

**Série N°2 : Modulation et Démodulation d'amplitude****EXERCICE N°1**

Retrouver les identités trigonométriques :

$$\sin(a + b) = ; \sin(a - b) = ; \cos(a + b) = ; \cos(a - b) = ;$$

$$\cos(a) \cdot \cos(b) = ; \sin(a) \cdot \sin(b) = ; \sin(b) \cdot \cos(a) = ;$$

$$\cos(a) + \cos(b) = ; \cos(a) - \cos(b) = ; \sin(a) + \sin(b) = ; \sin(a) - \sin(b) =$$

**EXERCICE N°2**

Un générateur délivre le signal  $a_m(t)$  suivant:

$$a_m(t) = 5 \cdot \cos(10^6 t) + 3,5 \cdot \cos(10^3 t) \cdot \cos(10^6 t)$$

1. Rappeler l'expression d'un signal  $s(t)$  modulé en amplitude ( $f_p$  fréquence de la porteuse,  $A_p$  : amplitude de la porteuse,  $f_m$  fréquence du signal modulant,  $m$  : taux de modulation).

Pour le signal  $a_m(t)$ , déterminer :

2. La fréquence de la porteuse.
3. La fréquence du signal modulant.
4. Le taux de modulation.

**EXERCICE N°3**

Un émetteur AM doit transmettre le signal  $a_m(t)$  suivant :

$$a_m(t) = 100 \cdot \cos(3,77 \cdot 10^6 t) + 43,5 \cdot \cos(3,738 \cdot 10^6 t) + 43,5 \cdot \cos(3,802 \cdot 10^6 t)$$

1. Quelle est la fréquence latérale supérieure ?
2. Quelle est la fréquence modulante ?
3. Quel est le taux de modulation ?
4. Quelle est la bande de fréquence de l'émission ?
5. Si la puissance totale émise est de 38 W, trouver la puissance contenue dans la porteuse et dans chaque bande latérale. Vous commencerez la détermination littérale du problème.
6. Si la puissance totale du signal AM est réduite à 32 W lorsque l'on change le signal modulant, quel est le nouveau taux de modulation ?

**EXERCICE N°4**

Calculer l'amplitude de la composante latérale d'un signal à la sortie d'un modulateur AM lorsque la tension de sortie crête à crête est égale à 12V et l'indice de modulation égal à 0.2.

**EXERCICE N°5**

La tension de sortie d'un modulateur AM est donnée par l'expression suivante :

$$a_m(t) = 3 \cdot \cos 2\pi 10^6 t (2 + \cos 2\pi 10^3 t)$$

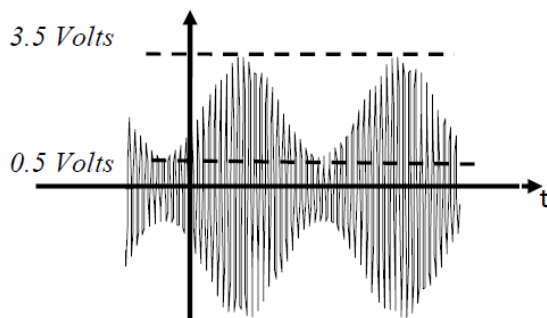
Calculer le taux de modulation.

**EXERCICE N°6**

Le courant d'antenne d'un émetteur AM est de 12 A lorsque le taux de modulation est de 45% avec un signal modulant sinusoïdal. Ce courant augmente à 13 A lorsqu'une seconde modulante sinusoïdale est transmise simultanément. Quel est le taux de modulation dû seulement à la deuxième onde ?

**EXERCICE N°7**

Un signal AM est représenté par la figure ci-dessous. Sa fréquence porteuse est de 200 kHz, sa fréquence modulante 5 kHz, la puissance d'émission est de 100 kW.

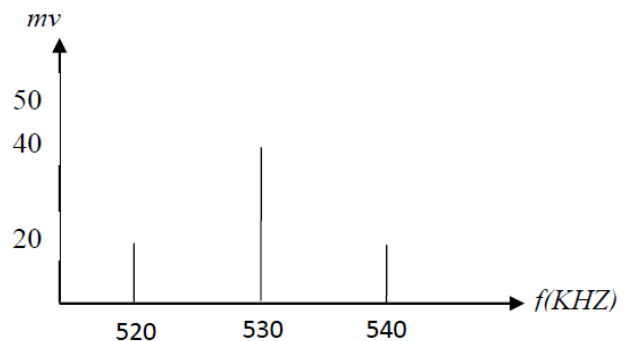


1. Quelles sont les fréquences contenues dans le signal modulé ?
2. Quelle est la bande de fréquence du signal modulé ?
3. Quel est le taux de modulation en % ?
4. Calculer la puissance contenue dans la porteuse ?
5. Calculer la puissance contenue dans chacune des bandes latérales ?

**EXERCICE N°8**

Un analyseur de spectre permet d'obtenir la représentation spectrale d'un signal modulé en amplitude sur son écran :

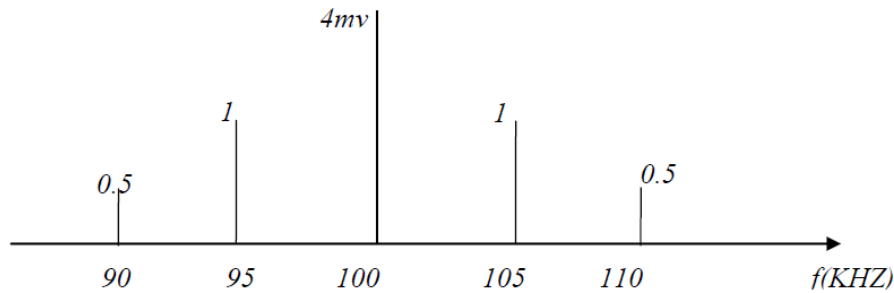
1. Donner la fréquence de la porteuse et la fréquence de l'ondemodulante.
2. Donner la bande de fréquence occupée par le signal AM et l'indice de modulation.
3. Que devient cet indice si l'amplitude crête du signal modulant est de 20 mV. Donner avec exactitude l'expression du signal modulé.

**EXERCICE 9**

Soit le spectre d'amplitude ci-dessous d'un signal AM. Déterminer :

- 1- La fréquence de la porteuse et celle du message
- 2- La bande passante du signal AM et celle du message
- 3- Le taux de modulation
- 4- L'expression mathématique du signal

5- La puissance totale, la puissance de porteuse et le rendement de la modulation ( $R=50\Omega$ ).



### EXERCICE N°10

On veut transmettre deux signaux  $m_1(t)$  et  $m_2(t)$  dont l'occupation spectrale est respectivement donnée en figures 1 et 2, sur une même porteuse de fréquence  $f_p$ . Pour cela, on utilise le système de modulation de la figure 3.

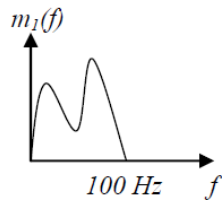


Figure 1

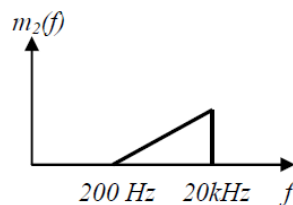


Figure 2

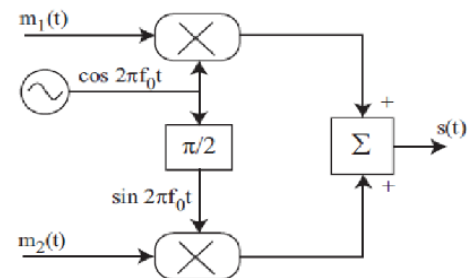


Figure 3

- 1- Ecrire l'expression temporelle du signal  $S(t)$  à transmettre.
- 2- Représenter le spectre de  $S(t)$  en fonction de celui de  $m_1(t)$  et  $m_2(t)$ .
- 3- Déduire la bande de fréquence nécessaire à la transmission.

### EXERCICE N°11

Calculer la puissance délivrée dans une résistance  $R$  par un signal modulé AM.

### EXERCICE N°12

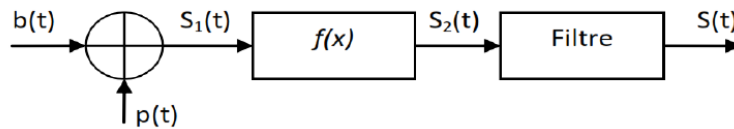
Sachant qu'un signal AM double bande avec porteuse est émis avec une puissance de 1000 W, compléter le tableau suivant :

Indice de modulation	$P_{\text{porteuse}}(W)$	$P_{BLI}(W)$	$P_{BLS}(W)$
1			
	734.6		
	956.9	21.9	
			87.2

**EXERCICE N°13**

On donne le schéma synoptique avec :

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 ; \quad p(t) = P \cdot \cos(\omega t + \varphi) ; \quad b(t) = B \cos(\omega_b t)$$



1. Déterminer l'expression de chacun des signaux :  $S_1(t)$ ,  $S_2(t)$  et donner son spectre.
2. Quelle doivent être les caractéristiques du filtre utilisé pour produire en sortie un signal AM. ?

**EXERCICE N°14**

Pour étudier la linéarité de la modulation d'amplitude, on visualise souvent à l'oscilloscope la figure que l'on obtient en connectant à l'oscilloscope dans le mode X-Y le signal modulant sur la voie X et le signal modulé sur la voie Y.

- Montrer que la figure obtenue est un trapèze
- Comment mesurer le taux de modulation à partir de cette figure ?

**Exercice 15**

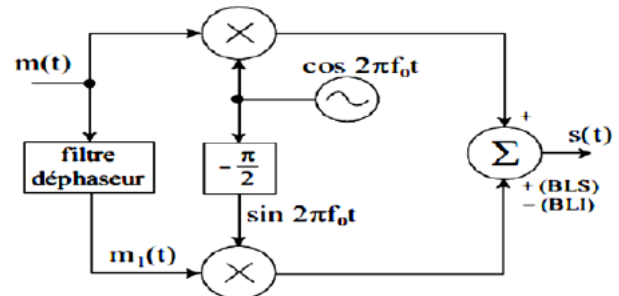
Montrer que le montage suivant permet de générer une BLU par déphasage (le déphaseur introduit un déphasage de  $(-\pi/2)$  :

La porteuse est :  $S_p(t) = A_p \cos(2\pi f_0 t)$

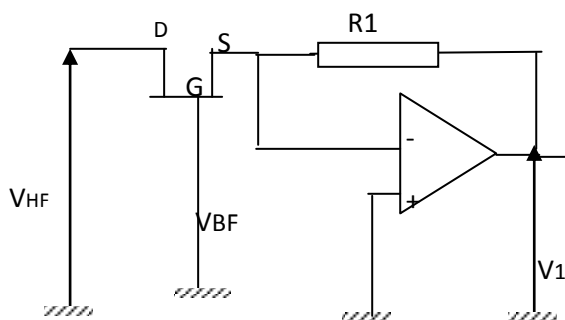
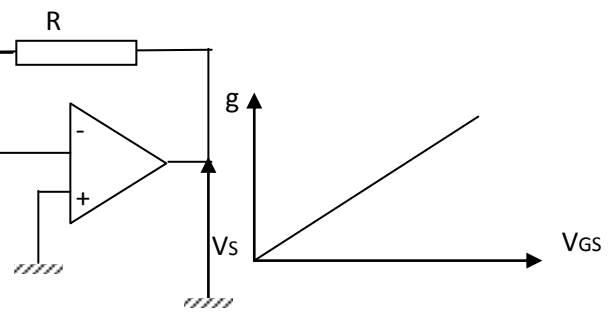
( $f_0$  : fréquence de la porteuse)

Le message est :  $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$

( $f_m$  : fréquence du message)

**Exercice 16**

Un signal haute fréquence sinusoïdal VHF (t) est appliqué au circuit de modulation d'amplitude fig1 :

**Fig1****Fig2**

La grille du transistor à effet champ est commandée par une tension de valeur moyenne non nulle  $V_{BF}$  tel que  $V_{BF} = V_0 + S(t)$  avec  $V_0$  est une valeur constante

$V_{HF}$  est une tension sinusoïdale très haute fréquence tel que  $V_{HF} = \cos \omega t$

- 1) la pente du transistor à effet de champ est donnée par la fig2, Donnez l'expression de la tension de sortie  $V_s(t)$  en fonction de  $s(t)$ ,  $V_0$ , et  $V_{HF}$
2. En supposant que  $s(t)$  est un signal sinusoïdal basse fréquence tel que  $s(t) = s \cos(\Omega t)$ , avec  $\Omega \ll \omega$

2.1. Donnez l'expression et représentation de  $V_s(t)$

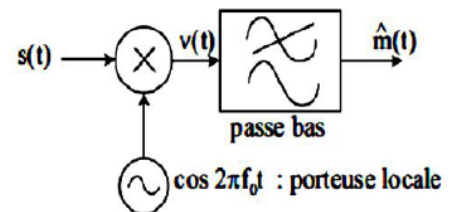
2.1. Donnez l'expression de l'indice de modulation

3. Représentez  $V_s(t)$  dans les cas où  $s(t)$  est respectivement rectangulaire et triangulaire. L'amplitude de  $s(t)$  est  $S$  ( $S < V_0$ )

Nb : Pour des faibles valeurs de  $V_{ds}$  du TEC, la résistance drain source est l'inverse de la pente  $g$  :  $R_{DS} = 1/KVGS$

### Exercice17

Monter que le montage suivant (appelé démodulateur cohérent) permet de démoduler un signal SSB (BLU)  $s(t)$  si la porteuse est :  $S_p(t) = A_p \cos(2\pi f_0 t)$  et le message est :  $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$ .

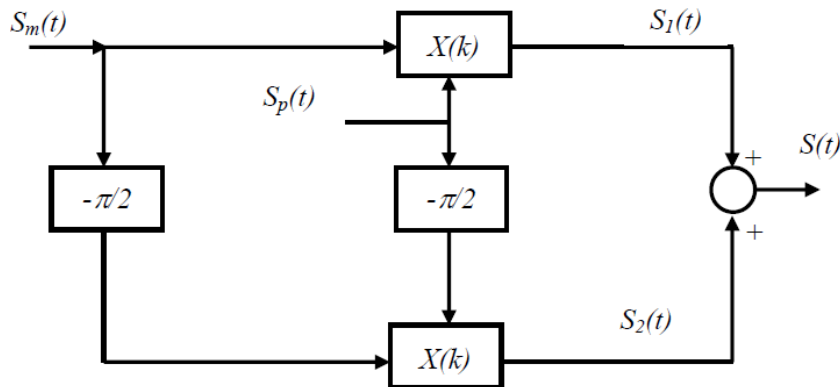


### Exercice18

On se place dans le cas d'une modulation AM à double bande latérale et porteuse conservée. Le signal informatif est donné par  $S_m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$   
La porteuse a pour expression  $S_p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t)$

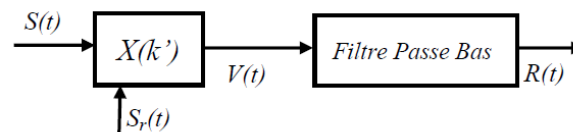
1. Donner le schéma bloc du circuit utilisé à l'émission pour produire une telle modulation.
2. Donner l'expression du signal modulé  $S(t)$  et définir le taux de modulation  $m$ .

On étudie le cas où on a toujours :  $S_m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$  mais avec le montage suivant utilisé à l'émission pour produire  $S(t)$  :



3. Dans le cas où  $S_p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t)$  et  $k$  est un coefficient réel du multiplieur de signaux, exprimer  $S(t)$ .
4. De quelle modulation d'amplitude particulière s'agit-il ?

Le schéma bloc du démodulateur permettant de retrouver  $S_m(t)$  à partir de  $S(t)$  à la réception est donné sur la figure suivante :



Avec  $k'$  est un coefficient réel du multiplieur de signaux.

5. En supposant que  $S_r(t) = A_r \cos(2\pi f_p t)$ , exprimer  $V(t)$  puis en déduire  $R(t)$ . On précisera en particulier quelle doit être la fréquence de coupure du filtre passe-bas utilisé (supposé idéal).
6. On se place désormais dans le cas où  $S_r(t) = A_r \cos(2\pi f_p t + \phi)$ . Le déphasage  $\phi$ , difficilement contrôlable si on ne prend pas de précaution par ailleurs, peut prendre toute valeur entre 0 et  $2\pi$ . Exprimer  $R(t)$  dans ce cas.
7. A-t-on restitué en  $R(t)$  le signal  $S_m(t)$  seul ? Le déphasage  $\phi$  risque-t-il d'affecter la réception ? Pourquoi ?
8. Que se passe-t-il si  $\phi = 0$  et que la fréquence instantanée de  $S_r(t)$  n'est pas rigoureusement égale à la porteuse  $f_p$  ?