Spécialité : Transmission d'ondes hertziennes

Bac S 2008 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 La lumière visible se situe-t-elle dans le domaine A ou dans le domaine B du spectre ? Justifier.

Données utiles domaine A : $\lambda < 1{,}0 \times 10^{-3}$ m ; domaine B : $\lambda > 1{,}0 \times 10^{4}$ m

Dans le vide, les longueurs d'onde du visible vont d'environ 400 nm à 800 nm, soit de $4{,}00 \times 10^{-7}$ m à $8{,}00 \times 10^{-7}$ m.

Ces valeurs sont très inférieures à $1{,}0 \times 10^{-3}$ m, limite basse des ondes hertziennes.

La lumière visible se situe dans le domaine **A**.

PIÈGE
L'axe est gradué en longueur d'onde, pas en fréquence : les ondes de plus petite longueur d'onde (visible, donc haute fréquence) sont à gauche.

1.2 Calculer la fréquence des ondes émises par l'oscillateur de Hertz.

Données utiles $c = 3{,}0 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda = 9{,}0$ m

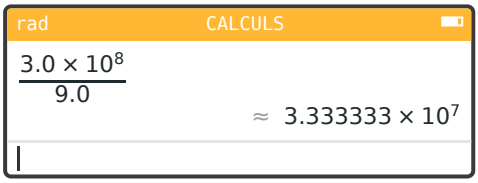
La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde en une période : $\lambda = \dfrac{c}{f}$, donc $f = \dfrac{c}{\lambda}$.

$$f = \frac{3{,}0 \times 10^{8}}{9{,}0} = 3{,}3 \times 10^{7}\ \text{Hz}$$

$f = 3{,}3 \times 10^{7}\ \text{Hz} = 33\ \text{MHz}$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c et λ dans l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Nommer les tensions $v(t)$ et $u(t)$ appliquées aux entrées du multiplieur. Que représente la grandeur V_m ?

Données utiles $v(t) = V_m \cos(2\pi F t)$; $u(t) = U_m \cos(2\pi f t)$; $F \gg f$

$v(t)$, de haute fréquence F, est la **porteuse**.

$u(t)$, de basse fréquence f, est le **signal modulant** : c'est lui qui contient l'information à transmettre.

V_m est l'**amplitude** de la porteuse $v(t)$, c'est-à-dire sa valeur maximale, en volts.

MÉTHODE
Pour distinguer les deux signaux, comparer les fréquences : la porteuse a toujours la fréquence la plus élevée, le signal modulant la plus basse.

2.1.2 Nommer la tension continue U_0 ajoutée à $u(t)$.

U_0 est la **tension de décalage** (ou composante continue, « offset »).

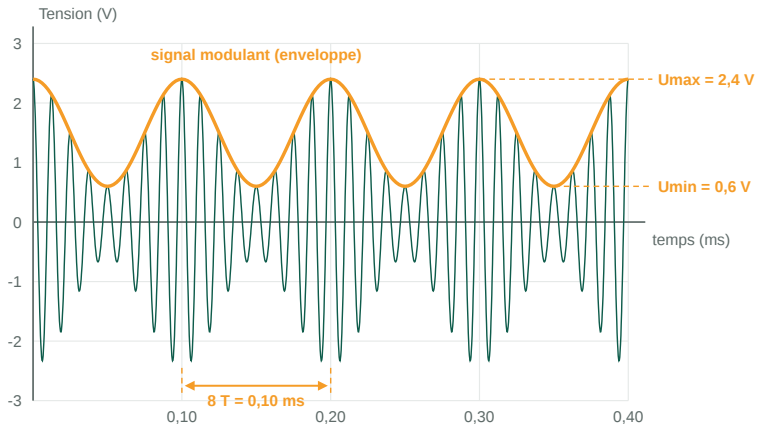
COMPRENDRE
Grâce à ce décalage, $u(t) + U_0$ reste toujours positive si $U_0 > U_m$: l'enveloppe du signal modulé reproduit alors fidèlement le signal modulant.

2.2.1 Tracer le signal modulant sur la figure 5 de l'annexe.

L'amplitude du signal modulé varie comme $u(t) + U_0$. On relie donc les sommets des oscillations rapides par une courbe continue : cette enveloppe supérieure est une sinusoïde.

Le signal modulant correspond à l'**enveloppe supérieure** de $s(t)$, tracée en orange sur la figure.

PIÈGE
Ne pas relier les sommets par des segments de droite : l'enveloppe est une sinusoïde, arrondie aux maximums comme aux minimums.



2.2.1 · Figure 5 complétée : enveloppe supérieure (signal modulant) et lectures utiles aux questions 2.2.2 et 2.2.3

2.2.2 À l'aide de la figure 5, calculer la période du signal modulé et en déduire sa fréquence.

Données utiles figure 5 : 8 oscillations rapides entre $t = 0{,}10$ ms et $t = 0{,}20$ ms

On compte 8 périodes entre les dates 0,10 ms et 0,20 ms : $8T = 0{,}20 - 0{,}10 = 0{,}10$ ms.

$$T = \frac{0{,}10 \times 10^{-3}}{8} = 1{,}25 \times 10^{-5}\ \text{s} \approx 1{,}3 \times 10^{-5}\ \text{s}$$

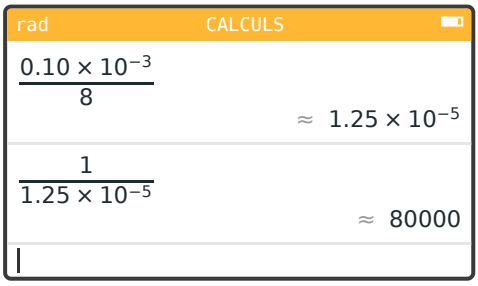
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}25 \times 10^{-5}} = 8{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz}$$

$T \approx 1{,}3 \times 10^{-5}$ s et $f = 8{,}0 \times 10^{4}$ Hz $= 80$ kHz

PIÈGE
La période demandée est celle des oscillations rapides (celle de la porteuse), et non celle de l'enveloppe, qui vaut 0,10 ms.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser réduit l'incertitude de lecture. On garde la valeur non arrondie de T pour calculer f.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Calculer le taux de modulation $m = \dfrac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}}$ à l'aide de la figure 5.

Données utiles figure 5 : $U_{max} = 2{,}4$ V ; $U_{min} = 0{,}6$ V

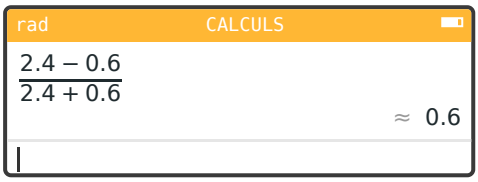
Sur l'enveloppe supérieure, on lit la plus grande amplitude $U_{max} = 2{,}4$ V et la plus petite $U_{min} = 0{,}6$ V.

$$m = \frac{2{,}4 - 0{,}6}{2{,}4 + 0{,}6} = \frac{1{,}8}{3{,}0} = 0{,}60$$

$m = 0{,}60$

PIÈGE
U_{min} est le minimum de l'enveloppe supérieure (0,6 V), pas la valeur la plus basse de la tension ($-2{,}4$ V). Le taux m n'a pas d'unité.

À LA CALCULATRICE



2.2.4 La modulation est-elle satisfaisante ? Justifier.

Données utiles $m = 0{,}60$ (2.2.3)

Le taux de modulation est inférieur à 1 : il n'y a pas de surmodulation. L'enveloppe du signal modulé a bien la même forme que le signal modulant.

$m = 0{,}60 < 1$: la modulation est **satisfaisante**.

COMPRENDRE
Si $m > 1$, les enveloppes supérieure et inférieure se croisent : l'enveloppe ne reproduit plus le signal modulant et la démodulation restitue un signal déformé.

2.3 Quelle est la longueur d'onde maximale de l'onde radio que l'antenne de la tour Eiffel peut émettre ? Pouvait-on émettre toute la gamme des grandes ondes ? Justifier.

Données utiles hauteur de l'antenne $L = 324$ m ; antenne verticale reliée au sol : $L = \dfrac{\lambda}{4}$; grandes ondes : $1052\ \text{m} \leqslant \lambda \leqslant 2000\ \text{m}$

L'antenne est verticale et reliée au sol : elle est accordée si sa longueur vaut le quart de la longueur d'onde. La plus grande longueur d'onde correspond à la totalité de la hauteur :

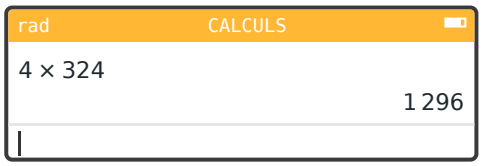
$$\lambda_{max} = 4\,L = 4 \times 324 = 1296\ \text{m}$$

Or $\lambda_{max} < 2000$ m : les longueurs d'onde comprises entre 1296 m et 2000 m demanderaient une antenne plus haute.

$\lambda_{max} = 1296\ \text{m} \approx 1{,}30\ \text{km}$: on ne peut émettre qu'une partie des grandes ondes, de 1052 m à 1296 m.

PIÈGE
Prendre $L = \lambda/2$: cette condition vaut pour une antenne isolée. Ici le sol joue le rôle de réflecteur, il faut le quart de la longueur d'onde.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 Quel est le rôle de l'élément 1 de la chaîne de réception ? Comment l'appelle-t-on ?

L'antenne reçoit en même temps les ondes de tous les émetteurs. L'élément 1, association en parallèle d'une bobine et d'un condensateur, ne conserve que le signal dont la fréquence est proche de sa fréquence propre : il sélectionne la porteuse de l'émetteur choisi.

L'élément 1 est le **circuit d'accord** (circuit LC parallèle, ou circuit bouchon) : il sélectionne la station à recevoir.

COMPRENDRE
La fréquence propre du circuit vaut $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L\,C_1}}$. Changer de station revient à modifier C_1 ou L pour que f_0 soit égale à la fréquence de la porteuse voulue.

3.1.2 Quel est le rôle de l'élément 2 ? Détailler le rôle de la diode.

L'élément 2 **démodule** le signal reçu : il restitue le signal modulant à partir du signal modulé.

- La diode ne laisse passer le courant que dans un sens : elle supprime les alternances négatives de la tension modulée (redressement).
- L'ensemble R_1C_2 élimine ensuite la porteuse : il ne reste que l'enveloppe (détection d'enveloppe).
- L'ensemble C_3R_2 supprime la tension de décalage.

L'élément 2 est le **démodulateur** ; sa diode **redresse** la tension en supprimant les alternances négatives.

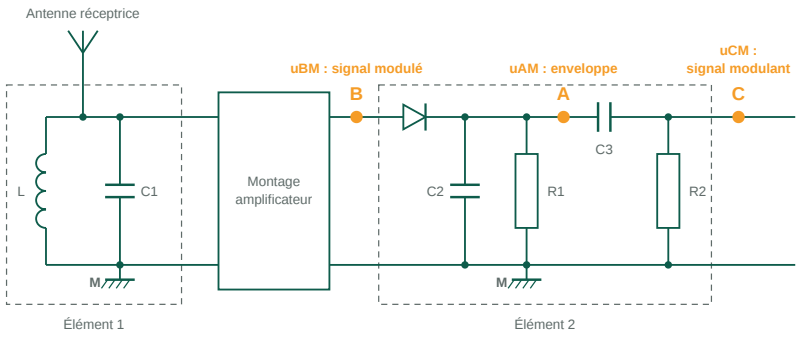
PIÈGE
La diode seule ne démodule pas : sans le condensateur C_2 et la résistance R_1, on garderait les oscillations rapides de la porteuse, simplement privées de leur partie négative.

3.2 Placer sur la figure 8 de l'annexe les points A, B et C permettant d'obtenir les tensions u_{AM}, u_{BM} et u_{CM} de la figure 7.

- u_{BM} (figure 7b) est la tension modulée, avec ses alternances négatives : B est à la sortie de l'amplificateur, avant la diode.
- u_{AM} (figure 7a) est l'enveloppe, toujours positive, encore décalée : A est après la diode, aux bornes de R_1 et C_2.
- u_{CM} (figure 7c) est une sinusoïde centrée sur 0 V : C est après le condensateur C_3, aux bornes de R_2.

Dans le sens de parcours du signal : **B** avant la diode, **A** entre R_1 et C_3, **C** après C_3 (voir la figure).

MÉTHODE
Lire chaque oscillogramme : porteuse présente ou non, composante continue présente ou non. Chaque étage du récepteur retire un seul de ces éléments.



3.2 · Figure 8 complétée : B avant la diode, A après la diode, C après le condensateur C_3

4.1 L'oscillogramme obtenu en parlant dans le microphone n'est pas sinusoïdal. Que peut-on en conclure sur la nature du son émis ?

Un son pur correspond à un signal sinusoïdal. Ce n'est pas le cas ici.

Le son de la voix n'est pas un son pur : c'est un **son complexe**.

4.2 L'utilisation d'un analyseur de spectre pourrait-elle donner d'autres informations ? Lesquelles ?

Oui. L'analyseur fournit le spectre en fréquences du signal : il indique les fréquences qui composent le son (le fondamental et ses harmoniques) ainsi que l'amplitude relative de chacune.

Le spectre donne la **fréquence du fondamental**, celles des **harmoniques** et leurs **amplitudes relatives**.

COMPRENDRE
Les harmoniques ont des fréquences multiples de celle du fondamental. Cette analyse d'un son (harmoniques, hauteur, timbre) relevait de l'ancien programme : elle ne figure plus dans celui de la spécialité actuelle.