

MODULATION & DEMODULATION D'UN SIGNAL

On étudie un dispositif expérimental émetteur-récepteur d'ondes pour transmettre le son précédent par voie hertzienne. Pour émettre par radio les informations portées par un son quelconque, on les traduit d'abord en signal électrique, puis en onde électromagnétique.

L'émetteur utilise une onde porteuse de fréquence F , modulée en amplitude par le signal électrique de fréquence f correspondant à un son.

A – Emission

Le montage de modulation d'amplitude, utilisé pour l'émission et réalisé à l'aide d'un multiplieur, est représenté sur la figure 1 ci-contre :

Pour engendrer l'onde porteuse de fréquence F , on envoie sur l'entrée E_1 du multiplieur la tension $v(t) = V_m \cos(2\pi Ft)$.

Le signal à transmettre, de fréquence f et d'amplitude U_m est $u_1(t) = U_m \cos(2\pi ft)$. On lui ajoute une tension continue U_0 , appelée tension de décalage ou tension offset.

On obtient alors $u(t) = U_0 + u_1(t) = U_0 + U_m \cos(2\pi ft)$ qu'on envoie sur l'entrée E_2 .

À l'aide d'un dispositif d'acquisition de données, branché sur la sortie S du multiplieur, on observe sur l'écran de l'ordinateur, la courbe $s(t)$ représentée ci-dessous (fig. 2)

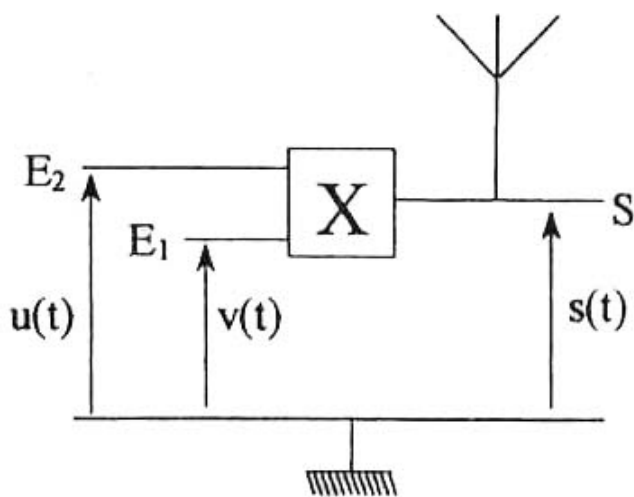


fig. 1

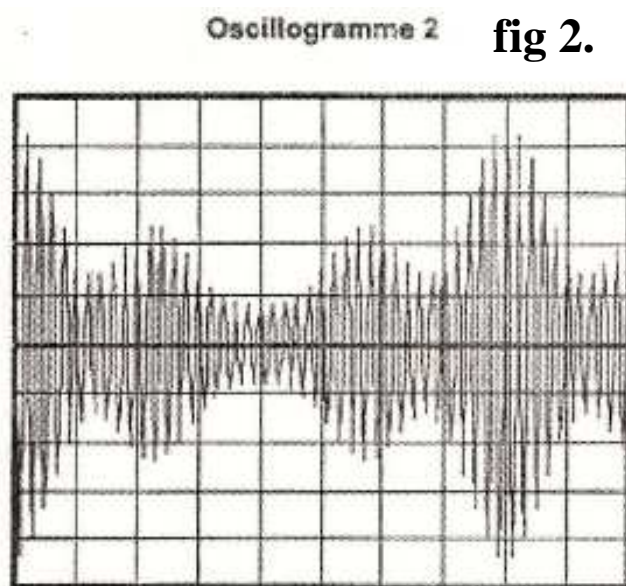


fig 2.

Pour cette étude, l'information est transportée par une modulation en amplitude de l'onde porteuse.

Pour chacune des trois questions suivantes, indiquer sans justification la proposition exacte.

1. Une telle onde modulée est caractérisée, au cours du temps, par :
 - a) Une amplitude constante et une fréquence constante.
 - b) Une amplitude variable, dont les variations dépendent du signal à transmettre, et une fréquence constante.
 - c) Une amplitude variable, dont les variations sont indépendantes du signal à transmettre, et une fréquence constante.
 - d) Une amplitude variable dont les variations dépendent du signal à transmettre et une fréquence variable.
2. La fréquence de la porteuse doit être :
 - a) Très inférieure à la fréquence du son à transmettre.
 - b) Légèrement inférieure à la fréquence du son à transmettre.
 - c) Très supérieure à la fréquence du son à transmettre.
 - d) Légèrement supérieure à la fréquence du son à transmettre.
3. Un son audible a une fréquence comprise entre :
 - a) 2 Hz et 2 kHz.
 - b) 20 Hz et 20 kHz.
 - c) 20 kHz et 200 kHz.
 - d) 20 MHz et 200 MHz.
4. Pourquoi ne peut-on pas transmettre directement l'onde électromagnétique obtenue à partir de l'onde sonore ?
5. Pourquoi faut-il ajouter une tension de décalage au signal à transmettre ?

Le multiplieur donne en sortie une tension $s(t)$ proportionnelle au produit des tensions appliquées sur les entrées : $s(t) = k.u(t).v(t)$. Le coefficient k est une constante qui ne dépend que du multiplieur.

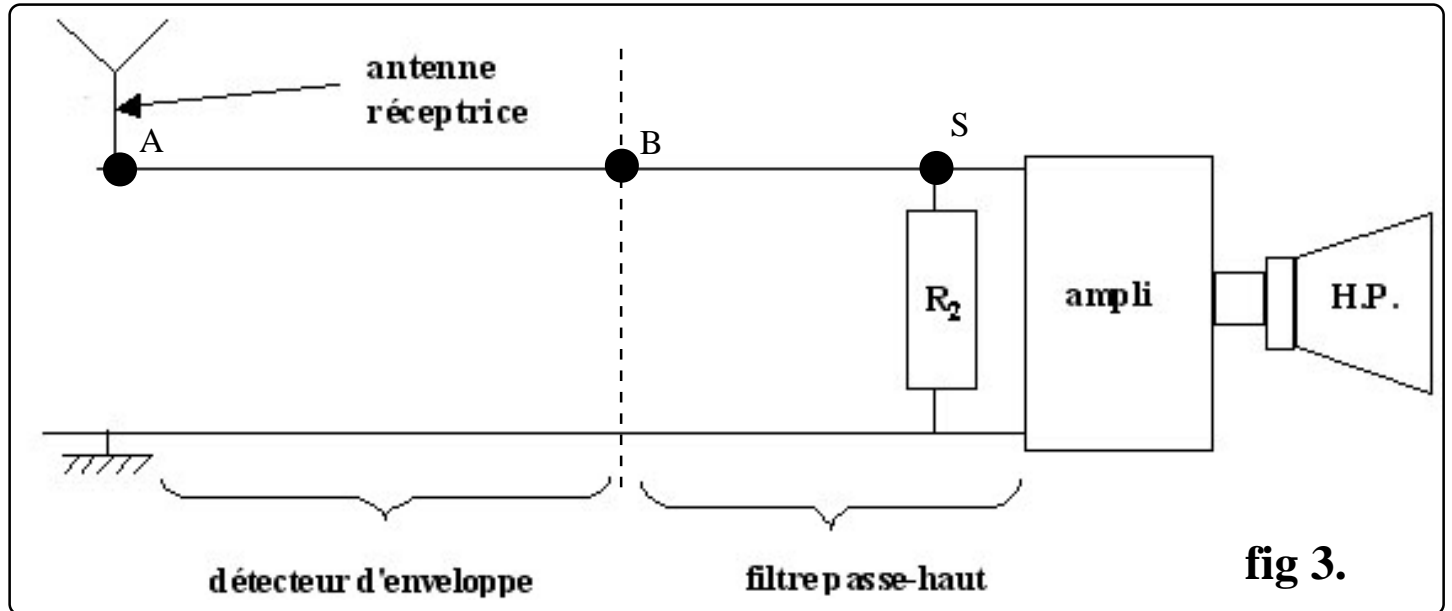
6. Montrer que $s(t)$ peut se mettre sous la forme $s(t) = A[1 + m\cos(2\pi ft)]\cos(2\pi Ft)$ dans laquelle A est une constante.

7. Donner l'expression de A en fonction de k , V_m et U_0 et l'expression de m en fonction de U_m et U_0 .

8. Quelle condition doit vérifier le rapport $m = \frac{U_m}{U_0}$ pour réaliser une bonne modulation ? (m est appelé taux de modulation).

B – RECEPTION.

Dans cette partie, on étudie le processus de réception correspondant. Le signal sonore émis par le haut-parleur résulte de la réception d'une onde électromagnétique de fréquence F par l'antenne du poste de radio.

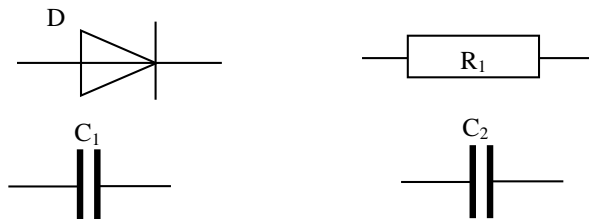


9. Quel est le type de signal généré dans l'antenne réceptrice par les ondes électromagnétiques qu'elle reçoit ?

Pour obtenir le signal émis par le haut-parleur à partir du signal qui se propage dans le démodulateur, il est nécessaire de démoduler ce dernier. Le démodulateur représenté sur la figure 3, contient donc :

- un détecteur d'enveloppe, constitué à partir d'un condensateur C_1 , d'un conducteur ohmique R_1 et d'une diode D .
- un filtre passe-haut, constitué à partir d'un condensateur C_2 et d'un conducteur ohmique R_2 .

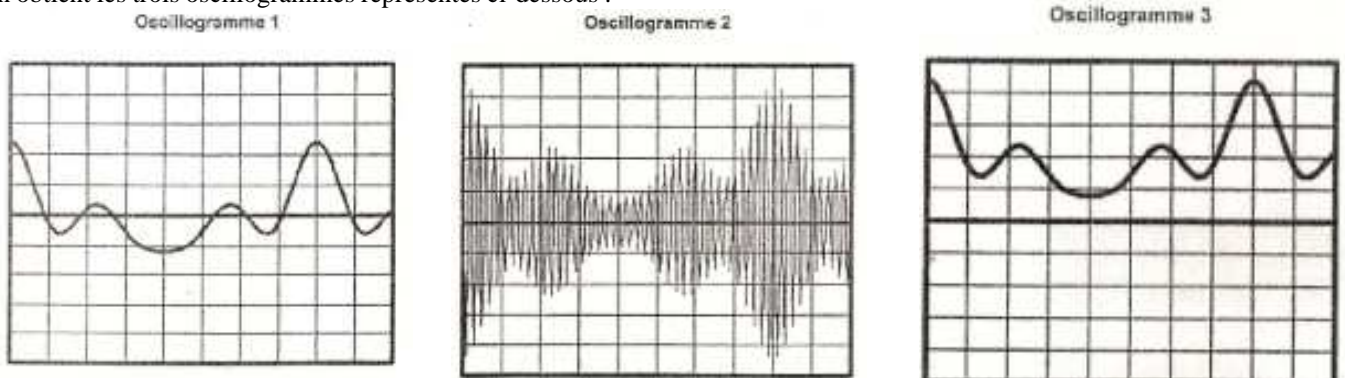
10. Dans le schéma de la figure 3, dessiner convenablement le détecteur d'enveloppe et le filtre passe haut du circuit avec C_1 , R_1 , D et C_2 de manière à assurer une bonne démodulation du signal reçu par l'antenne.



11. Que signifie démoduler le signal reçu ?

12. Indiquer brièvement le rôle du détecteur d'enveloppe et du filtre passe-haut.

13. On obtient les trois oscillogrammes représentés ci-dessous :



Indiquer l'oscillogramme correspondant à chacune des tensions suivantes :

- Tension u_{AM} entre le point A et la masse M
- Tension u_{BM} entre le point B et la masse M
- Tension u_{SM} entre le point S et la masse M

MODULATION & DEMODULATION D'UN SIGNAL

A – Emission

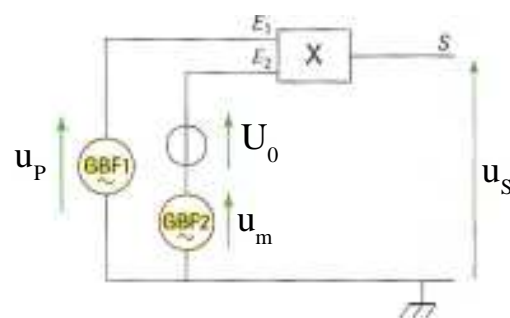
- Une telle onde modulée est caractérisée, au cours du temps, par :
 - Une amplitude variable, dont les variations dépendent du signal à transmettre, et une fréquence constante.
- La fréquence de la porteuse doit être :
 - Très supérieure à la fréquence du son à transmettre.
- Un son audible a une fréquence comprise entre :
 - 20 Hz et 20 kHz.
- On ne peut pas transmettre directement l'onde électromagnétique obtenue à partir de l'onde sonore, pour deux raisons:
 - ❑ une onde dans le domaine de l'audible ne peut se propager sur de longues distances sans être altérée
 - ❑ une antenne pour émettre une onde doit avoir une taille de l'ordre de la longueur d'onde de l'onde à transmettre, ce qui correspondrait à des antennes gigantesques.
- Une tension de décalage au signal à transmettre permet d'éviter le phénomène de surmodulation (voir plus loin). Ainsi le signal modulant de basse fréquence porteur de l'information, grâce à la composante de décalage, va devenir une tension variable strictement positive.
- Obtenir une modulation d'amplitude consiste à moduler l'amplitude d'une tension sinusoïdale $v(t)$ appelée **porteuse**, par le signal à transmettre, noté $u_m(t)$, appelé signal **modulant**.

- ❑ L'expression de la sinusoïde porteuse est de la forme $v(t) = V_m \cos(2\pi Ft)$.
Son amplitude $U_p(\max)$ est constante et sa fréquence F est bien plus élevée que la fréquence f du signal modulant.
- ❑ L'expression de la sinusoïde modulante est de la forme $u_1(t) = U_m \cos(2\pi ft)$

Pour réaliser une modulation d'amplitude, on utilise un multiplieur

A la sortie du multiplieur, la tension modulée $u_m(t)$ est proportionnelle au produit des tensions d'entrée:

- ❑ $u_p(t)$ appliquée en E_1 ;
- ❑ et $u_1(t) + U_0$ appliquée en E_2 .



$$s(t) = k \cdot v(t) \cdot [u_1(t) + U_0] = k \times V_m \cos(2\pi Ft) \times [u_1(t) + U_0]$$

$$s(t) = k \times V_m \cos(2\pi Ft) \times [U_m \cos(2\pi ft) + U_0]$$

$$s(t) = k \times V_m \times U_0 \cos(2\pi Ft) \times \left[\frac{U_m}{U_0} \cos(2\pi ft) + 1 \right]$$

De la forme $s(t) = A[1 + m\cos(2\pi ft)]\cos(2\pi Ft)$ avec $A = k \times V_m \times U_0$ et $m = \frac{U_m}{U_0}$

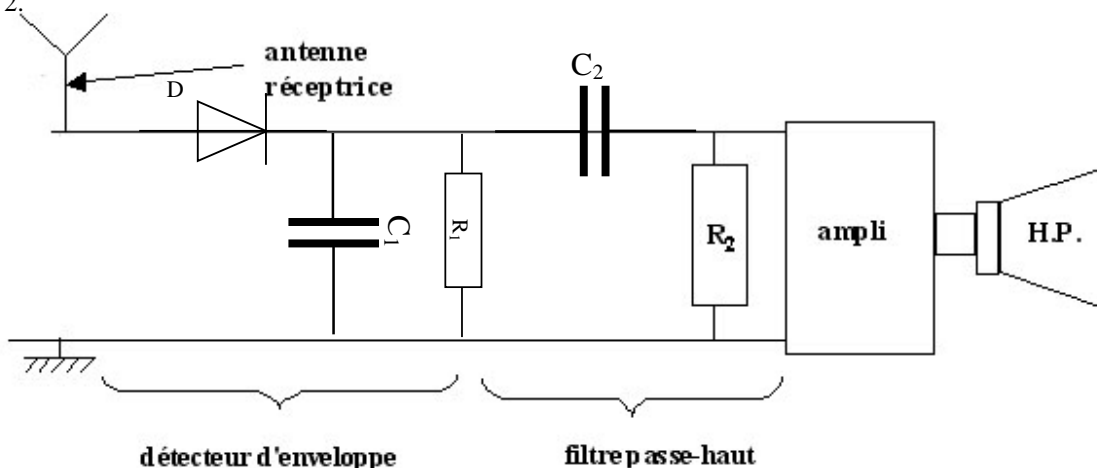
7. Voir ci-dessus.

8. Le rapport $m = \frac{U_m}{U_0}$ pour réaliser une bonne modulation doit être strictement inférieur à 1.

B – RECEPTION.

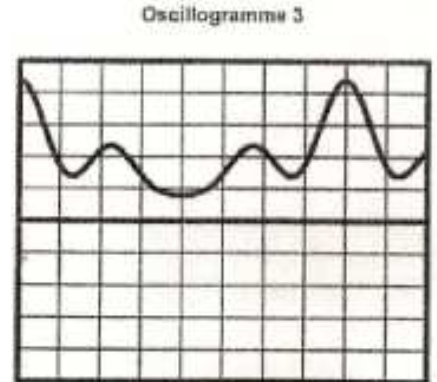
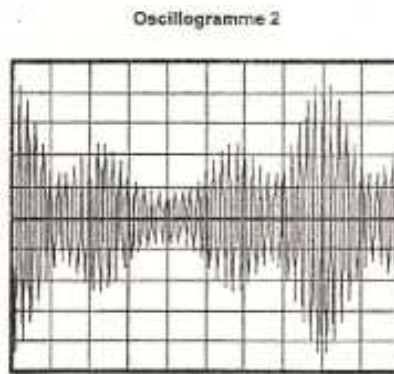
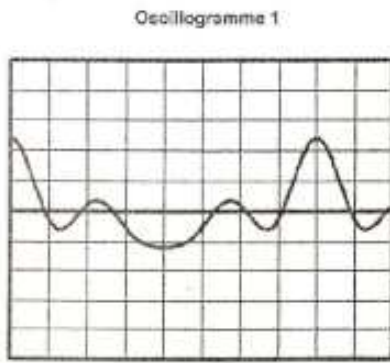
9. L'antenne réceptrice reçoit une onde électromagnétique identique au signal modulé créée par le multiplieur, donc une allure de signal identique à la figure 2.

10.



11. & 12. Démoduler le signal reçu, signifie d'une part recréer l'allure du signal modulant qui est porteur de l'information (rôle du détecteur de crête) et ensuite ramener ce signal centré sur l'axe des x (rôle du filtre passe haut)

13. On obtient les trois oscillogrammes représentés ci-dessous :



Indiquer l'oscillogramme correspondant à chacune des tensions suivantes:

- Tension u_{AM} entre le point A et la masse M: Oscillogramme 2
- Tension u_{BM} entre le point B et la masse M: oscillogramme 3
- Tension u_{SM} entre le point S et la masse M: oscillogramme 1.