage rend $u(t)$ toujours positive : l'enveloppe de $s(t)$ a alors la même forme que le signal à transmettre.

COMPRENDRE
La modulation d'amplitude ne figure plus au programme actuel de la spécialité de Terminale : elle appartenait à l'enseignement de spécialité de l'ancien bac S. Tout l'exercice se traite dans ce cadre.

1.1.2 Quelle condition doit vérifier le taux de modulation $m = \dfrac{U_m}{U_0}$ pour que la modulation soit bonne ?

Il faut $u(t) > 0$ à chaque instant. La plus petite valeur de $u(t)$ est $U_0 - U_m$: il faut donc $U_0 - U_m > 0$, soit $U_m < U_0$.

$$m = \frac{U_m}{U_0} < 1$$

PIÈGE
Si $m > 1$, il y a surmodulation : l'enveloppe de $s(t)$ ne ressemble plus au signal à transmettre et le récepteur restitue un signal déformé.

COMPRENDRE
Sur la figure 2, l'amplitude de $s(t)$ varie entre environ $0{,}75$ V et $2{,}2$ V sans jamais s'annuler : la condition est respectée.

1.2.1 Montrer que $s(t)$ peut se mettre sous la forme $s(t) = A\,[1 + m\cos(2\pi ft)]\cos(2\pi Ft)$, où A est une constante.

Données utiles $s(t) = k\,u(t)\,v(t)$; $u(t) = U_0 + U_m\cos(2\pi ft)$; $v(t) = V_m\cos(2\pi Ft)$

On remplace $u(t)$ et $v(t)$ par leurs expressions :

$$s(t) = k\,[U_0 + U_m\cos(2\pi ft)]\,V_m\cos(2\pi Ft)$$

On met U_0 en facteur dans le crochet :

$$s(t) = k\,V_m\,U_0\left[1 + \frac{U_m}{U_0}\cos(2\pi ft)\right]\cos(2\pi Ft)$$

Comme $m = \dfrac{U_m}{U_0}$ et que k, V_m et U_0 sont des constantes :

$s(t) = A\,[1 + m\cos(2\pi ft)]\cos(2\pi Ft)$ avec $A = k\,V_m\,U_0$ constante.

MÉTHODE
Pour faire apparaître m, on factorise par U_0 : c'est le seul moyen d'obtenir le rapport $\dfrac{U_m}{U_0}$ devant le cosinus de basse fréquence.

1.2.2 Donner l'expression de A en fonction de k, V_m et U_0.

Par identification avec l'expression obtenue à la question 1.2.1 :

$$A = k\,V_m\,U_0$$

COMPRENDRE
A est une tension : k s'exprime donc en V^{-1}. L'amplitude de $s(t)$ oscille entre $A(1-m)$ et $A(1+m)$.

1.3 En utilisant la courbe de la figure 2, déterminer f et F. Justifier la méthode utilisée.

Données utiles figure 2 (axe des temps gradué en ms)

L'enveloppe de $s(t)$ varie comme le signal à transmettre : elle a la même période $T = \dfrac{1}{f}$. Deux maximums successifs de l'enveloppe sont en $t = 1{,}25$ ms et $t = 2{,}50$ ms, donc $T = 1{,}25$ ms.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}25 \times 10^{-3}} = 800 \text{ Hz}$$

Les oscillations rapides sont celles de la porteuse. On en compte 25 pendant la durée T : la période de la porteuse est 25 fois plus petite que T, sa fréquence 25 fois plus grande.

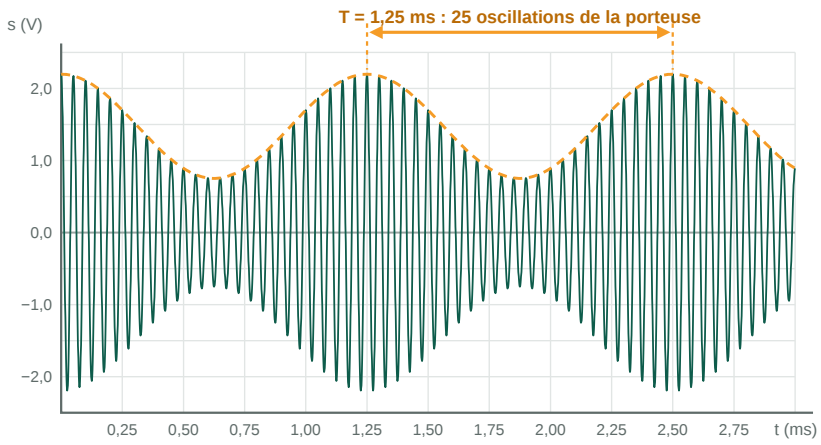
$$F = 25\,f = 25 \times 800 = 2{,}0 \times 10^4 \text{ Hz}$$

$f = 800$ Hz et $F = 2{,}0 \times 10^4$ Hz $= 20$ kHz

PIÈGE
Confondre les deux périodes : l'enveloppe donne f (signal modulant), les oscillations rapides donnent F (porteuse). L'axe est en millisecondes.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : le comptage des oscillations se fait à une unité près, on garde donc deux chiffres pour F.

MÉTHODE
Sans calculatrice : $\dfrac{1}{1{,}25 \times 10^{-3}} = \dfrac{1000}{1{,}25} = 800$.
Compter beaucoup d'oscillations sur une durée connue est bien plus précis que mesurer une seule période de la porteuse.



1.3 · Figure 2 du sujet : l'enveloppe (tirets orange) a la période T du signal modulant

2.1.1 Quel est le rôle du circuit d'accord, module a) de la figure 4 ?

L'antenne reçoit en même temps les ondes de tous les émetteurs voisins. Le circuit formé de la bobine L et du condensateur C en parallèle ne laisse subsister que la tension dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre.

Le circuit d'accord sélectionne, parmi tous les signaux captés, celui de l'émetteur choisi.

2.1.2 Comment procède-t-on pour « capter » une station radio ?

La bobine a une inductance réglable. On modifie L jusqu'à ce que la fréquence propre du circuit, $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, soit égale à la fréquence F de la porteuse de la station.

On règle L pour obtenir $f_0 = F$ (porteuse de la station voulue).

COMPRENDRE
Chaque station émet avec sa propre fréquence de porteuse : c'est ce qui permet de les séparer à la réception.

2.1.3 Vérifier que, lorsque $L = 62$ mH, le circuit est accordé sur l'émetteur réalisé dans la partie 1.

Données utiles $L = 62$ mH ; $C = 1{,}0$ nF ; $\pi\sqrt{62} \approx 25$; $F = 2{,}0 \times 10^4$ Hz (1.3)

Fréquence propre du circuit : $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

$LC = 62 \times 10^{-3} \times 1{,}0 \times 10^{-9} = 62 \times 10^{-12}$ s^2, donc $\sqrt{LC} = \sqrt{62} \times 10^{-6}$ s.

$$f_0 = \frac{1}{2 \times \pi\sqrt{62} \times 10^{-6}} = \frac{1}{2 \times 25 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{50} = 2{,}0 \times 10^4 \text{ Hz}$$

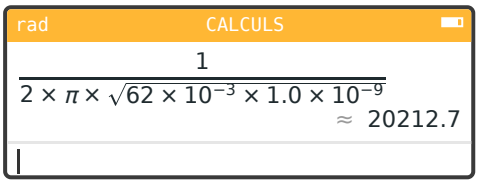
$f_0 = 2{,}0 \times 10^4$ Hz $= F$: le circuit est bien accordé sur l'émetteur.

PIÈGE
Oublier les conversions : 62 mH $= 62 \times 10^{-3}$ H et $1{,}0$ nF $= 1{,}0 \times 10^{-9}$ F. Sans elles, la puissance de dix est fausse.

COMPRENDRE
L'épreuve est sans calculatrice : l'aide $\pi\sqrt{62} \approx 25$ la remplace. Le calcul exact donne $20{,}2$ kHz, soit 20 kHz avec deux chiffres significatifs.

COMPRENDRE
La bobine et le circuit LC (oscillations électriques) ne sont plus au programme actuel de spécialité ; la relation $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ était à connaître.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Que signifie démoduler le signal reçu ?

Le signal reçu est la porteuse de haute fréquence dont l'amplitude varie au rythme de l'information. Démoduler, c'est supprimer la porteuse pour ne garder que l'enveloppe.

Démoduler, c'est extraire du signal modulé le signal de basse fréquence (l'information transmise).

COMPRENDRE
À la sortie du détecteur de crête, l'enveloppe récupérée est encore décalée de la composante continue : elle n'est pas centrée sur zéro.

2.2.2 Le signal tracé en trait gras par l'élève sur la figure 5, à la sortie du détecteur de crête, est-il correct ? Justifier.

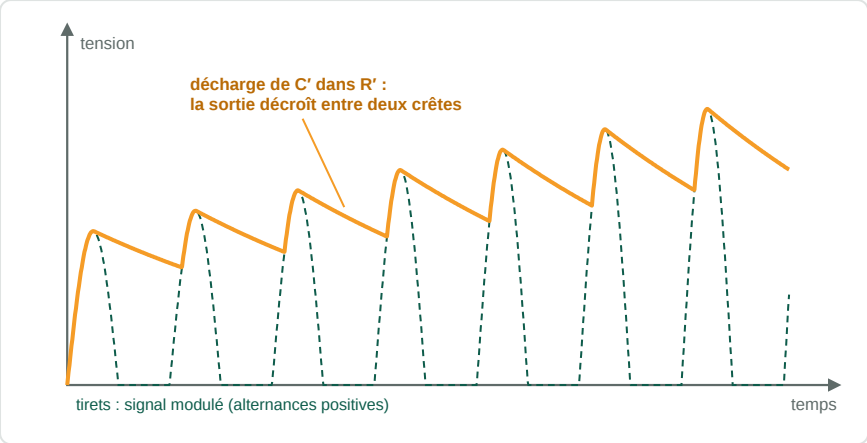
Quand la tension modulée dépasse la tension aux bornes de C', la diode est passante : C' se charge et la sortie suit la montée jusqu'à la crête.

Dès que la tension modulée redescend, la diode est bloquée : C' se décharge dans R' et la tension de sortie diminue lentement, jusqu'à l'alternance suivante.

Or l'élève a tracé une tension qui continue d'augmenter entre deux crêtes.

Le schéma est incorrect : entre deux crêtes la tension doit décroître légèrement (décharge de C'), ce qui donne un tracé en dents de scie.

COMPRENDRE
La décharge doit être lente devant la période de la porteuse, mais assez rapide pour suivre l'enveloppe : la constante de temps $R'C'$ se choisit entre ces deux périodes.



2.2.2 · Tracé correct (en orange) : la sortie du détecteur de crête est en dents de scie

2.3 Quel est le rôle du troisième module c) ?

Le condensateur C'', placé en série, bloque la partie constante de la tension démodulée et transmet sa partie variable à R''.

Le module c) élimine la composante continue (le décalage) : la tension obtenue, centrée sur zéro, a la forme du signal $u_1(t)$ émis.

COMPRENDRE

Ce décalage est la trace de la tension U_0 ajoutée à l'émission (1.1.1) : utile pour moduler, il ne fait pas partie de l'information.