

## Modulation et démodulation d'amplitude

### EXERCICE 1

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le montage de la figure 3 a été réalisé pour recevoir une émission radio de fréquence  $f = 540$  kHz, en utilisant trois étages : X, Y et Z.

L'étage X est constitué d'une bobine (b) d'inductance  $L = 5,3$  mH et de résistance négligeable, et d'un condensateur de capacité  $C$  ajustable entre deux valeurs :  $C_1 = 13,1$  pF et  $C_2 = 52,4$  pF.

(On rappelle que :  $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$ ).

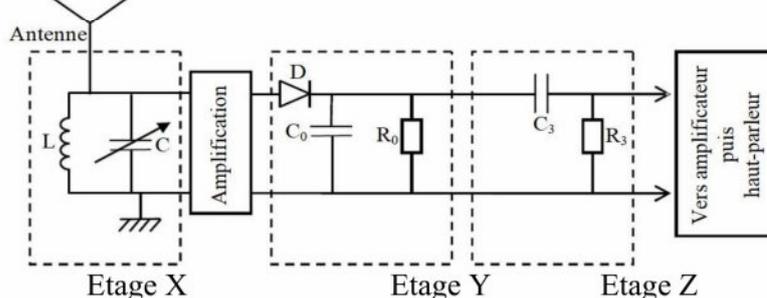


Figure 3

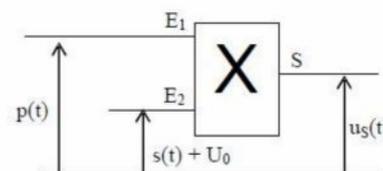
- 1- Quel est le rôle de chacun des étages Y et Z dans la réception de l'émission ?
- 2- S'assurer que l'étage X permet la sélection de l'émission désirée.

### EXERCICE 2

Pour transmettre un signal  $S(t)$  de fréquence  $f_s$ , le groupe précédent d'élèves, réalise dans un deuxième temps le montage de la figure 4, où ils ont appliqué la tension  $p(t) = P_m \cos(2\pi F_p t)$  sur l'entrée  $E_1$  et la tension

$S(t) + U_0 = S_m \cos(2\pi f_s t) + U_0$  sur l'entrée  $E_2$ . ( $U_0$  la composante continue de la tension)

La visualisation des tensions  $S(t) + U_0$  et  $u_S(t)$  à la sortie du circuit multiplieur, permet d'obtenir les courbes représentées sur les figures 5 et 6. Figure 4



- 1- Quelle condition doit satisfaire  $F_p$  et  $f_s$  pour obtenir une bonne modulation ?
- 2- Affecter à chaque courbe des figures 5 et 6, la tension correspondante.
- 3- Déterminer le taux de modulation  $m$ , sachant que la sensibilité verticale de l'oscilloscope est  $1 \text{ V/div}$ . Conclure.

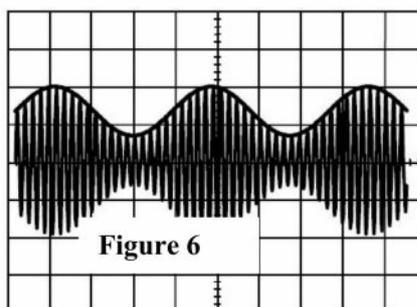


Figure 6

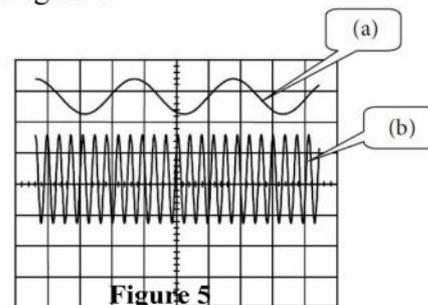


Figure 5

### EXERCICE 3

Pour recevoir une onde issue d'une station de diffusion, on utilise le dispositif simplifié, qui est constitué de trois parties comme l'indique la figure 1.

- 1- La partie 1 est constituée d'une antenne reliée à un circuit parallèle, constitué d'une bobine d'inductance ajustable et de résistance négligeable et d'un condensateur de capacité  $C_1 = 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ .

- 1-1- Quel est le rôle de la partie 1 ?

1-2- Pour recevoir une onde AM de fréquence  $f = 160 \text{ KHz}$ , on fixe l'inductance de la bobine sur la valeur  $L_1$ .  
Calculer  $L_1$ .

- 2- Les deux parties 1 et 2, permettent la démodulation du signal reçu. Quel est le rôle de chacune des deux parties dans la démodulation ?
- 3- On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les tensions  $u_{EM}$ ,  $u_{GM}$  et  $u_{HM}$ , on obtient les courbes suivantes :

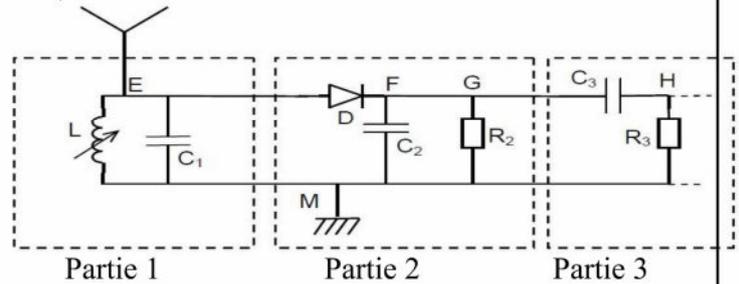
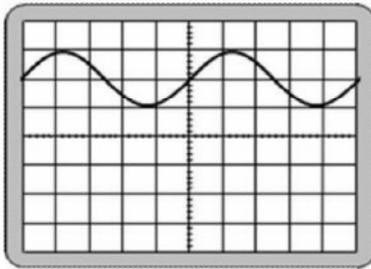
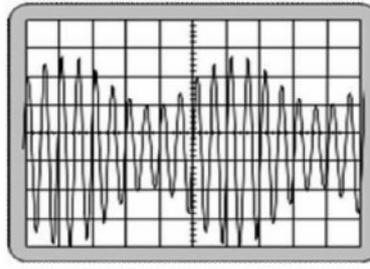


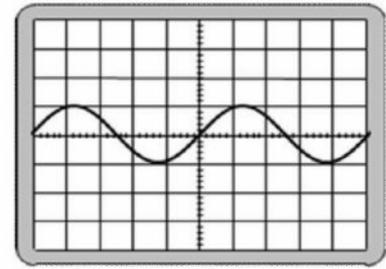
Figure 1



(a)



(b)

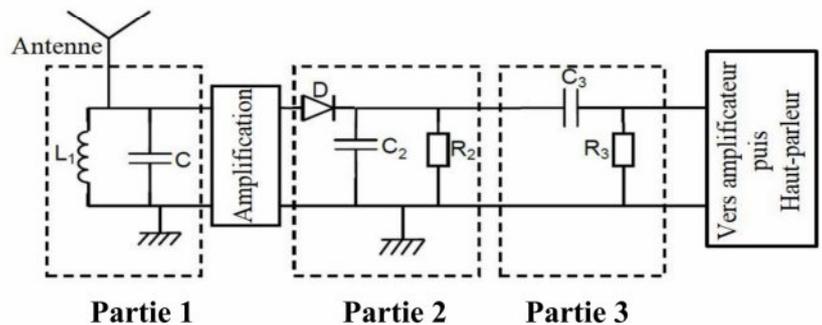


(c)

Associer chacune des courbes (a), (b) et (c), à la tension correspondante. Justifier.

#### EXERCICE 4

On réalise le circuit simple de réception d'une onde AM, représenté sur la figure suivante, et qui est constitué de trois parties principales. La première partie est constituée d'une association parallèle d'une bobine d'inductance  $L_1 = 1,1 \text{ mH}$  et de résistance négligeable, et du condensateur de capacité  $C = 1 \text{ nF}$ .



- 1- Quel est le rôle de la partie 3 dans la démodulation ?
- 2- Quelle est la fréquence  $f_0$  de l'onde hertzienne que captera ce dispositif simple ?
- 3- On obtient une bonne détection de crêtes en utilisant un condensateur de capacité  $C_2 = 4,7 \text{ nF}$  et un conducteur ohmique de résistance  $R_2$ . Parmi les résistors de résistances suivantes :  $0,1 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \text{ k}\Omega$ , et  $150 \text{ k}\Omega$ , déterminer la valeur de  $R_2$  convenable, sachant que la fréquence de l'onde sonore modulante est :  $f_s = 1 \text{ kHz}$ .

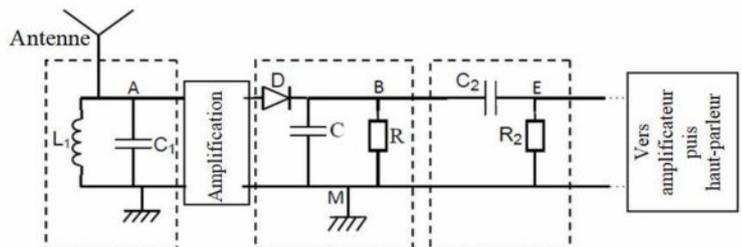
#### EXERCICE 5

La figure a cote représente le dispositif simple utilisé par les élèves pour recevoir une onde radio AM. L'expression, dans le système international d'unités (SI), de la tension à la sortie du circuit de sélection, s'écrit :

$$u(t) = 0,1 \cdot [0,5 \cdot \cos(10^3 \cdot \pi \cdot t) + 0,7] \cdot \cos(2 \cdot 10^4 \cdot \pi \cdot t)$$

- 1- Déterminer la fréquence  $F_p$  de la tension porteuse et  $f_s$  du signal modulant.
- 2- Calculer la valeur du taux de modulation  $m$ . Que conclure ?
- 3- Le circuit de détection des crêtes du circuit réalisé, est constitué du condensateur et du résistor précédents :  $C = 1,2 \text{ }\mu\text{F}$  et  $R = 1 \text{ k}\Omega$ .

Les élèves ont-ils obtenu une bonne détection de crêtes ou non ? Justifier.



### EXERCICE 6

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves applique à l'entrée  $E_1$  du circuit multiplieur une tension sinusoïdale d'expression  $u_1(t) = U_0 + U_{1m} \cos(2\pi.f.t)$ , et à l'entrée  $E_2$  du circuit multiplieur une tension sinusoïdale d'expression  $u_2(t) = U_{2m} \cos(2\pi.F.t)$  correspondante à une onde porteuse. (Figure 1)

( $U_0$  est la composante continue de tension)

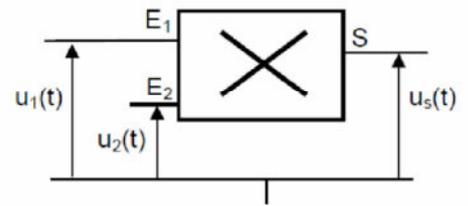
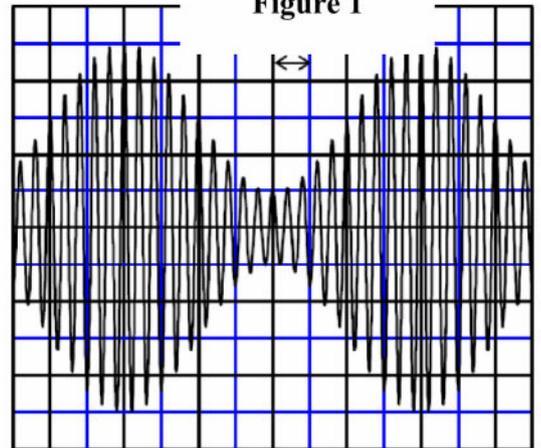


Figure 1



1- L'expression de la tension  $u_S(t)$  à la sortie du circuit multiplieur est:  $u_S(t) = k.u_1(t).u_2(t)$ , avec  $k$  une constante caractérisant le circuit multiplieur. Montrer que l'amplitude de la tension  $u_S(t)$  s'écrit sous la forme :  $U_S = A[1 + m \cos(2\pi.f.t)]$  en précisant les expressions de  $A$  et  $m$ .

2- Après réglage des sensibilités de l'oscilloscope sur : 1V/div et 0,5 ms/div, les élèves ont visualisé la tension de sortie  $u_S(t)$  obtenue. La figure 5 représente les variations de cette tension.

Déterminer la fréquence  $f$  du signal modulant, et la fréquence  $F$  de l'onde porteuse.

3- Montrer, en calculant la valeur du taux de modulation  $m$ , que la modulation est bonne.

### EXERCICE 7

Pour recevoir une onde radio, modulée en amplitude de fréquence  $f_0 = 594\text{kHz}$ , on utilise le dispositif simplifié représenté par le schéma de la figure 3.

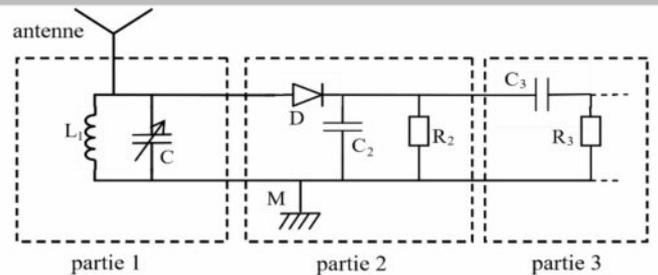


Figure 3

**Parmi les réponses proposées préciser, sans aucune justification, la réponse juste :**

1. La partie 1 du dispositif comporte une antenne et une bobine d'inductance  $L_1 = 1,44\text{mH}$  et de résistance négligeable qui est montée en parallèle avec un condensateur de capacité  $C$  variable.

1.1. La partie 1 sert à :

- recevoir et sélectionner l'onde
- éliminer la composante continue
- Éliminer la porteuse
- moduler l'onde

1.2. Pour capter l'onde radio de la fréquence  $f_0$ , la capacité  $C$  doit être fixée sur la valeur :

- 499pF
- 49,9pF
- 4,99pF
- 0,499pF

2. La partie 2 joue le rôle du détecteur d'enveloppe. La capacité du condensateur utilisé dans cette partie est  $C_2 = 50\text{nF}$ .

2.1. La dimension du produit  $R_2 C_2$  est :

- $[L]$
- $[T]$
- $[T^{-1}]$
- $[I]$

2.2. La moyenne des fréquences des ondes sonores est 1 kHz. La valeur de la résistance  $R_2$  qui permet d'avoir une bonne démodulation de l'onde radio étudiée est :

- 20k $\Omega$
- 5k $\Omega$
- 35 $\Omega$
- 10 $\Omega$

### EXERCICE 8

Pour étudier la modulation d'amplitude et vérifier la qualité de la modulation, au cours d'une séance de TP, le professeur a utilisé avec ses élèves, un circuit intégré multiplieur (X) en appliquant une tension sinusoïdale  $u_1(t) = P_m \cdot \cos(2\pi \cdot F_p \cdot t)$  à son entrée  $E_1$  et une tension  $u_2(t) = U_0 + s(t)$  à son entrée  $E_2$ , avec  $U_0$  la E composante continue de la tension et  $s(t) = S_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_s \cdot t)$  la tension modulante (figure 3).

La courbe de la figure 4 représente la tension de sortie  $u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$ , visualisée par les élèves sur l'écran d'un oscilloscope.  $k$  est une constante positive caractérisant le multiplieur X.

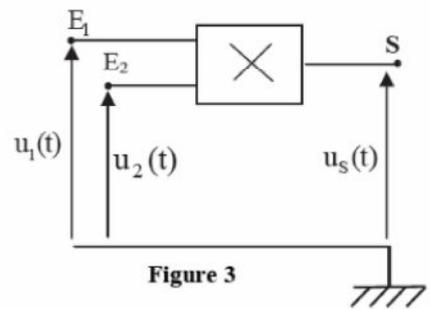


Figure 3

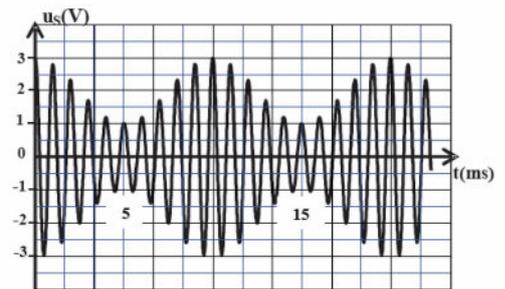


Figure 4

- 1- Montrer, en précisant les expressions de  $A$  us (V) et de  $m$ , que la tension  $u_s(t)$  s'écrit sous la forme :  $u_s(t) = A[1 + m \cdot \cos(2\pi f_s t)] \cdot \cos(2\pi F_p t)$ .
- 2- En exploitant la courbe de la figure 4 :
  - 2.1- Trouver les fréquences  $F_p$  de la porteuse et  $f_s$  de la tension modulante.
  - 2.2- Déterminer le taux de modulation et en déduire la qualité de modulation.

### EXERCICE 9

#### Partie 2 - modulation d'amplitude

Pour obtenir un signal sinusoïdal modulé en amplitude, on réalise le montage schématisé sur la figure 5, où X représente un circuit intégré multiplieur, ayant deux entrées  $E_1$  et  $E_2$  et une sortie S. On applique :

- à l'entrée  $E_1$  la tension  $u_1(t)$  d'expression  $u_1(t) = U_0 + U_1 \cos(2\pi f_1 \cdot t)$  avec  $U_0$  la composante continue de la tension.
- à l'entrée  $E_2$  la tension  $u_2(t)$  d'expression  $u_2(t) = U_2 \cos(2\pi f_2 \cdot t)$ .

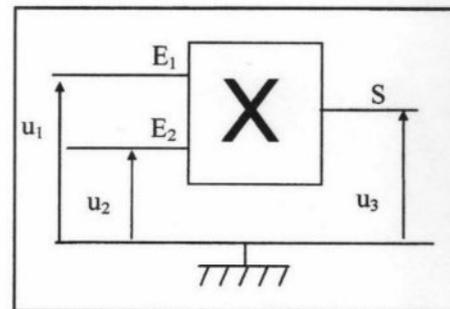


Figure 5

La tension, modulée en amplitude, obtenue à la sortie S du multiplieur est  $u_3(t)$ . Son expression est :  $u_3(t) = 0,1 [0,6 \cos(2\pi 10^4 \cdot t) + 0,8] \cos(6\pi 10^5 \cdot t)$

1. Déterminer la fréquence  $F_p$  de l'onde porteuse et la fréquence  $f_m$  de l'onde modulante.
2. Calculer le taux de modulation  $m$ .
3. La modulation est-elle bonne? Justifier votre réponse.

### EXERCICE 10

On utilise un résistor (D) de résistance  $R = 100\Omega$  et un condensateur (c) de capacité  $C = 10\mu F$ , dans le détecteur de crêtes correspondant à l'un des étages du circuit représenté par la figure 3,

Pour détecter les crêtes de la tension modulée en amplitude d'expression :

$$u(t) = k[0,5 \cdot \cos(10^3 \pi t) + 0,7 \cdot \cos(10^4 \pi t)]$$

- 1- Indiquer, à l'aide de la figure 3, l'étage correspondant au détecteur de crêtes.

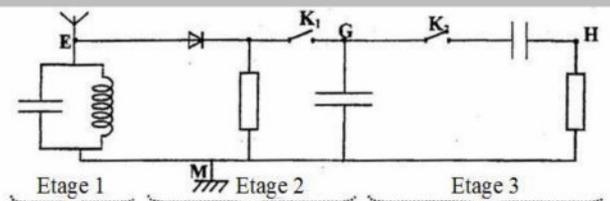
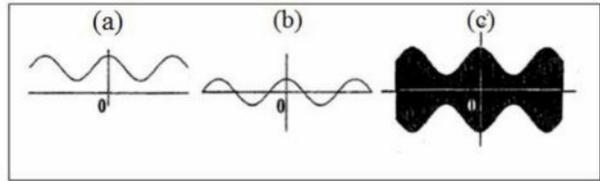


Figure 3

- 2- Montrer que le dipôle RC permet une bonne détection de crêtes.
- 3- Les deux interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  sont fermés, les courbes obtenus successivement sur l'écran d'un oscilloscope



Représentent les variations des tensions  $u_{EM}$ ,  $u_{GM}$  et  $u_{HM}$  (Figure 4). Indiquer en justifiant, la courbe

### EXERCICE 11

#### Partie II- Réception d'une onde modulée en amplitude

le schéma de la figure 3 représente un dispositif simplifié (radio AM) qui permet de recevoir une onde radio modulée en amplitude.

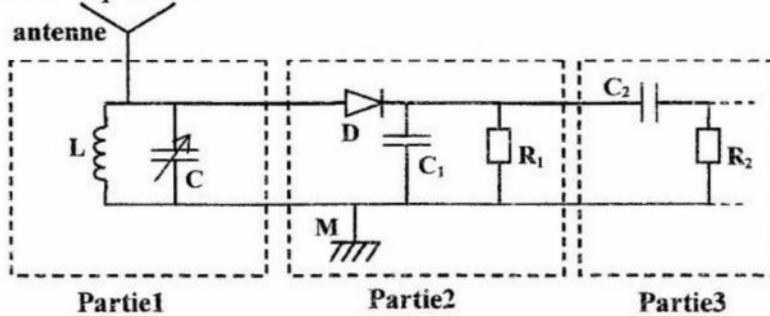


Figure 3

Recopier le numéro de la question et la lettre correspondante à la réponse juste

1. Le circuit bouchon (partie 1 du dispositif) comporte une antenne et une bobine d'inductance  $L = 10 \text{ mH}$  et de résistance négligeable qui est montée en parallèle avec un condensateur de capacité  $C$  variable.

Pour sélectionner une onde radio AM de fréquence  $f_0 = 530 \text{ kHz}$ , la capacité  $C$  doit être fixée sur la valeur:

|   |                 |   |                |   |                |   |                |
|---|-----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|
| A | $9 \mu\text{F}$ | B | $9 \text{ nF}$ | C | $9 \text{ pF}$ | D | $9 \text{ mF}$ |
|---|-----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|

2. Sachant que la moyenne des fréquences des ondes sonores est  $1 \text{ kHz}$  et que la valeur de la résistance  $R_1$  qui permet d'avoir une bonne démodulation de l'onde radio étudiée est  $R_1 = 35 \Omega$ , la valeur de la capacité du condensateur  $C_1$  utilisé dans la partie 2 doit être :

|   |                  |   |                  |   |                 |   |                 |
|---|------------------|---|------------------|---|-----------------|---|-----------------|
| A | $50 \mu\text{F}$ | B | $20 \mu\text{F}$ | C | $50 \text{ mF}$ | D | $20 \text{ nF}$ |
|---|------------------|---|------------------|---|-----------------|---|-----------------|

3. La partie 3 du dispositif sert à :

|   |                      |   |                                      |   |                                  |   |                       |
|---|----------------------|---|--------------------------------------|---|----------------------------------|---|-----------------------|
| A | Moduler l'amplitude. | B | Sélectionner la fréquence de l'onde. | C | Éliminer la composante continue. | D | Détecter l'enveloppe. |
|---|----------------------|---|--------------------------------------|---|----------------------------------|---|-----------------------|

### EXERCICE 12

Lors d'une communication, la voix est convertie en signal électrique par un microphone, grâce à un système de conversion numérique et d'amplification. Le signal électrique est porté par une onde porteuse qui après amplification est émise vers l'antenne la plus proche. L'antenne transmet le signal à une station base qui l'envoie alors à une centrale, par ligne téléphonique conventionnelle ou par les ondes électromagnétiques.

De là sont acheminées les conversations vers le téléphone du destinataire.

### 1- Émission d'une onde électromagnétique par un portable

Les ondes électromagnétiques sont utilisées par la télévision, La radio et les radars. Si bien que la gamme de fréquence restant pour les portables sont de plus en plus restreints : l'une d'entre elles s'étend de 900 à 1800 MHz.

**Données :** La célérité des ondes électromagnétiques dans le vide et dans l'air :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $1\text{MHz} = 10^6\text{Hz}$ .

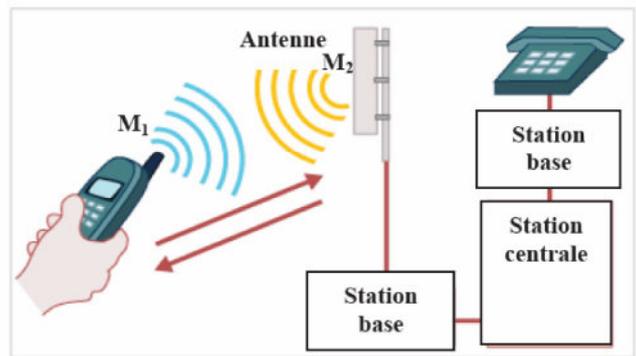


Figure 2

- 1.1- Calculer la durée que met une onde électromagnétique de fréquence  $f=900\text{MHz}$  pour parcourir la distance  $M_1M_2=1\text{km}$  séparant le téléphone et l'antenne, figure (2).
- 1.2- Que signifie l'expression « l'air est un milieu dispersif pour les ondes électromagnétiques » ?
- 1.3- On peut représenter la chaîne d'émission par le schéma de la figure (3).

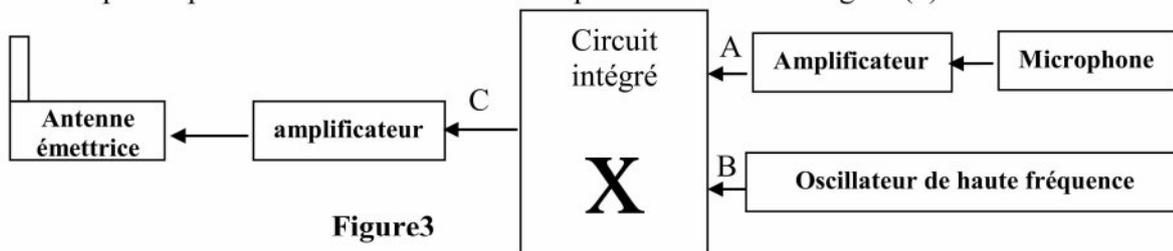


Figure3

- a- En quel point A ou B ou C de la figure (3) trouve-t-on :
- b- L'onde porteuse ? b- Le signal modulant ?

### 2- Modulation d'amplitude

Le circuit de modulation est constitué d'un composant nommé multiplieur qui possède deux entrées  $E_1$  et  $E_2$  et une sortie  $S$ , figure (4).

Pour simuler la modulation d'amplitude, on applique :

- À l'entrée  $E_1$  le signal  $u_1(t)=u(t)+U_0$  dont  $u(t)=U_m \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$  est le signal modulant et  $U_0$  tension continue de décalage .
- À l'entrée  $E_2$  le signal porteur  $u_2(t)=v(t)=V_m \cos(2\pi F \cdot t)$ .

Le circuit intégré  $X$  donne une tension modulée proportionnelle au produit des deux tensions,  $s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$  où  $k$  est une constante dépendant uniquement du circuit intégré .  $s(t)$  s'écrit sous la forme :  $s(t) = S_m \cos(2\pi Ft)$ .

2.1- Montrer que  $S_m$ , amplitude du signal modulé, peut se mettre sous la forme  $S_m = A[m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t) + 1]$  en précisant l'expression du taux de modulation  $m$  et celle de la constante  $A$ .

2.2- Le graphe représenté sur la figure (5) donne l'allure de la tension modulée en fonction du temps. Déterminer à partir de ce graphe :

- a- la fréquence  $F$  de l'onde porteuse . b- La fréquence  $f$  du signal modulant .
- c- L'amplitude minimale  $S_{m(\min)}$  et l'amplitude maximale  $S_{m(\max)}$  du signal modulé.

2.3- Donner l'expression du taux de modulation en fonction de  $S_{m(\min)}$  et  $S_{m(\max)}$ . Calculer la valeur de  $m$ .

2.4- La modulation effectuée est – elle de bonne qualité ? Justifier.

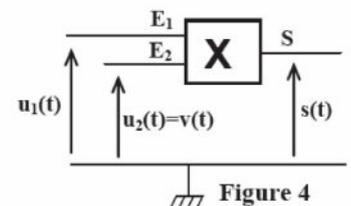
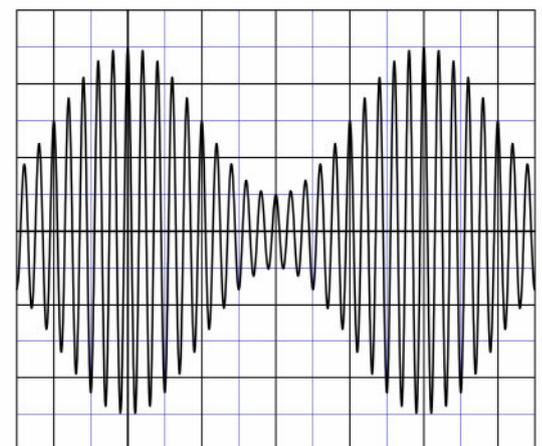


Figure 4



Sensibilité verticale : 1V/div  
Sensibilité horizontale : 0,25 ms/div