Spécialité : Modulation et démodulation d'un son

Bac S 2012 Liban (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Classer dans l'ordre les phénomènes a, b, c et d, de l'émission à la perception de la note.

d : la corde pincée vibre ; a : elle fait vibrer l'air contenu dans la caisse de résonance ; b : cette vibration se propage dans l'air jusqu'à l'oreille ; c : elle met en mouvement le tympan.

Ordre : d → a → b → c

COMPRENDRE
La corde est l'excitateur, la caisse de résonance le résonateur qui transmet la vibration à l'air et amplifie le son.

1.2.1 Parmi les sons 1, 2 et 3, lesquels comportent des harmoniques ?

Le signal du son 3 est sinusoïdal : c'est un son pur, sans harmoniques.

Les signaux des sons 1 et 2 sont périodiques mais non sinusoïdaux : ce sont des sons complexes.

Sons 1 et 2 : ils possèdent des harmoniques.

COMPRENDRE
Harmoniques, hauteur et timbre ne figurent plus dans le programme actuel de spécialité.

1.2.2 À quelle grandeur est associée la hauteur d'un son ? Calculer sa valeur commune aux trois sons.

La hauteur d'un son est associée à sa **fréquence** (celle du fondamental).

Sur le son 1, deux périodes séparent les maxima de $t = 0$ et $t = 15$ ms : $2T = 15$ ms, donc $T = 7{,}5$ ms.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{7{,}5 \times 10^{-3}} = 1{,}3 \times 10^{2} \text{ Hz}$$

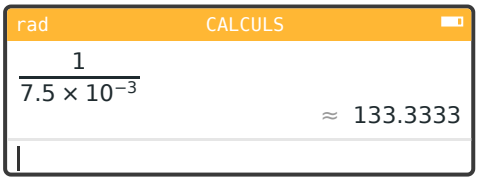
$f = 1{,}3 \times 10^{2}$ Hz

PIÈGE
Sur les sons 1 et 2, prendre l'écart entre deux bosses voisines pour la période : le motif complet dure 7,5 ms.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la lecture $T = 7{,}5$ ms.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes d'un coup, entre deux motifs identiques bien repérables, puis diviser : l'erreur de lecture est divisée d'autant.

À LA CALCULATRICE



1.2.3 Les sons 1 et 2 ont-ils le même timbre ? Justifier.

Les sons 1 et 2 ont la même période mais leurs signaux n'ont pas la même forme : ils ne contiennent pas les mêmes harmoniques avec les mêmes amplitudes.

Les sons 1 et 2 n'ont pas le même timbre.

COMPRENDRE
Le timbre dépend de la forme du signal, c'est-à-dire de la composition en harmoniques, pas de la fréquence.

2.1.1 Attribuer aux signaux a, b et c l'un des adjectifs : modulé, modulant, porteur.

a : tension issue du microphone, à basse fréquence, qui contient l'information : **signal modulant**.

b : tension sinusoïdale de haute fréquence : **signal porteur**.

c : tension en sortie du dispositif X, envoyée vers l'antenne : **signal modulé**.

a : modulant ; b : porteur ; c : modulé

COMPRENDRE
La tension continue U_0 ajoutée au signal modulant évite la surmodulation.

2.1.2 Comment nomme-t-on le dispositif X ?

X reçoit deux tensions et délivre une tension proportionnelle à leur produit.

X est un **multiplieur**.

2.2.1 Expliquer pourquoi le signal modulé est en accord avec l'utilisation du son 3 comme tension modulante.

L'enveloppe de $s(t)$ est sinusoïdale, de période 7,5 ms (maxima à $t = 0$; 7,5 ; 15 ms), comme le son 3, qui est sinusoïdal de même période.

L'enveloppe de $s(t)$ reproduit la forme du son 3 : c'est bien lui la tension modulante.

COMPRENDRE
En modulation d'amplitude, l'amplitude de la porteuse varie comme la tension modulante : l'information se lit dans l'enveloppe.

2.2.2 Déterminer la fréquence F de la porteuse.

Sur la deuxième figure (zoom de 0 à 5 ms), on compte 15 périodes de la porteuse entre $t = 0$ et $t = 1{,}5$ ms : $15\,T_P = 1{,}5$ ms.

$$T_P = \frac{1{,}5}{15} = 0{,}10 \text{ ms} = 1{,}0 \times 10^{-4} \text{ s}$$

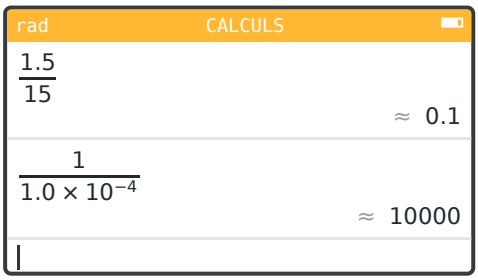
$$F = \frac{1}{T_P} = \frac{1}{1{,}0 \times 10^{-4}} = 1{,}0 \times 10^{4} \text{ Hz}$$

$F = 1{,}0 \times 10^4$ Hz $= 10$ kHz

COMPRENDRE
On vérifie que $F \gg f$: 10 kHz contre 0,13 kHz (Q1.2.2), condition d'une bonne modulation.

MÉTHODE
Utiliser la figure dilatée et compter un grand nombre d'oscillations sur une durée lue sur un trait de la grille.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Déterminer le taux de modulation $m = \dfrac{s_{max} - s_{min}}{s_{max} + s_{min}}$ à l'aide de l'une des courbes.

Données utiles première figure du 2.2 (enveloppe de $s(t)$)

Sur la première figure, l'enveloppe supérieure varie entre $s_{max} = 6{,}0$ V (à $t = 7{,}5$ ms) et $s_{min} = 2{,}0$ V (à $t = 3{,}75$ ms).

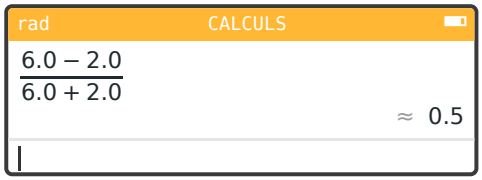
$$m = \frac{s_{max} - s_{min}}{s_{max} + s_{min}} = \frac{6{,}0 - 2{,}0}{6{,}0 + 2{,}0} = 0{,}50$$

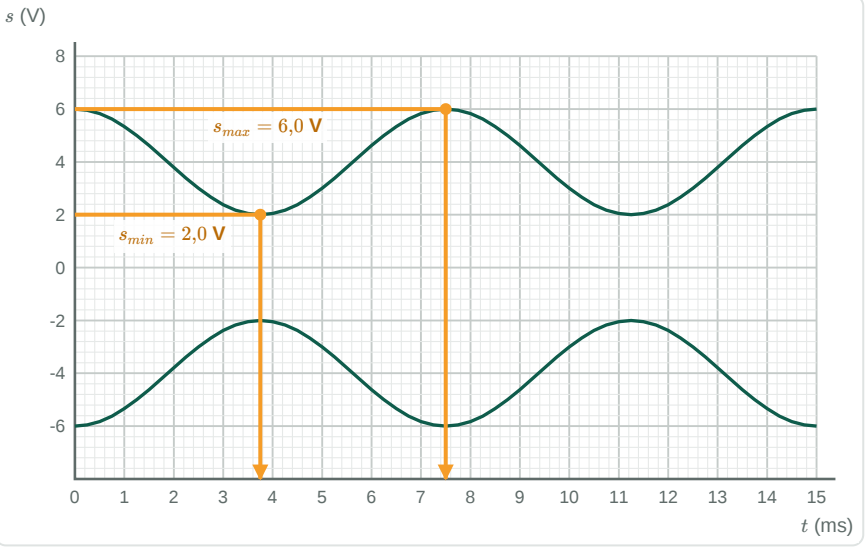
$\boxed{m = 0{,}50}$

PIÈGE
Prendre $s_{min} = -6{,}0$ V : s_{min} est le minimum de l'enveloppe supérieure, une valeur positive.

COMPRENDRE
$m < 1$: la modulation est de bonne qualité, l'enveloppe ne s'annule jamais.

À LA CALCULATRICE





2.2.3 · Enveloppe du signal modulé $s(t)$ (première figure du 2.2), avec les lectures de s_{max} et s_{min}

2.3 Comment nomme-t-on le phénomène observé sur $s'(t)$?

L'enveloppe de $s'(t)$ n'a plus la forme du signal modulant : les deux enveloppes se croisent, l'amplitude passe par zéro vers 3,75 ms et 11,25 ms.

Il s'agit d'une **surmodulation** ($m > 1$).

COMPRENDRE
Avec une surmodulation, la détection d'enveloppe ne restitue plus le son : il est déformé à la réception.

3.1.1 Quelle doit être la fréquence propre f_0 du circuit d'accord pour une bonne réception ?

Le circuit LC doit sélectionner le signal émis, donc entrer en résonance à la fréquence de la porteuse.

$\boxed{f_0 = F = 1{,}0 \times 10^4 \text{ Hz}}$

3.1.2 Avec une bobine d'inductance $L = 2{,}0$ mH, quelle doit être la capacité C_0 du condensateur ?

Données utiles $L = 2{,}0$ mH ; $F = 1{,}0 \times 10^4$ Hz (Q2.2.2)

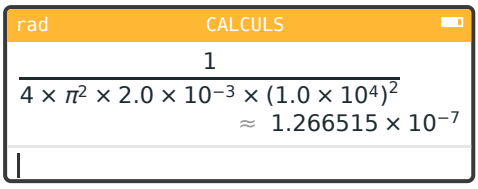
Fréquence propre du circuit LC : $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L\,C_0}}$, d'où, avec $f_0 = F$:

$$C_0 = \frac{1}{4\pi^2\,L\,F^2} = \frac{1}{4\pi^2 \times 2{,}0 \times 10^{-3} \times (1{,}0 \times 10^4)^2} = 1{,}3 \times 10^{-7}\text{ F}$$

$\boxed{C_0 = 1{,}3 \times 10^{-7}\text{ F} = 0{,}13\ \mu\text{F}}$

PIÈGE
Oublier d'élever au carré en isolant C_0, ou laisser L en millihenrys.

À LA CALCULATRICE



3.2 Pour chacun des modules 1 et 2, donner le nom et le rôle dans la démodulation de $s(t)$.

Module 1 (diode, R_1 et C_1 en parallèle) : **détecteur d'enveloppe**. Il élimine la porteuse et restitue l'enveloppe : le signal modulant augmenté de U_0.

Module 2 (C_2 en série, R_2 en dérivation) : **filtre passe-haut**. Il élimine la composante continue U_0.

Module 1 : détecteur d'enveloppe ; module 2 : filtre passe-haut qui supprime U_0.

COMPRENDRE

La diode supprime les alternances négatives ; pour suivre l'enveloppe sans suivre la porteuse, il faut $T_P \ll R_1C_1 < T$ (période du son).