

## Exercices Spé Physique 9-10 : Transmission d'information et modulation d'amplitude

### S'autoévaluer

#### 1. QCM : Tension sinusoïdale

Une tension a pour expression  $u = 3\cos(2\pi \cdot 200t)$ .

Dans cette expression  $t$  est le temps exprimé en seconde.

Quelles sont les propositions exactes se rapportant à cette tension ?

- a. Son amplitude est de 6 V.
- b. Sa valeur moyenne est nulle.
- c. Sa période est de 5 ms.
- d. Elle est sinusoïdale.

#### 2. QCM : Ondes hertziennes

Quelles sont les propositions exactes ?

- a. Les ondes hertziennes sont des ondes mécaniques.
- b. Comme les ondes sonores, les ondes hertziennes ne se propagent pas dans le vide.
- c. Une onde de fréquence  $f = 40$  kHz peut être une onde de lumière visible.
- d. Les ondes hertziennes se propagent dans le vide à  $3,00 \times 10^8$  m.s $^{-1}$ .

#### 3. QCM : Modulation d'amplitude

Deux tensions d'équation :

$$u_1(t) = 3 + 2 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) \text{ et } u_2(t) = 4 \cdot \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)$$

sont appliquées aux entrées d'un multiplicateur. On a  $f_1 \ll f_2$ .

La tension obtenue à la sortie du multiplicateur est notée  $u_S$ .

Quelles sont les propositions exactes ?

- a. La tension de fréquence  $f_2$  est la tension modulante.
- b. L'amplitude de  $u_S$  est une fonction affine de la tension modulante.
- c. L'amplitude de  $u_S$  est constante.
- d. La fréquence de  $u_S$  est égale à la moyenne de  $f_1$  et de  $f_2$ .

#### 4. QCM : Qualité d'une modulation

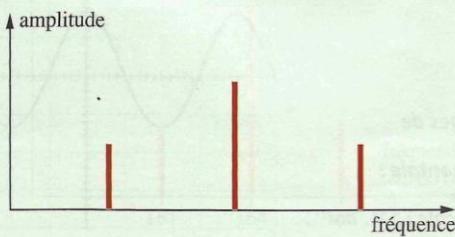
Une tension modulée est obtenue à partir de la multiplication de deux tensions  $u_1$  et  $u_2$  dont les expressions en fonction du temps sont :

$$u_1(t) = U_0 + U_{1\max} \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t) ;$$

$$u_2(t) = U_{2\max} \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t) \text{ avec } F \text{ très supérieure à } f.$$

Quelles sont les propositions exactes ?

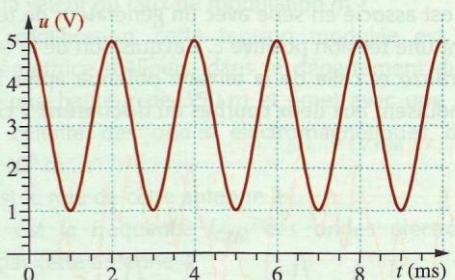
- a.  $U_0$  est appelée « tension de décalage ».
- b. Le taux de modulation est  $m = \frac{U_{2\max}}{U_{1\max}}$ .
- c. Il y a surmodulation lorsque  $U_0 < U_{1\max}$ .
- d. Le spectre en fréquences de la tension modulée à l'allure suivante.



### Utiliser les acquis

#### 5. De la courbe à l'équation

La courbe ci-dessous représente l'enregistrement d'une tension permettant de réaliser une modulation d'amplitude.



1. L'équation d'une telle tension sinusoïdale peut être écrite :

$$u_S(t) = U_{\max} \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \phi_0) + U_0.$$

Comment appelle-t-on les grandeurs  $U_{\max}$ ,  $f$ ,  $\phi_0$  et  $U_0$  ?

2. Déterminer les valeurs de  $f$ ,  $U_0$  et  $U_{\max}$  correspondant au graphique de la tension représentée ci-dessus.

3. a. Quelle est la valeur numérique de la tension à la date  $t = 0$  s ?

- b. En utilisant l'expression donnée à la question 1, établir l'expression littérale de  $u_S(0)$ .

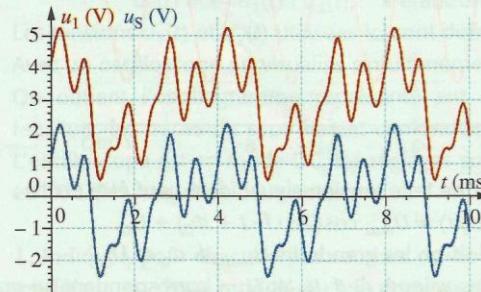
- c. Déduire des résultats précédents la valeur de  $\phi_0$ .

- d. Donner l'expression numérique de la tension  $u_S$  en fonction du temps.

#### 7. Émission radio au lycée

Un groupe d'élèves souhaite réaliser une expérience d'émission d'ondes électromagnétiques lors d'une séance de Travaux pratiques. Pour cela ils captent, avec un microphone, le son produit par un instrument de musique et ils utilisent un générateur de tension continue, un G.B.F., un circuit multiplicateur, un amplificateur et une antenne.

1. Le micro est associé en série avec un générateur de tension continue délivrant une tension positive  $E$ . L'acquisition de la tension produite par le micro et celle de la tension obtenue après ajout de la tension  $E$  conduisent aux deux courbes du **document 1** ci-dessous.



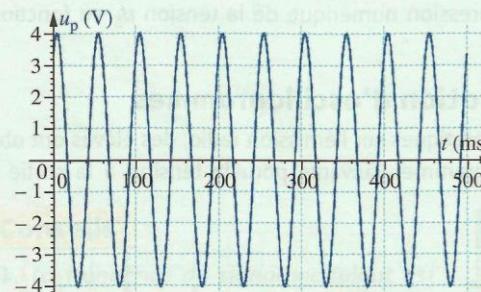
Doc. 1

- a. Quelle est la fréquence  $f_{\text{son}}$  du son produit par l'instrument ?

- b. Quelle est la tension correspondant au signal produit par le micro ?

- c. Quelle est la valeur de la tension  $E$  ?

- d. Le G.B.F. produit une tension dont l'enregistrement est donné sur le **document 2**.

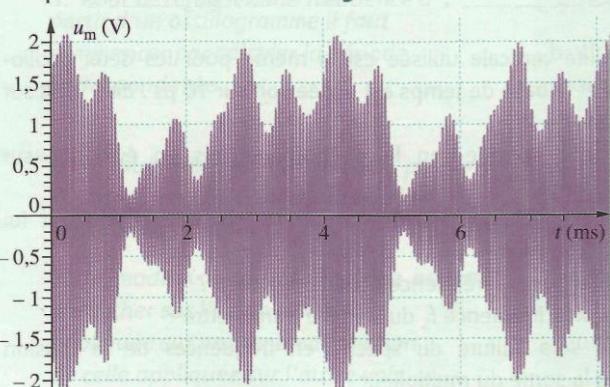


Doc. 2

- a. Quel sera le rôle de cette tension dans l'expérience que souhaitent réaliser les élèves ?

- b. Quelle est la fréquence  $f_p$  de cette tension ? Quelle est son amplitude  $U_p$  ?

- c. Les deux tensions précédentes sont appliquées sur les entrées du multiplicateur. L'enregistrement de la tension obtenue à la sortie du multiplicateur conduit au **document 3**.



Doc. 3

- a. Quelle opération mathématique réalise le multiplicateur ?

- b. En utilisant la courbe du **Doc. 1**, expliquer pourquoi la modulation est satisfaisante ?

- c. Pourquoi l'utilisation du générateur continu, délivrant la tension  $E$ , est indispensable dans cette expérience ?

- d. L'amplificateur est intercalé entre la sortie du multiplicateur et l'antenne.

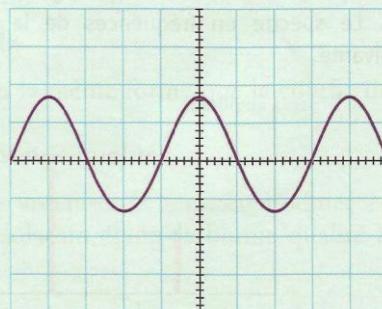
- a. Quel est le rôle de l'antenne ?

- b. Quel est le rôle de l'amplificateur ?

## 9. Qualité d'une modulation

On réalise une expérience de modulation à partir de deux tensions sinusoïdales.

L'oscillogramme de la tension correspondant à la porteuse est donné sur le **document 1**.



**Doc. 1** Réglages de l'oscilloscope :

- échelle horizontale :  $5 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$ ;
- échelle verticale :  $2 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$ .

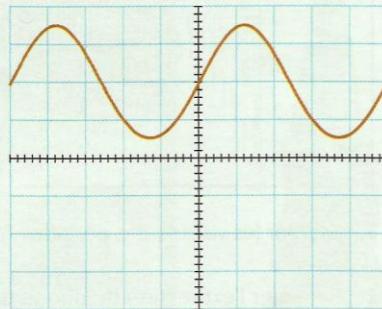
**1.** Quelle est la fréquence  $f_p$  de la porteuse ?

Quelle est son amplitude  $U_{p\max}$  ?

**2.** Pour moduler l'amplitude de la porteuse on utilise une tension modulante sinusoïdale de fréquence  $f_s$ , d'amplitude  $U_{s\max}$  et de décalage  $U_{s0}$ .

On note  $m$  le taux de modulation de la tension modulée en amplitude. Rappeler l'expression de  $m$  en fonction des caractéristiques de la tension modulante.

**3.** L'oscillogramme de la tension modulante utilisée est donné sur le **document 2**.



**Doc. 2** Réglages de l'oscilloscope :

- échelle horizontale :  $1 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$ ;
- échelle verticale :  $0,5 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$ .

Le zéro des tensions est réglé au centre de l'écran.

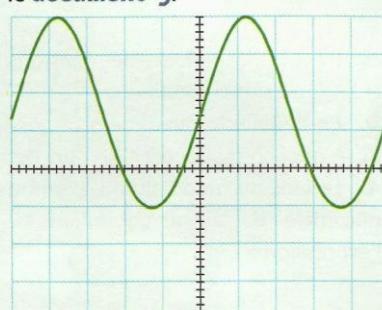
**a.** Quelle est la fréquence  $f_s$  de la tension modulante ?

Quelle est son amplitude  $U_{s\max}$  ? Quel est son décalage  $U_{s0}$  ?

**b.** Quelle est la valeur du taux de modulation ?

**c.** La modulation est-elle de bonne qualité ?

**4.** On utilise maintenant une tension modulante sinusoïdale dont l'oscillogramme est donné sur le **document 3**.



**Doc. 3** Réglages de l'oscilloscope :

- échelle horizontale :  $1 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$ ;
- échelle verticale :  $1 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$ .

Le zéro des tensions est réglé au centre de l'écran.

**a.** Quelle est la fréquence  $f'_s$  de la tension modulante ?

Quelle est son amplitude  $U'_{s\max}$  ? Quel est son décalage  $U'_{s0}$  ?

**b.** Quelle est la valeur du taux de modulation ?

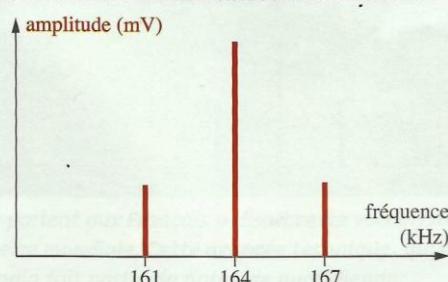
**c.** La modulation est-elle de bonne qualité ?

**5.** On utilise enfin une tension modulante dont les caractéristiques sont  $f_s = 40 \text{ kHz}$ ,  $U_{s\max} = 1 \text{ V}$  et  $U_{s0} = 2 \text{ V}$ .

La modulation est-elle de bonne qualité ?

## 10. Exploitation d'un spectre

Le spectre en fréquences d'une tension sinusoïdale modulée en amplitude par une autre tension sinusoïdale est donné ci-dessous.



**1.** Quelle est la fréquence :

- a. de la porteuse ?
- b. du signal modulant ?

**2.** En notant  $A$  l'amplitude de la composante centrale, les composantes latérales ont une amplitude  $a = \frac{m \cdot A}{2}$ .

Quelle est la valeur du taux de modulation  $m$  ?

**3.** Après amplification, cette tension modulée est envoyée sur l'antenne émettrice d'Allouis, dans le département du Cher. Cette antenne a une hauteur de 350 m et émet avec une puissance de 2 MW. La célérité des ondes électromagnétiques dans l'air est  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**a.** Quel est le rôle de cette antenne ?

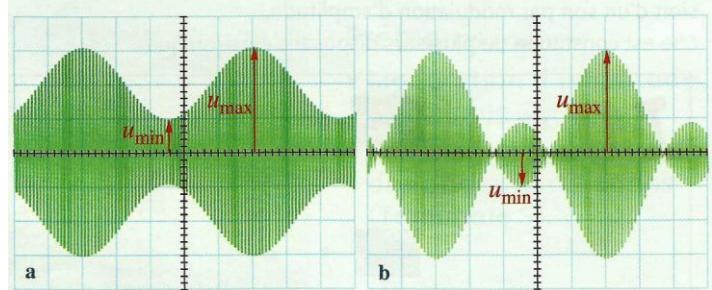
**b.** Quelle est la fréquence  $f_{\text{OEM}}$  des ondes électromagnétiques produites par cette antenne ?

**c.** Ces ondes ont-elles une amplitude constante ?

**d.** Quelle est, dans l'air, leurs longueurs d'onde ?

## 11. Méthode du trapèze

Lors d'expériences sur la modulation d'amplitude on a obtenu, à partir de deux tensions sinusoïdales, les enregistrements **a** et **b** ci-dessous.



**1.** Que peut-on dire de la qualité de la modulation dans chaque cas ?

Comment nomme-t-on le phénomène mis en évidence sur l'oscillogramme **b** ?

**2.** Le taux de modulation de la tension modulée, noté  $m$ , est égal à :

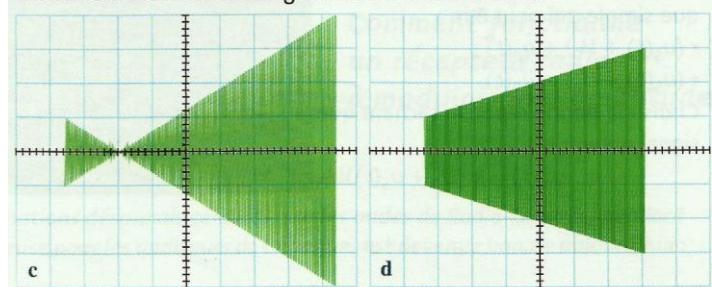
$$m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}.$$

**a.** Rappeler la condition sur  $m$  pour avoir une modulation de bonne qualité.

**b.** Calculer la valeur de  $m$  dans chaque cas. Ces résultats confirment-ils la réponse donnée à la question **1** ?

**3.** Pour observer différemment la tension modulée on utilise la méthode du trapèze.

On obtient alors les oscillogrammes **c** et **d** ci-dessous.



**a.** Décrire en quelques lignes la méthode du trapèze.

**b.** Quelle est la figure obtenue par cette méthode lorsque la modulation est de bonne qualité ?

**c.** Associer à chaque oscillogramme **a** et **b** la figure **c** ou **d** obtenue par la méthode du trapèze.