Spécialité : Le poste à galène

Bac S 2011 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Identifier, parmi les trois signaux de l'annexe, le signal porteur, le signal modulant et le signal modulé en amplitude. Justifier.

- Schéma 1 : tension sinusoïdale de haute fréquence et d'amplitude constante. C'est le **signal porteur** $p(t)$.
- Schéma 2 : tension de haute fréquence dont l'amplitude varie lentement au cours du temps. C'est le **signal modulé en amplitude** $u(t)$.
- Schéma 3 : tension sinusoïdale de basse fréquence, toujours positive car décalée par la tension continue U_0. C'est le **signal modulant** $s(t) + U_0$.

Schéma 1 : porteuse ; schéma 2 : signal modulé ; schéma 3 : signal modulant décalé.

COMPRENDRE
La modulation d'amplitude et le circuit LC relevaient de l'enseignement de spécialité de l'ancien programme ; ils ne figurent plus dans le programme actuel de spécialité de Terminale.

MÉTHODE
Deux critères suffisent : la fréquence (haute ou basse) et l'amplitude (constante ou variable). L'enveloppe du schéma 2 a la même période que le schéma 3.

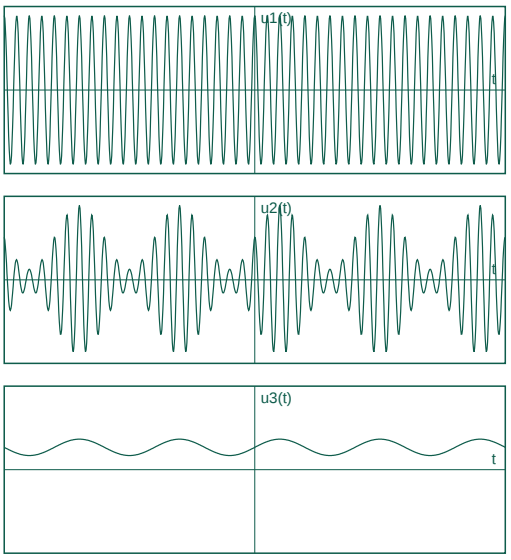


Schéma 1
signal porteur
amplitude constante, haute fréquence

Schéma 2
signal modulé
haute fréquence, amplitude variable

Schéma 3
signal modulant + U0
basse fréquence, toujours positif

1.1 · Annexe complétée : identification des trois signaux

1.2 Donner l'expression littérale de la tension modulée $u(t)$ à partir de celles de $p(t)$ et $s(t)$.

Le multiplieur fournit le produit des tensions appliquées sur ses deux entrées, multiplié par k :

$$u(t) = k \times \big(s(t) + U_0\big) \times p(t)$$

$$u(t) = k\left[S_M \cos(2\pi f t) + U_0\right] P_M \cos(2\pi F t)$$

PIÈGE
Oublier la tension de décalage : l'entrée E_1 reçoit $s(t) + U_0$, et non $s(t)$ seule.

1.3 Montrer que $u(t) = A\,[m\cos(2\pi ft)+1]\cos(2\pi Ft)$ avec $m = \dfrac{S_M}{U_0}$ et $A = k\,P_M\,U_0$. Quel nom donne-t-on à m ?

On met U_0 en facteur dans le crochet de l'expression de la question 1.2 :

$$u(t) = k\,P_M\,U_0\left[\frac{S_M}{U_0}\cos(2\pi ft)+1\right]\cos(2\pi Ft)$$

On reconnaît $A = k\,P_M\,U_0$ et $m = \dfrac{S_M}{U_0}$.

$u(t) = A\,[m\cos(2\pi ft)+1]\cos(2\pi Ft)$; m est le **taux de modulation**.

COMPRENDRE
m est un rapport de deux tensions : il n'a pas d'unité. Il compare l'amplitude du signal modulant à la tension de décalage.

1.4 Montrer que $U_{M\min} = A(1-m)$ et $U_{M\max} = A(1+m)$.

L'amplitude du signal modulé est $U_M(t) = A\,[m\cos(2\pi ft)+1]$, avec $A > 0$ et $m > 0$.

Le cosinus prend toutes les valeurs comprises entre -1 et $+1$:

- pour $\cos(2\pi ft) = -1$, l'amplitude est minimale : $U_{M\min} = A(-m+1)$;
- pour $\cos(2\pi ft) = +1$, l'amplitude est maximale : $U_{M\max} = A(m+1)$.

$U_{M\min} = A(1-m)$ et $U_{M\max} = A(1+m)$

1.5 Montrer que $m = \dfrac{U_{M\max} - U_{M\min}}{U_{M\max} + U_{M\min}}$.

D'après la question 1.4 :

- différence : $U_{M\max} - U_{M\min} = A(1+m) - A(1-m) = 2Am$;
- somme : $U_{M\max} + U_{M\min} = A(1+m) + A(1-m) = 2A$.

$$\frac{U_{M\max} - U_{M\min}}{U_{M\max} + U_{M\min}} = \frac{2Am}{2A} = m$$

MÉTHODE
Cette relation sert à mesurer m sur un oscillogramme : on lit l'amplitude la plus grande et la plus petite de l'enveloppe du signal modulé.

1.6 Quelle condition sur la valeur de m faut-il respecter pour qu'il n'y ait pas de surmodulation ?

L'amplitude $U_M(t)$ doit rester positive à chaque instant, donc $U_{M\min} = A(1-m) > 0$.

Il faut $m < 1$, c'est-à-dire $S_M < U_0$.

COMPRENDRE
Si $m > 1$, l'enveloppe du signal modulé ne reproduit plus le signal modulant : le détecteur d'enveloppe du récepteur restitue alors un son déformé.

2.1.1 Quel est le rôle du circuit d'accord (dipôle « LC parallèle ») ?

L'antenne reçoit en même temps les ondes électromagnétiques de tous les émetteurs. Le dipôle LC parallèle est un filtre sélectif : il ne conserve que le signal dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre f_0.

Il sélectionne la station à écouter, en accordant f_0 sur la fréquence de sa porteuse.

COMPRENDRE
La capacité C est réglable : la modifier change f_0, donc la station reçue. C'est le bouton de recherche des stations.

2.1.2 Que représente la valeur 1500 m qui caractérisait Radio Londres ?

C'est la longueur d'onde λ, dans l'air, de l'onde porteuse émise par Radio Londres.

2.1.3 Déterminer la fréquence d'émission de Radio Londres.

Données utiles $\lambda = 1500$ m ; $c = 3 \times 10^8$ m · s^{-1}

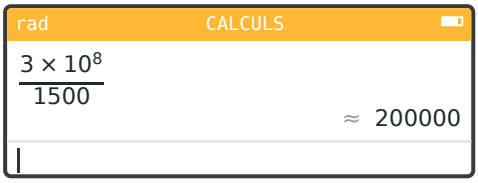
La longueur d'onde et la fréquence sont liées par $\lambda = \dfrac{c}{f_0}$, donc $f_0 = \dfrac{c}{\lambda}$.

$$f_0 = \frac{3 \times 10^8}{1500} = 2 \times 10^5 \text{ Hz}$$

$f_0 = 2 \times 10^5$ Hz, soit 200 kHz

COMPRENDRE
La célérité est donnée avec un seul chiffre significatif : le résultat n'en garde qu'un. Une fréquence de 200 kHz appartient bien au domaine des grandes ondes.

À LA CALCULATRICE



2.1.4 À partir de $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, en déduire la capacité du condensateur à utiliser pour recevoir cette fréquence d'émission.

Données utiles $L = 8$ mH $= 8 \times 10^{-3}$ H ; $f_0 = 2 \times 10^5$ Hz (2.1.3)

On élève la relation au carré : $f_0^2 = \dfrac{1}{4\pi^2 LC}$, d'où

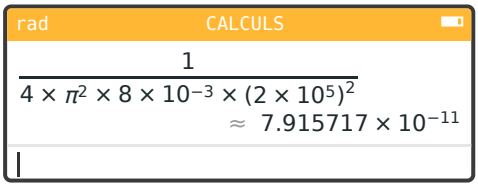
$$C = \frac{1}{4\pi^2 L f_0^2}$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \times 8 \times 10^{-3} \times (2 \times 10^5)^2} = 7{,}9 \times 10^{-11} \text{ F}$$

$C \approx 8 \times 10^{-11}$ F, soit environ 80 pF

PIÈGE
Laisser L en millihenrys, ou oublier d'élever f_0 au carré : la capacité obtenue est alors fausse de plusieurs puissances de dix.

À LA CALCULATRICE



2.1.5 Parmi les trois tensions de l'annexe, laquelle représente s_1 ? Justifier.

Le circuit d'accord ne fait que sélectionner l'onde émise par la station : la tension s_1 à ses bornes est encore le signal modulé en amplitude, qui n'a subi aucune démodulation.

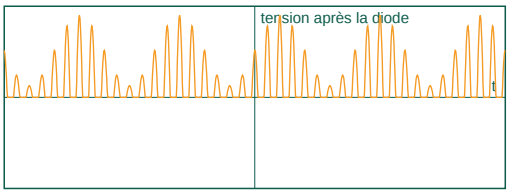
s_1 correspond au schéma 2.

2.2.1 Quel est le rôle de la diode D ?

La diode ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Elle supprime donc les alternances négatives du signal modulé s_1 et ne conserve que ses alternances positives.

La diode redresse le signal modulé : elle élimine sa partie négative.

COMPRENDRE
Sans la diode, la moyenne du signal modulé sur quelques périodes de la porteuse serait nulle : les deux enveloppes, symétriques, se compenseraient.



Alternances négatives supprimées :

signal modulé redressé

2.2.1 · Allure de la tension après la diode (dessin facultatif)

2.2.2 Quel est le rôle du circuit « RC parallèle » ? Identifier, parmi les trois tensions de l'annexe, celle qui représente s_2.

Associé à la diode, le circuit RC parallèle élimine la porteuse. Le condensateur se charge lors des crêtes du signal redressé, puis se décharge lentement dans le conducteur ohmique entre deux crêtes : la tension à ses bornes suit l'enveloppe du signal modulé.

On récupère ainsi le signal modulant, encore décalé de la tension continue.

Le circuit RC parallèle détecte l'enveloppe ; s_2 correspond au schéma 3.

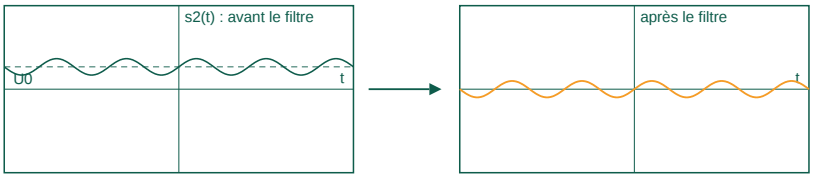
COMPRENDRE
La constante de temps RC' doit être grande devant la période de la porteuse, pour ne pas suivre ses oscillations, et petite devant celle du signal modulant, pour suivre l'enveloppe.

2.3 Quel est le rôle du circuit « RC série » ?

Le condensateur C'' ne laisse pas passer une tension continue. Le filtre RC série supprime donc la composante continue de s_2, due à la tension de décalage U_0.

Il élimine la composante continue : la tension de sortie, centrée sur zéro, reproduit le signal modulant $s(t)$.

COMPRENDRE
C'est un filtre passe-haut. Après ces trois étages, la tension obtenue est l'image du son capté par le microphone de l'émetteur.



La composante continue U0 est supprimée : le signal est centré sur zéro.

2.3 · Effet du filtre RC série (dessin facultatif)