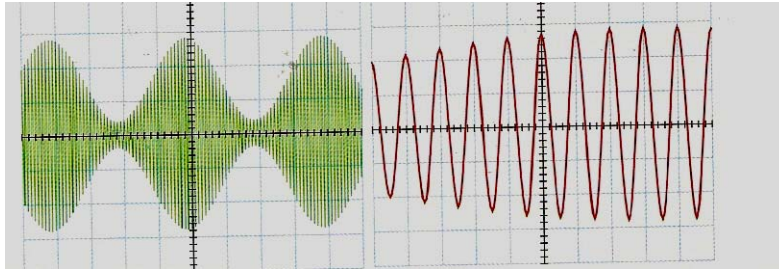


## Exercices sur la modulation d'amplitude

### Exercice 1 Exploitation d'oscillogrammes

Lors de Travaux pratiques sur l'émission radio, des élèves ont obtenu les deux oscillogrammes suivants pour la tension à la sortie d'un multiplieur.



Oscillogramme 1

Oscillogramme 2

La sensibilité verticale utilisée est la même pour les deux oscillogrammes et la base de temps est réglée soit sur  $10 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$  soit sur  $0,1 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$ .

1. Comment nomme-t-on le phénomène mis en évidence sur l'oscillogramme 1?
2. Attribuer à chaque oscillogramme la base de temps qui lui correspond. Justifier.
- 3.a. Quelle est la fréquence  $f_p$  de la porteuse?
- 3.b. Quel est la fréquence  $f_s$  du signal à transmettre?
4. Quelle sera l'allure du spectre en fréquences de la tension obtenue à la sortie du multiplieur? Indiquer les valeurs des fréquences mises en jeu.

### Exercice 2. 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 comportant un amplificateur, le son produit par un instrument de musique et ils utilisent un générateur de tension continue, un G.B.F., un circuit multiplieur, un amplificateur et une antenne.

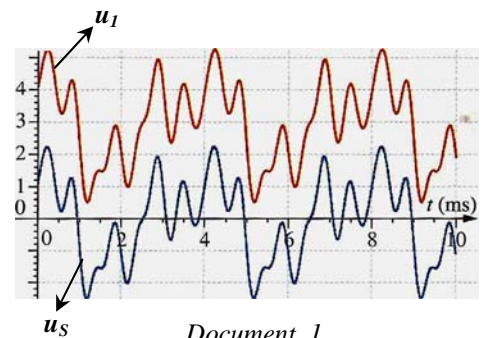
1. Le micro est associé en série avec un générateur de tension continue délivrant une tension positive  $E$ . L'acquisition de la tension produite par le micro et celle de la tension obtenue après ajout de la tension  $E$  conduisent aux deux courbes du document 1 ci-contre.

- 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  $E$ ?

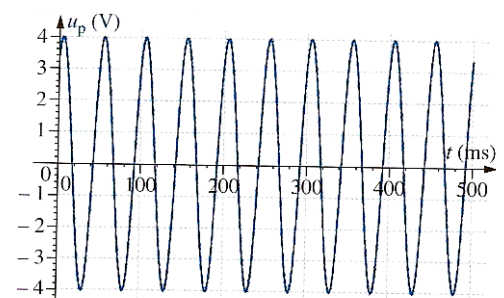
2. Le G.B.F. produit une tension dont l'enregistrement est donné sur le document 2 ci-contre.

- 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  $U_p$  ?
3. Les deux tensions précédentes sont appliquées sur les entrées du multiplieur. L'enregistrement de la tension obtenue à la sortie du multiplieur conduit au document 3 ci-contre.
4. a. Quelle opération mathématique réalise le multiplieur ? On calculera la valeur du coefficient  $k$  caractéristique du multiplieur en donnant son unité.
- b. En utilisant la courbe du Document. 1, expliquer pourquoi la modulation est satisfaisante?
- c. Pourquoi l'utilisation du générateur continu, délivrant la tension  $E$ , est indispensable dans cette expérience ?
5. L'amplificateur est intercalé entre la sortie du multiplieur et l'antenne.

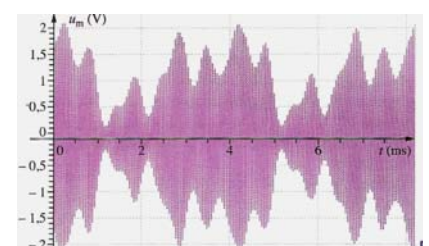
Quel est le rôle de l'antenne? Quel est le rôle de l'amplificateur?



Document 1



Document 2



Document 3

6. Faire un schéma du montage réalisé par les élèves. On indiquera les polarités du générateur de tension continue utilisé.

### Exercice 3 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.

Les réglages de l'oscilloscope correspondant au document 1 sont les suivants :

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 sinusoïdale de fréquence  $f_s$ , d'amplitude  $U_{s\max}$  et de décalage  $U_{so}$ . 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 pour lequel les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

Echelle 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.

3.a. Quelle est la fréquence  $f_s$  de la tension modulante ? Quelle est son amplitude  $U_{s\max}$ ? Quel est son décalage  $U_{so}$ ?

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

3.c. La modulation est-elle de bonne qualité? Pourquoi ? Donner deux raisons.

4. On utilise maintenant une tension modulante sinusoïdale dont l'oscillogramme est donné sur le document 3 pour le quel les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

Echelle 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.

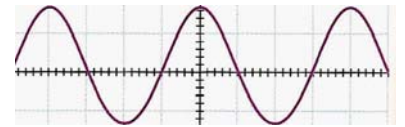
4.a. Quelle est la fréquence  $f'_s$  de la tension modulante ? Quelle est son amplitude  $U'_{s\max}$ ? Quel est son décalage  $U'_{so}$ ?

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

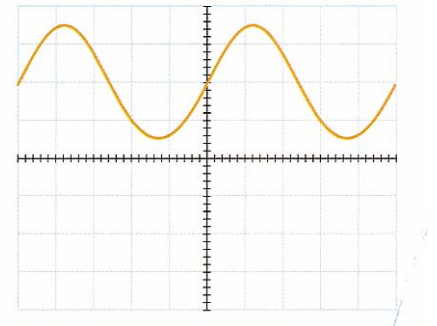
4.c. La modulation est-elle de bonne qualité?

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

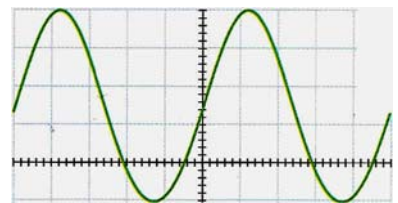
La modulation est-elle de bonne qualité?



Document 1



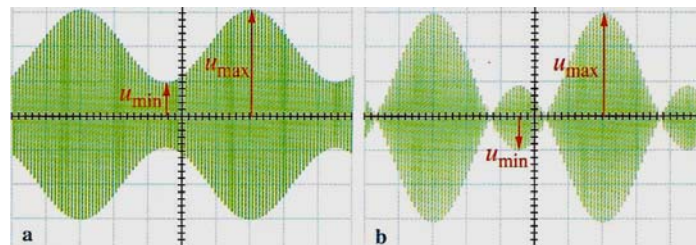
Document 2



Document 3

### Exercice 4 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 ?

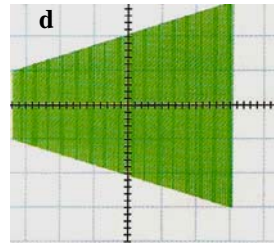
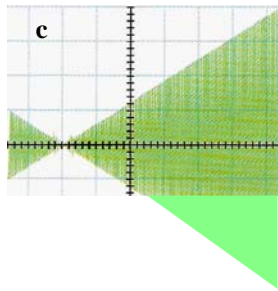
2. Le taux de modulation de la tension modulée, noté  $m$ , est égal à :

$$m = (u_{\max} - u_{\min}) / (u_{\max} + u_{\min})$$

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 .



- Décrire en quelques lignes la méthode du trapèze.
- Quelle est la figure obtenue par cette méthode lorsque la modulation est de bonne qualité?
- Associer à chaque oscillogramme a et b la figure c ou d obtenue par la méthode du trapèze.

### Exercice 5 La modulation d'amplitude ( sans calculatrice ).

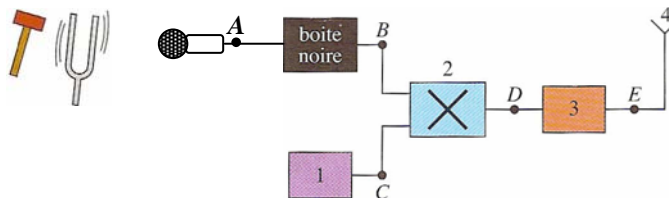
Les ondes électromagnétiques ne peuvent se propager dans l'air sur de grandes distances que dans un domaine de fréquences élevées. Les signaux sonores audibles de faibles fréquences sont convertis en signaux électriques de même fréquence puis associés à une onde porteuse de haute fréquence afin d'assurer une bonne transmission.

Valeurs numériques pouvant être nécessaires à la résolution des calculs

$6,75 / 40 = 0,169$	$4,5 / 13 = 0,346$	$40 / 6,75 = 5,93$
$1 / 4,5 = 0,22$	$1 / 0,346 = 2,89$	$1 / 2,25 = 0,444$

#### A. La chaîne de transmission

Le **document** suivant représente la chaîne simplifiée de transmission d'un son par modulation d'amplitude. Elle est constituée de plusieurs dispositifs électroniques.



- Parmi les cinq propositions ci-dessous, retrouver le nom des quatre dispositifs électroniques numérotés:  
*Antenne; Amplificateur HF (Haute Fréquence); Générateur HF (Haute Fréquence) ; Multiplieur ; Voltmètre.*
- Quels sont les signaux obtenus en B, C et D parmi ceux cités ci-dessous?
  - Porteuse, notée  $u_p(t) = U_{P(max)} \cos(2 \pi.F. t)$ .
  - Signal, modulant B.F., noté  $u_s(t) + U_o$ .
  - Signal modulé, noté  $u_m(t)$ .
- Le signal électrique recueilli en A à la sortie du microphone correspond à la tension  $u_s(t)$ . Une boîte noire est intercalée entre les points A et B. Quel est son rôle?
- Le dispositif électronique 2 effectue une opération mathématique simple qui peut être:
  - $(u_s(t) + U_o) + u_p(t)$  ;
  - $(u_s(t) + U_o). u_p(t)$ .

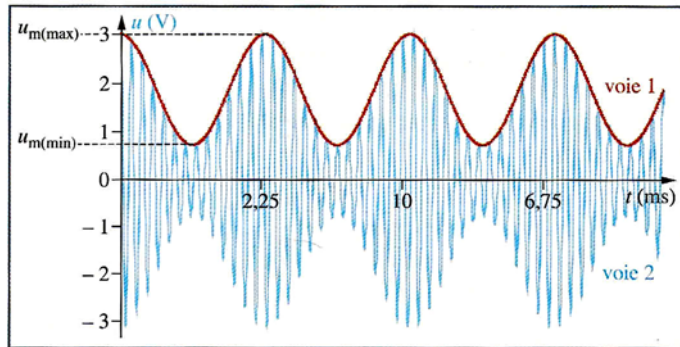
Choisir la bonne réponse sachant que l'expression mathématique du signal obtenu est:

$$u_m = k.(U_o + u_s(t)) U_{P(max)}. \cos ( 2 \pi.F.t )$$

#### B. La modulation d'amplitude

La voie 1 d'un oscilloscope bicourbe est reliée en B et la voie 2 est reliée en D.

L'oscillogramme obtenu est le suivant:



1. Estimer les valeurs des périodes  $T_S$  et  $T_P$  du signal modulant et de la porteuse.
2. Rappeler l'expression théorique de la fréquence  $f$  en fonction de la période  $T$  avec les unités, puis calculer les fréquences  $f$  du signal modulant et  $F$  de la porteuse.
3. L'amplitude de la tension du signal modulé  $u_m(t)$  varie entre deux valeurs extrêmes, notées respectivement  $U_{m(max)}$  et  $U_{m(min)}$ .  
Le taux de modulation  $m$  s'exprime par:

$$m = (U_{m(max)} - U_{m(min)}) / (U_{m(max)} + U_{m(min)})$$

- a. Calculer les valeurs des tensions maximale  $U_{m(max)}$  et minimale  $U_{m(min)}$  du signal modulé.
- b. En déduire la valeur de  $m$ .
- c. À quoi correspondrait un taux de modulation  $m$  supérieur à 1 ?
4. Le taux de modulation s'exprime aussi en fonction de la tension maximale du signal modulant  $U_{S(max)}$  et la tension  $U_o$  selon l'expression:

$$m = U_{S(max)} / U_o$$

- a. Calculer  $U_{S(max)}$  et  $U_o$ . Retrouve-t-on la valeur de  $m$  calculée précédemment ?
- b. Quelle condition doit-on satisfaire pour obtenir un taux de modulation  $m < 1$  ?
- b. Quelle autre condition est nécessaire pour obtenir une bonne modulation ?
- c. L'analyse en fréquence du signal montre que celui-ci est composé de trois fréquences  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$ . En fonction de la fréquence du signal modulant  $f$  et de la fréquence de la porteuse  $F$ , exprimer les fréquences apparaissant sur le spectre ci-dessous

