Spécialité : Le poste à galène

Bac S 2011 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Quel est le rôle du circuit d'accord, module (a) du document 1 ?

L'antenne capte en même temps les ondes de tous les émetteurs. Le circuit d'accord (bobine et condensateur en dérivation) sélectionne, parmi tous ces signaux, celui dont la porteuse a la fréquence de l'émetteur que l'on veut écouter.

Le circuit d'accord **sélectionne la fréquence de la porteuse** de la station choisie.

1.1.2 De quel type de filtre s'agit-il ?

Le circuit ne conserve que les signaux dont la fréquence est proche de sa fréquence propre ; il atténue les fréquences plus basses et les fréquences plus hautes.

C'est un **filtre passe-bande**.

COMPRENDRE
La bande conservée est centrée sur la fréquence propre $F_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ du circuit LC. Changer C déplace cette bande : c'est ainsi que l'on change de station.

1.1.3 Sur quelle valeur fallait-il régler la capacité C pour capter les signaux de détresse des navires ?

Données utiles $F = 500$ kHz ; $L = 2{,}0 \times 10^{-4}$ H

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

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

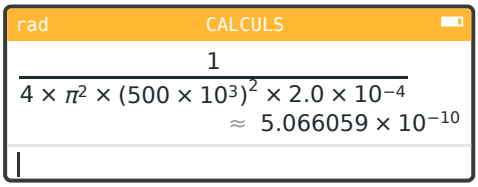
$$C = \frac{1}{4\pi^2 \times (500 \times 10^3)^2 \times 2{,}0 \times 10^{-4}} = 5{,}1 \times 10^{-10} \text{ F}$$

$C = 5{,}1 \times 10^{-10}$ F $= 0{,}51$ nF

PIÈGE
Laisser F en kHz : il faut $F = 500 \times 10^3$ Hz.
Oublier le carré sur F ou sur 2π en isolant C.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme L. Vérification : avec $C = 5{,}1 \times 10^{-10}$ F, on retrouve $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \approx 5{,}0 \times 10^5$ Hz.

À LA CALCULATRICE



1.1.4 La fréquence $F = 500$ kHz correspond-elle à la porteuse ou au signal à transmettre ? Justifier.

Le signal à transmettre (son, message) est un signal de basse fréquence : les sons audibles ont une fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz. La fréquence $F = 500$ kHz est bien plus élevée : c'est une haute fréquence, celle de l'onde qui transporte le message, sur laquelle on règle le circuit d'accord.

$F = 500$ kHz est la fréquence de la **porteuse**.

1.1.5 Quel est l'inconvénient d'un circuit d'accord pas assez sélectif ?

Un circuit peu sélectif laisse passer une bande de fréquences trop large : il conserve aussi les porteuses d'émetteurs de fréquences voisines.

On reçoit **plusieurs stations à la fois** : les émissions se superposent et l'écoute est brouillée.

1.1.6 D'après le document 2 (spectre d'une note à l'émission puis à l'écoute, circuit d'accord trop sélectif), quelle est la qualité physiologique du son qui est modifiée ? Justifier.

Les deux spectres ont le même fondamental, de fréquence 400 Hz : la hauteur du son n'est pas modifiée.

En revanche les harmoniques n'ont plus les mêmes amplitudes relatives : à l'écoute, l'harmonique de fréquence 1200 Hz a presque disparu.

C'est le **timbre** du son qui est modifié.

PIÈGE
Répondre « la hauteur » : elle ne dépend que de la fréquence du fondamental, qui reste 400 Hz sur les deux spectres.

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale. Hauteur = fréquence du fondamental ; timbre = nombre et amplitudes relatives des harmoniques.

1.2.1 Quel est le rôle du cristal de galène dans le détecteur de crête, module (b) ?

Le cristal de galène se comporte comme une diode : il ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Il supprime donc les alternances négatives de la tension modulée (redressement) : le condensateur C' peut se charger pendant les alternances positives, mais il ne peut pas se décharger à travers le circuit d'accord.

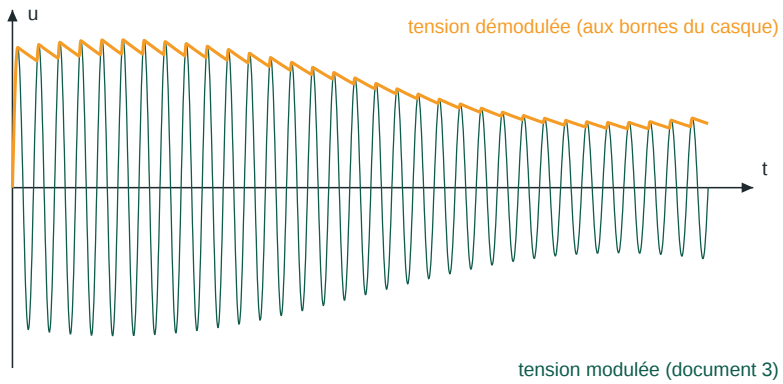
La galène joue le rôle d'une **diode** : elle ne conserve que les alternances positives de la tension modulée.

1.2.2 Représenter sur le document 3 la tension aux bornes du casque à la sortie du détecteur de crête (tension démodulée) dans le cas d'une bonne démodulation, la galène étant une diode idéale.

La tension démodulée suit l'enveloppe supérieure de la tension modulée : elle passe par chaque crête positive (diode idéale, tension de seuil nulle), puis décroît légèrement jusqu'à la crête suivante. Elle reste toujours positive.

Courbe en dents de scie très fines reliant les sommets des alternances positives (tracé orange).

PIÈGE
Tracer aussi l'enveloppe inférieure, ou une courbe qui passe au-dessus des crêtes : la tension démodulée ne dépasse jamais la tension modulée et ne devient jamais négative.



1.2.2 · Document 3 complété : la tension démodulée suit les crêtes de la tension modulée

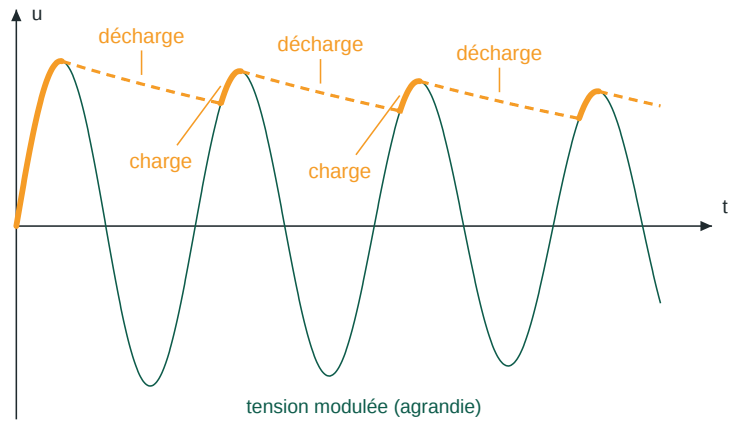
1.2.3 Indiquer sur ce graphe les parties qui correspondent à la charge du condensateur et celles qui correspondent à la décharge.

Charge : parties montantes, confondues avec la tension modulée juste avant chaque crête. La diode est passante, le condensateur C' se charge jusqu'à la valeur de crête.

Décharge : parties descendantes, entre deux crêtes successives. La tension modulée est devenue inférieure à celle du condensateur, la diode est bloquée et C' se décharge dans le casque (résistance R).

Charge : montée vers chaque crête (diode passante) ; **décharge** : descente entre deux crêtes (diode bloquée).

MÉTHODE
Pour repérer les deux phases, comparer la tension modulée à la tension du condensateur : si la première atteint la seconde, la diode conduit (charge) ; sinon elle est bloquée (décharge dans R).



1.2.3 · Agrandissement de quelques périodes : trait épais = charge, tirets = décharge

1.2.4 Que se passe-t-il si la constante de temps du dipôle RC' est trop grande ?

Si $\tau = RC'$ est trop grande, le condensateur se décharge trop lentement dans le casque. Lorsque l'amplitude de la tension modulée diminue, la tension aux bornes du condensateur ne décroît pas assez vite : elle passe au-dessus des crêtes suivantes et ne suit plus l'enveloppe.

La tension démodulée **ne suit plus l'enveloppe** : le signal restitué est déformé, la démodulation est mauvaise.

COMPRENDRE
À l'inverse, si τ est trop petite, le condensateur se décharge presque entièrement entre deux crêtes : la tension démodulée garde de fortes ondulations à la fréquence de la porteuse.

1.2.5 Choisir dans la liste la capacité du condensateur C' à associer au casque pour écouter France-Inter dans de bonnes conditions.

Données utiles $R = 1{,}0\ \text{k}\Omega$; $F = 162\ \text{kHz}$; $f < 4{,}5\ \text{kHz}$; condition $\frac{1}{F} \ll \tau < \frac{1}{f}$; liste : 100 pF ; 1,0 nF ; 10 nF ; 100 nF ; 1,0 µF

Bornes de la double inégalité, la condition devant être vérifiée jusqu'à la plus grande fréquence $f = 4{,}5$ kHz :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{162 \times 10^3} = 6{,}17 \times 10^{-6}\ \text{s} \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{4{,}5 \times 10^3} = 2{,}2 \times 10^{-4}\ \text{s}$$

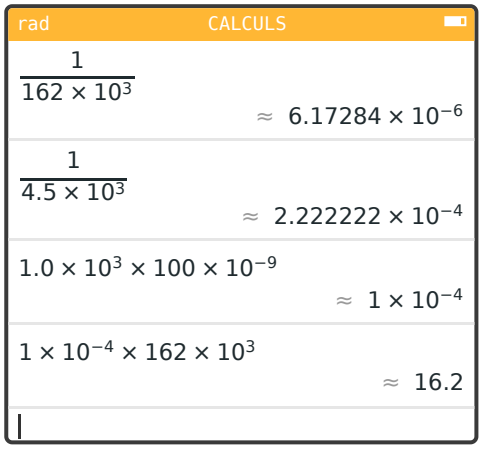
Constante de temps $\tau = RC'$ avec $R = 1{,}0 \times 10^3\ \Omega$, pour chaque capacité :

- 100 pF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-7}$ s ; 1,0 nF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-6}$ s : inférieures à $\frac{1}{F}$, à rejeter.
- 10 nF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-5}$ s : seulement 1,6 fois $\frac{1}{F}$, pas « très supérieure ».
- 100 nF : $\tau = 1{,}0 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-9} = 1{,}0 \times 10^{-4}$ s : 16 fois $\frac{1}{F}$ et inférieure à $\frac{1}{f}$.
- 1,0 µF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-3}$ s : supérieure à $\frac{1}{f}$, à rejeter.

Il faut choisir $C' = 100\ \text{nF}$ ($\tau = 1{,}0 \times 10^{-4}$ s).

PIÈGE
Retenir 10 nF parce que τ est comprise entre les deux bornes : le symbole $\ll$ exige au moins un facteur 10. Penser aussi à convertir : 1 nF = 10^{-9} F, 1 kΩ = 10^3 Ω.

À LA CALCULATRICE



2.1 Rechercher dans le texte encadré d'où provient l'énergie nécessaire au fonctionnement du poste à galène.

D'après le texte : « l'énergie fournie par l'onde et convertie en énergie électrique par l'antenne est suffisante pour une écoute sur casque ».

L'énergie provient de **l'onde radio** (onde électromagnétique) captée par l'antenne, qui la convertit en énergie électrique.

2.2.1 Quel filtre utilise-t-on pour supprimer la tension continue ?

Une tension continue correspond à une fréquence nulle. Il faut donc un filtre qui élimine les très basses fréquences et laisse passer les fréquences plus élevées du signal sonore.

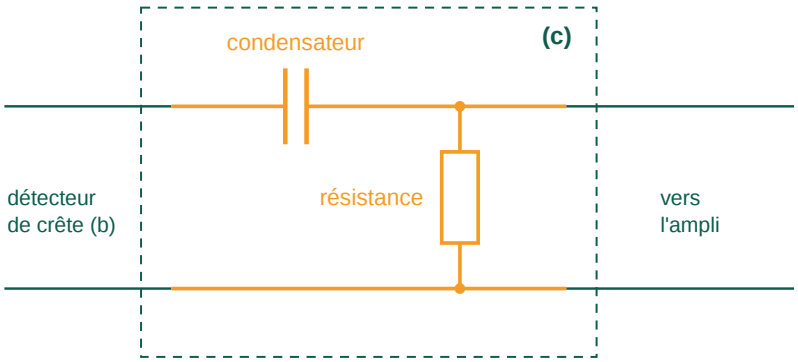
On utilise un **filtre passe-haut**.

2.2.2 Représenter ce filtre dans le cadre (c) du document 4.

Le filtre passe-haut est un dipôle RC : un condensateur placé en série sur le fil qui relie le détecteur de crête à l'ampli, suivi d'un conducteur ohmique en dérivation entre les deux fils. La tension de sortie, envoyée vers l'ampli, est prise aux bornes du conducteur ohmique.

Condensateur **en série**, conducteur ohmique **en dérivation** à la sortie (tracé orange).

COMPRENDRE
En régime permanent, un condensateur ne laisse passer aucun courant continu : la composante continue reste à ses bornes et seule la partie variable de la tension se retrouve aux bornes du conducteur ohmique.



2.2.2 · Cadre (c) du document 4 complété : filtre passe-haut (condensateur en série, résistance en dérivation)