Spécialité : émission et réception en grandes ondes

Bac S 2009 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Montrer que les ondes émises par l'émetteur de France Inter appartiennent bien aux grandes ondes.

Données utiles $\lambda = 1852$ m ; $c_{lum} = 3{,}00 \times 10^8$ m · s^{-1} ; grandes ondes : de 150 kHz à 255 kHz

L'onde émise est électromagnétique : elle se propage à la célérité c_{lum} , et $\lambda = \dfrac{c_{lum}}{f}$, donc

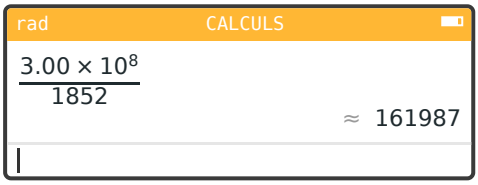
$$f = \frac{c_{lum}}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1852} = 1{,}62 \times 10^5 \text{ Hz}$$

$f = 162$ kHz, et $150 \text{ kHz} < 162 \text{ kHz} < 255 \text{ kHz}$: France Inter émet bien en grandes ondes.

PIÈGE
Prendre la célérité du son, donnée elle aussi dans l'énoncé. Une onde radio est électromagnétique : c'est c_{lum} qu'il faut utiliser.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme c_{lum}, la donnée la moins précise du calcul.

À LA CALCULATRICE



2.1 Déduire de la figure 1 de l'annexe la fréquence f_m du signal modulant.

Données utiles figure 1 : deux maximums successifs de l'enveloppe sont séparés de 224 µs

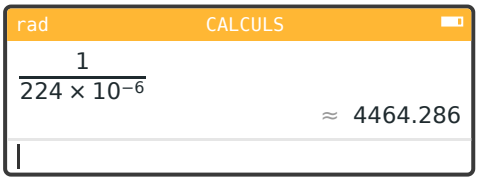
L'enveloppe du signal modulé reproduit le signal modulant : sa période est celle du signal modulant, $T_m = 224\ \mu$s (durée entre deux maximums successifs de l'enveloppe, indiquée sur la figure 1).

$$f_m = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{224 \times 10^{-6}} = 4{,}46 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$f_m = 4{,}46$ kHz

PIÈGE
Mesurer la période des oscillations rapides à l'intérieur de l'enveloppe : c'est celle de la porteuse. Penser aussi à convertir les microsecondes en secondes.

À LA CALCULATRICE



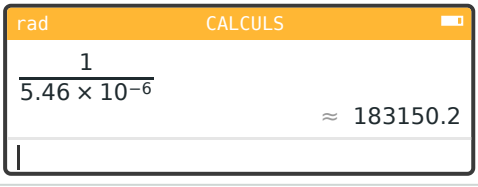
2.2.1 Calculer la fréquence f_p de la porteuse.

Données utiles $T_p = 5{,}46 \times 10^{-6}$ s

$$f_p = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{5{,}46 \times 10^{-6}} = 1{,}83 \times 10^5 \text{ Hz}$$

$f_p = 183$ kHz

À LA CALCULATRICE



2.2.2 En déduire, à l'aide des données, la station dont provient le signal.

Données utiles $f_p = 183$ kHz (2.2.1) ; Europe 1 : $f_1 = 183$ kHz ; RMC : $f_2 = 214$ kHz

Chaque station est repérée par la fréquence de sa porteuse. Ici $f_p = 183\ \text{kHz} = f_1$.

Le signal provient de la station **Europe 1**.

2.3.1 Compléter le spectre en fréquence du signal modulé (figure 2) en précisant les fréquences des trois pics.

Données utiles $f_p = 183$ kHz (2.2.1) ; $f_m = 4{,}46$ kHz (2.1)

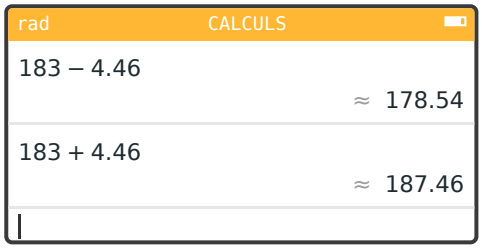
Le signal modulant étant sinusoïdal, le spectre du signal modulé comporte trois raies :

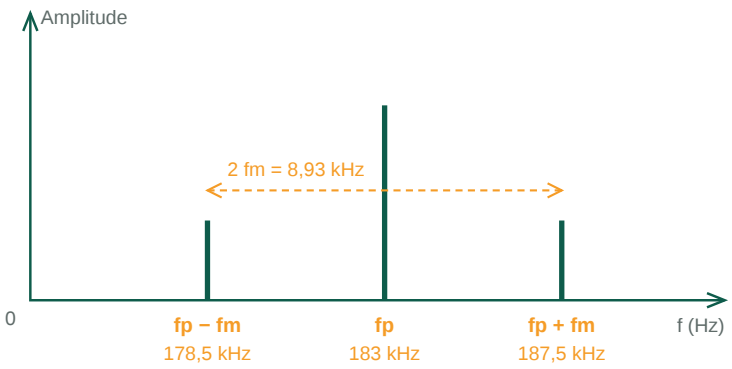
- au centre, le pic le plus haut, à la fréquence de la porteuse : $f_p = 183$ kHz ;
- à gauche : $f_p - f_m = 183 - 4{,}46 \approx 178{,}5$ kHz ;
- à droite : $f_p + f_m = 183 + 4{,}46 \approx 187{,}5$ kHz.

De gauche à droite : $f_p - f_m \approx 178{,}5$ kHz ; $f_p = 183$ kHz ; $f_p + f_m \approx 187{,}5$ kHz

PIÈGE
Placer un pic à la fréquence f_m : le signal modulé ne contient aucune raie à 4,46 kHz. Les trois pics sont regroupés autour de 183 kHz.

À LA CALCULATRICE





2.3.1 · Figure 2 complétée : la porteuse au centre, une raie latérale de chaque côté

2.3.2 Quelle est la largeur de la bande de fréquence occupée par ce signal ?

Données utiles $f_m = \dfrac{1}{T_m}$ avec $T_m = 224\ \mu\text{s}$ (2.1)

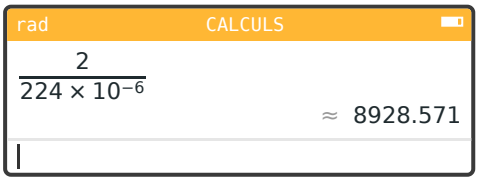
La bande occupée s'étend de $f_p - f_m$ à $f_p + f_m$. Sa largeur est

$$\Delta f = (f_p + f_m) - (f_p - f_m) = 2\,f_m = \frac{2}{T_m} = \frac{2}{224 \times 10^{-6}} = 8{,}93 \times 10^3\ \text{Hz}$$

$\Delta f = 2\,f_m = 8{,}93$ kHz

COMPRENDRE
Cette largeur ne dépend que de la fréquence la plus élevée à transmettre. Deux stations voisines doivent avoir des porteuses écartées d'au moins $2f_m$, sinon leurs bandes se recouvrent.

À LA CALCULATRICE



3.1 Quel est le nom du dispositif correspondant à l'étage n°1 de la figure 3 ? Quel signal sélectionne-t-il ?

L'étage n°1, formé de l'antenne et du dipôle LC parallèle, est le **circuit d'accord** (filtre passe-bande).

L'antenne capte les ondes de toutes les stations. Le circuit LC ne laisse subsister que les tensions dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Circuit d'accord : il sélectionne le signal modulé de la station dont la porteuse a pour fréquence la fréquence propre du circuit LC.

COMPRENDRE
Il ne suffit pas de laisser passer f_p seule : toute la bande de $f_p - f_m$ à $f_p + f_m$ doit être conservée, car c'est elle qui porte l'information.

3.2 Quelle doit être la valeur de l'inductance L de la bobine afin de recevoir Europe 1 ?

Données utiles $f_1 = 183$ kHz ; $C = 0{,}47$ nF (figure 3) ; $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Pour recevoir Europe 1, la fréquence propre du circuit LC doit être égale à la fréquence de sa porteuse : $f_1 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

En élevant au carré : $f_1^2 = \dfrac{1}{4\pi^2 LC}$, d'où

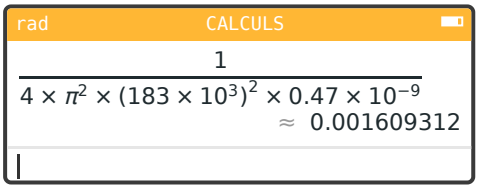
$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 \times (183\times10^3)^2 \times 0{,}47\times10^{-9}} = 1{,}6\times10^{-3}\ \text{H}$$

$L = 1{,}6$ mH

PIÈGE
Laisser f_1 en kHz ou C en nF, ou oublier le carré sur f_1 et sur 2π. Le résultat a deux chiffres significatifs, comme C.

MÉTHODE
Pour isoler une grandeur placée sous une racine, élever d'abord les deux membres au carré, puis isoler. Vérification rapide : remettre L dans la formule doit redonner 183 kHz.

À LA CALCULATRICE



3.3.1 Expliquer succinctement le rôle de l'étage n°2.

L'étage n°2 (diode suivie du dipôle $R'C'$ parallèle) est un **détecteur d'enveloppe**.

La diode ne conserve que les alternances positives du signal modulé. Le condensateur C' se charge jusqu'à chaque crête, puis se décharge lentement dans R' jusqu'à la crête suivante : la tension à ses bornes suit les sommets des oscillations.

L'étage n°2 élimine la porteuse et restitue l'enveloppe supérieure du signal modulé, c'est-à-dire le signal modulant augmenté d'une tension continue.

3.3.2 Choisir, en justifiant, le ou les couples de composants permettant une démodulation correcte d'Europe 1, la constante de temps de $R'C'$ devant être très supérieure à la période de la porteuse et inférieure à celle du signal modulant.

Données utiles $R_1 = 10\ \text{k}\Omega$; $R_2 = 100\ \text{k}\Omega$; $C_1 = 0{,}47$ nF ; $C_2 = 0{,}47\ \mu\text{F}$; $T_p = 5{,}46 \times 10^{-6}$ s ; $f_m = 4{,}5$ kHz

Condition : $T_p \ll R'C' < T_m$, avec $T_p = 5{,}46 \times 10^{-6}$ s et $T_m = \dfrac{1}{f_m} = \dfrac{1}{4{,}5 \times 10^{3}} = 2{,}2 \times 10^{-4}$ s.

Constantes de temps des quatre couples :

- $R_1C_1 = 10 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-9} = 4{,}7 \times 10^{-6}$ s : inférieure à T_p, ne convient pas ;
- $R_2C_1 = 100 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-9} = 4{,}7 \times 10^{-5}$ s : environ $9\,T_p$ et inférieure à T_m, convient ;
- $R_1C_2 = 10 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-6} = 4{,}7 \times 10^{-3}$ s : supérieure à T_m, ne convient pas ;
- $R_2C_2 = 100 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-6} = 4{,}7 \times 10^{-2}$ s : supérieure à T_m, ne convient pas.

Un seul couple convient : $R' = R_2 = 100\ \text{k}\Omega$ et $C' = C_1 = 0{,}47$ nF ($R'C' = 4{,}7 \times 10^{-5}$ s).

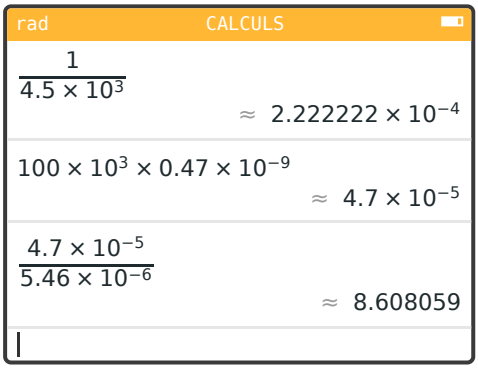
COMPRENDRE

Si $R'C'$ est trop petite, le condensateur se décharge entre deux crêtes et la porteuse reste visible. Si elle est trop grande, la tension ne redescend pas assez vite pour suivre l'enveloppe.

MÉTHODE

Encadrer d'abord la constante de temps par deux durées en secondes, puis calculer tous les produits RC possibles, kilo-ohms et nanofarads convertis, et les comparer un à un aux deux bornes.

À LA CALCULATRICE



3.3.3 Expliquer succinctement le rôle de l'étage n°3.

La tension à la sortie de l'étage n°2 est toujours positive : c'est le signal modulant décalé d'une tension continue. L'étage n°3 (dipôle $R''C''$ série) est un filtre passe-haut : le condensateur C'' bloque la composante continue et transmet la partie variable.

L'étage n°3 supprime la composante continue : u_{SM} est centrée sur 0 et reproduit le signal modulant.

3.4 Représenter sur la figure 4 l'allure du signal $u_{SM}(t)$ obtenu à la sortie de l'étage n°3 lorsque la tension $u_m(t)$ de la figure 1 est appliquée à l'entrée de l'étage n°2. Préciser les échelles.

Données utiles figure 1 : l'enveloppe supérieure varie entre 2,6 V et 6,6 V environ, avec une période de 224 µs et des maximums vers 55 µs, 280 µs et 500 µs

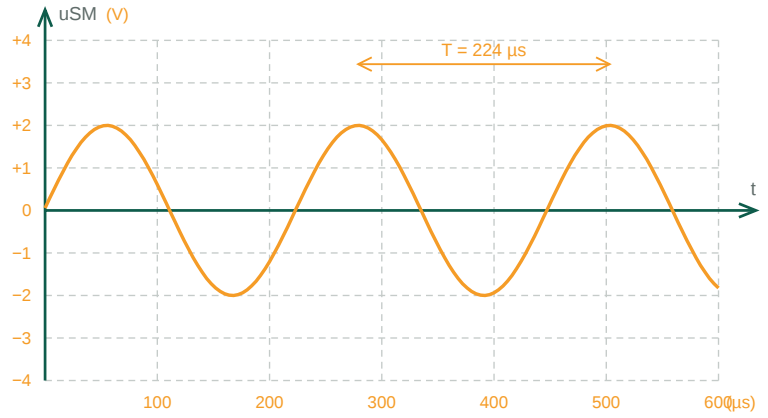
Après l'étage n°2, on obtient l'enveloppe supérieure de u_m : une tension sinusoïdale de période 224 µs, comprise entre 2,6 V et 6,6 V environ.

Sa valeur moyenne $\frac{6{,}6+2{,}6}{2} = 4{,}6$ V est la composante continue, supprimée par l'étage n°3. Il reste une sinusoïde centrée sur 0, d'amplitude $\frac{6{,}6-2{,}6}{2} = 2{,}0$ V, dont les maximums sont aux mêmes dates que ceux de l'enveloppe.

Échelles choisies : 100 µs par division horizontalement, 1 V par division verticalement.

$u_{SM}(t)$: sinusoïde centrée sur 0, de période $224\ \mu s$ et d'amplitude 2,0 V environ (voir figure 4 complétée).

PIÈGE
Recopier l'enveloppe telle quelle, entre 2,6 V et 6,6 V : ce serait la tension après l'étage n°2. Ne pas oublier de graduer les deux axes, c'est demandé.



3.4 · Figure 4 complétée : sinusoïde centrée sur 0, de période 224 µs et d'amplitude 2 V environ

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{6.6+2.6}{2} \approx 4.6$

$\frac{6.6-2.6}{2} \approx 2$