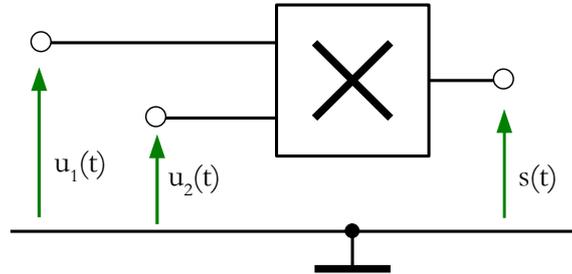


## Exercice : Modulation d'amplitude & démodulation

Cet exercice se propose d'analyser les résultats d'une séance de manipulation sur le thème de la modulation d'amplitude et de sa démodulation. Les oscillogrammes ont été imprimés par transfert sur un ordinateur du contenu d'un oscilloscope à mémoire.

### A – Émission

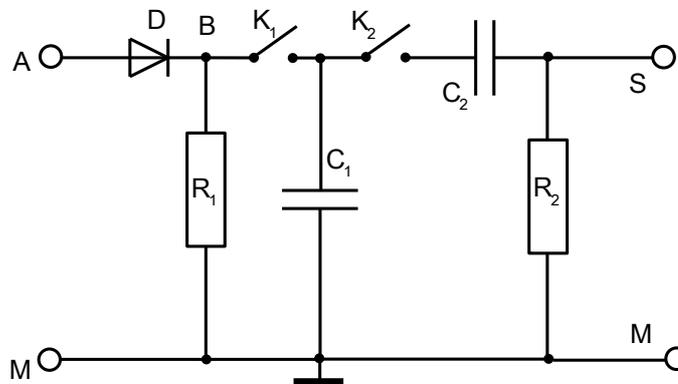
La modulation est obtenue en appliquant, entre la masse et chacune des entrées  $E_1$  et  $E_2$  d'un circuit multiplieur, les deux tensions  $u_1$  et  $u_2$  fournies par des générateurs de tensions sinusoïdales visualisées par les oscillogrammes ① et ②.



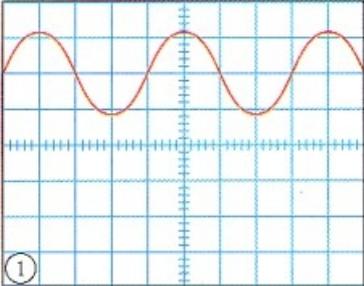
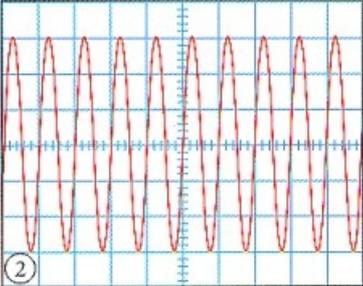
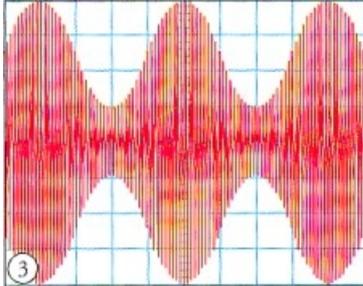
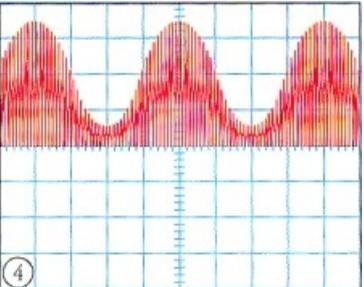
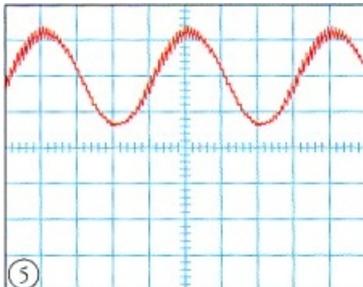
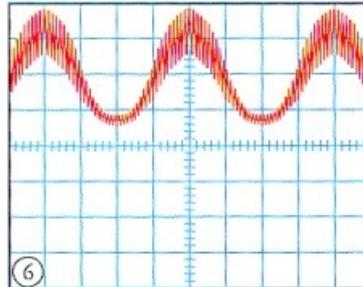
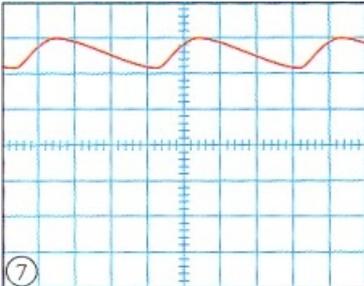
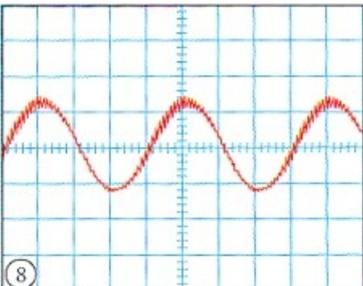
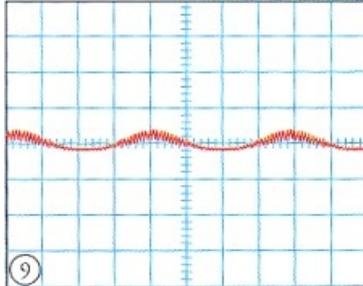
- À partir de l'oscillogramme ①, montrer que l'expression instantanée de la tension  $u_1$  peut se mettre sous la forme  $u_1(t) = U_0 + U_m \cos[(2\pi/T_1)t]$ .  
Déterminer  $U_0$ ,  $U_m$  et la période  $T_1$  de  $u_1(t)$ .
- De même, à partir de l'oscillogramme ②, déterminer la valeur maximale  $V_m$  et la période  $T_2$  de la tension  $u_2$  qui est de la forme  $u_2(t) = V_m \cos[(2\pi/T_2)t]$ .
- À la sortie du multiplieur, on récupère le signal modulé  $s$  tel que  $s(t) = k.u_1(t).v_2(t)$ .  
Montrer que ce signal peut s'écrire :  $s(t) = A(1 + m.\cos[(2\pi/T_1).t])\cos[(2\pi/T_2)t]$ .  
En déduire la valeur numérique du taux de modulation  $m$ .

### B – Réception

Le signal modulé précédent est transmis par ondes hertziennes à un récepteur radio dans lequel un circuit accordé donne, entre les points A et M d'un montage détecteur d'enveloppe, une tension analogue au signal transmis.



- L'interrupteur  $K_1$  étant ouvert, on visualise à l'oscilloscope les tensions prélevées entre A et M d'une part et B et M d'autre part. Les oscillogrammes obtenus font partie des neuf oscillogrammes représentés. Indiquer les numéros respectifs des oscillogrammes en justifiant votre réponse.
- On ferme l'interrupteur  $K_1$ ,  $K_2$  restant ouvert.  
La résistance  $R_1$  est de  $10\text{ k}\Omega$  et l'on dispose de trois condensateurs  $C_1$  de capacités respectives  $1\text{ nF}$ ,  $10\text{ nF}$  et  $100\text{ nF}$ . Indiquer en justifiant votre réponse quel est, parmi les oscillogrammes ⑤, ⑥ et ⑦, celui qui correspond à chacune des valeurs de  $C_1$  ci-dessus. Pourquoi les signaux démodulés, obtenus sur les oscillogrammes ⑥ et ⑦ ne sont-ils pas acceptables ?
- On ferme l'interrupteur  $K_2$ ,  $K_1$  restant fermé, et l'on observe le signal obtenu entre les points S et M. Pour une résistance  $R_2$  de  $10\text{ k}\Omega$ , on obtient l'oscillogramme ⑧ pour  $C_2 = 1\text{ }\mu\text{F}$  et l'oscillogramme ⑨ pour  $C_2 = 1\text{ nF}$ .  
Des deux valeurs ci-dessus, indiquer celle qui convient en justifiant votre réponse.

<i>Oscillogrammes</i>		
		
Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 2 V/div	Base de temps : 10 $\mu$ s/div. Sensibilité : 2 V/div	Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 1 V/div
		
Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 2 V/div	Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 2 V/div	Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 2 V/div
		
Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 2 V/div	Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 2 V/div	Base de temps : 0,2 ms/div. Sensibilité : 2 V/div

**CORRECTION****A. Émission**

1. L'oscillogramme n°1 représente une fonction sinusoïdale de la forme  $U_m \cos[(2\pi/T_1)t]$  décalée verticalement par une tension continue positive  $U_0$ . ( $U_0$  représente la moyenne de la tension  $u_1(t)$ )

Les tensions cherchées ont pour valeur  $U_m = \frac{1}{2} 2,4 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} = 2,4 \text{ V}$  et  $U_0 = 2 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} = 4 \text{ V}$ .  
La période  $T_1 = 4 \text{ div} \times 0,2 \text{ ms/div} = 0,8 \text{ ms}$ .

2. Pour l'oscillogramme n°2, on obtient une amplitude  $V_m$  de 6 V et une période de 10  $\mu\text{s}$ .

3. Le signal  $s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$  s'écrit  $s(t) = k (U_0 + U_m \cos[(2\pi/T_1)t]) V_m \cos[(2\pi/T_2)t]$   
soit  $s(t) = k.U_0.V_m (1 + U_m/U_0 \cos[(2\pi/T_1)t]) \cos[(2\pi/T_2)t]$  d'où  $m = U_m/U_0$  et  $A = k.U_0.V_m$ .

Numériquement :  $m = 0,60$  ou 60%.

**rem** il est possible de calculer ce taux sur l'oscillogramme n°3 avec  $L = 8$  et  $l = 2$  ;  $m = (L - l)/(L + l) = 0,6$ .

**B. Réception**

1. La tension entre les points A et M est le signal modulée en amplitude donc représentée par l'oscillogramme n°3. La diode D supprime l'alternance négative du signal (redressement simple alternance), l'oscillogramme correspondant est le n°4.

2. La constante de temps du détecteur d'enveloppe est  $R_1.C_1$  de valeurs :  $1,0.10^{-5} \text{ s}$  ;  $1,0.10^{-4} \text{ s}$  ;  $1,0.10^{-3} \text{ s}$ .  
La condition d'une bonne restitution des signaux est donnée par  $T_2 \ll R_1.C_1 < T_1$ .

Pour  $C_1 = 1 \text{ nF}$ , la constante de temps est de l'ordre de grandeur de  $T_2$ , d'où l'oscillogramme n°6. La constante de temps est trop petite, le signal obtenu reproduit en partie le signal de haute fréquence. Le signal ne sera pas conforme au signal basse fréquence d'origine.

Pour  $C_1 = 10 \text{ nF}$ , la constante de temps vérifie la condition, d'où l'oscillogramme n°5. Le signal est alors satisfaisant.

Pour  $C_1 = 100 \text{ nF}$ , la constante de temps est supérieure à  $T_1$ , d'où l'oscillogramme n°7. La constante de temps est trop grande, le signal obtenu est déformé.

3. Le condensateur  $C_2$  est utilisé pour couper la composante continue du signal. Ce condensateur est un filtre qui laisse passer la haute fréquence mais coupe la basse fréquence et donc la composante continue. On constate qu'il ne doit pas avoir une capacité trop faible : l'oscillogramme n°8 convient alors que le n°9 ne convient pas (le signal est trop atténué).