

Série de TD N : 02

Exercice 01 :

On considère une onde modulée en amplitude, le signal utile est un signal sinusoïdal basse fréquence $s(t)=S*\cos\Omega t$.

1. Ecrire l'équation de l'onde modulée et représenter cette onde dans le domaine temporel dans le cas où l'indice de modulation vaut $m=0$, $m=0,5$; $m=1$. Exprimer dans chaque cas les valeurs minimales et maximales positives de l'onde modulée.
2. L'amplitude de la porteuse est cette fois-ci 1,5 fois inférieure à l'amplitude du signal utile(B.F). Réécrire la relation du signal modulé.

Exercice 02 :

Un signal AM est représenté sur un oscilloscope par la figure1. Sa fréquence de porteuse est 200KHz, sa fréquence modulante 5KHz, la puissance d'émission est de 100Kw.

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

Exercice 03 :

Un émetteur de 100w transmet en AM avec un pourcentage de modulation de 100% ; calculer les puissances contenues dans la porteuse et dans chaque bande latérale. Même question pour un taux de modulation de 70%.

Exercice 04 :

Un émetteur transmet 10Kw lorsque seule la porteuse est émise et 11,2Kw lorsqu'une première onde est émise. Une seconde onde modulée à 60% est transmise simultanément. Calculer la puissance de transmission totale.

Exercice 05 :

On considère le circuit de la figure2 :

1. Trouver l'expression de V_1 , si $V_{BF}=S*\cos\Omega t$ et $V_{HF}=V_0*\cos\omega t$;
2. Trouver l'expression de V_2 ;
3. Quelle doit être la nature du filtre de sortie pour obtenir une modulation d'amplitude.

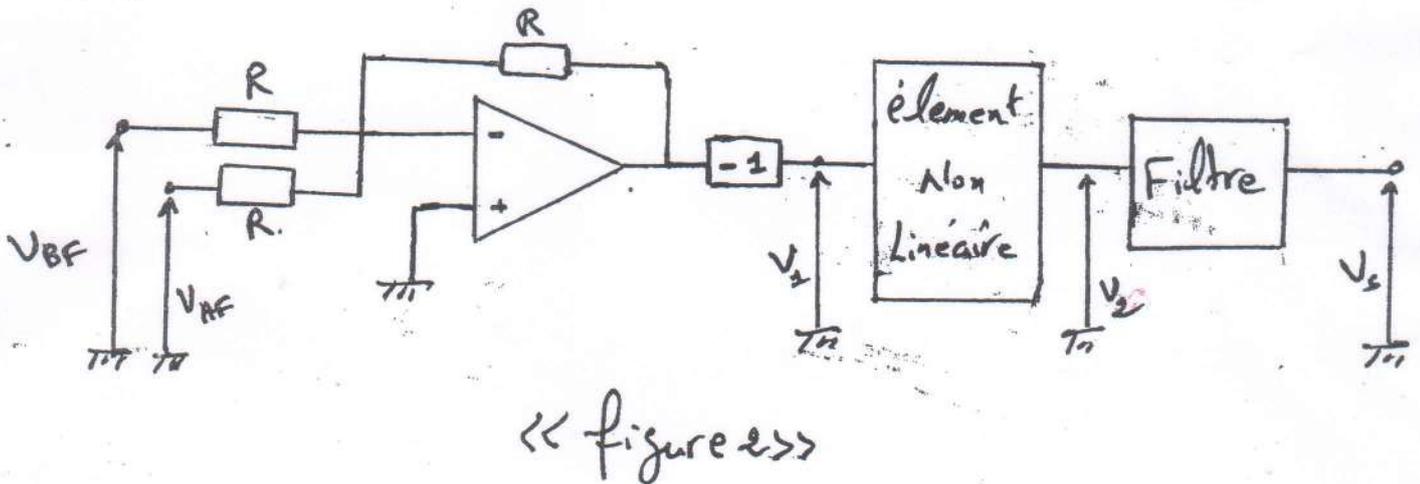
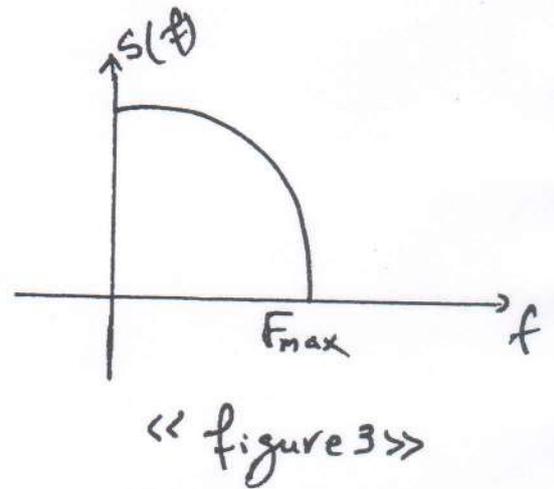
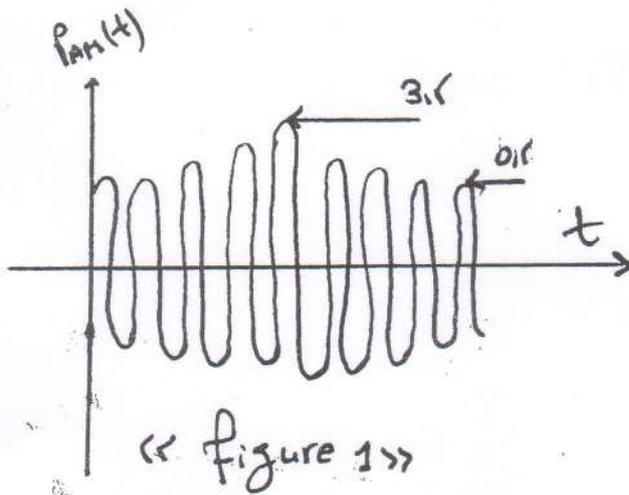
Exercice 06:

Soit un signal périodique basse fréquence :

$$s(t) = \begin{cases} E & \text{pour } 0 < t < T/2 \\ 0 & \text{pour } T/2 < t < T \end{cases}$$

On suppose que $s(t)$ admet pour spectre $s(f)$ schématisé par la figure 3. L'amplitude de la porteuse est supérieure à E .

1. Donner dans le cas d'une modulation d'amplitude la représentation temporelle du signal modulé.
2. Donner la représentation spectrale du signal modulé.



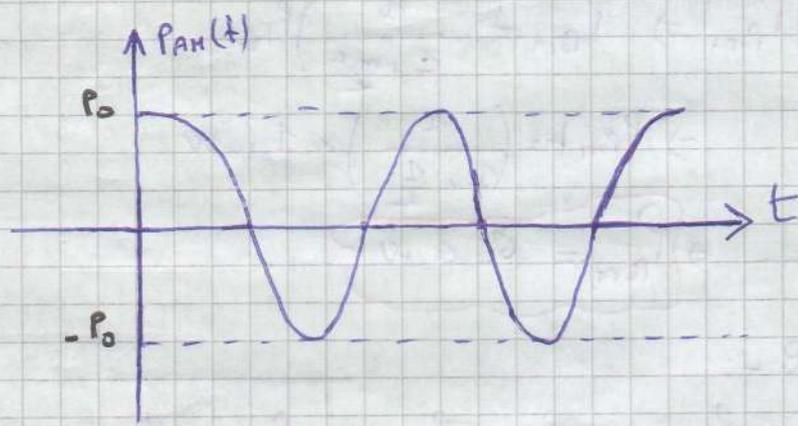
Le savoir que l'on ne complète pas chaque jour diminue tous les jours

Série TD N°: 02
« Modulation AM »

Exercice 01:

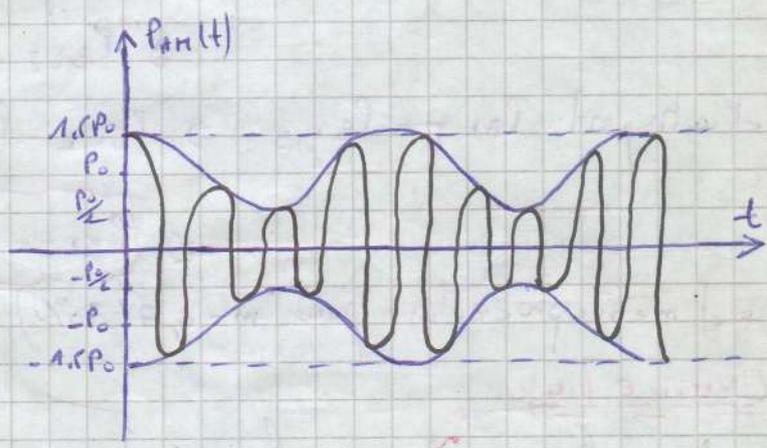
Donc: $s(t) = S \cos \Omega t$
 $p(t) = P_0 \cos \omega t \Rightarrow P_{AM}(t) = P_0(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t$ avec: $m = \frac{S}{P_0}$

1) // * $m = 0 \Rightarrow P_{AM}(t) = P_0 \cos \omega t$



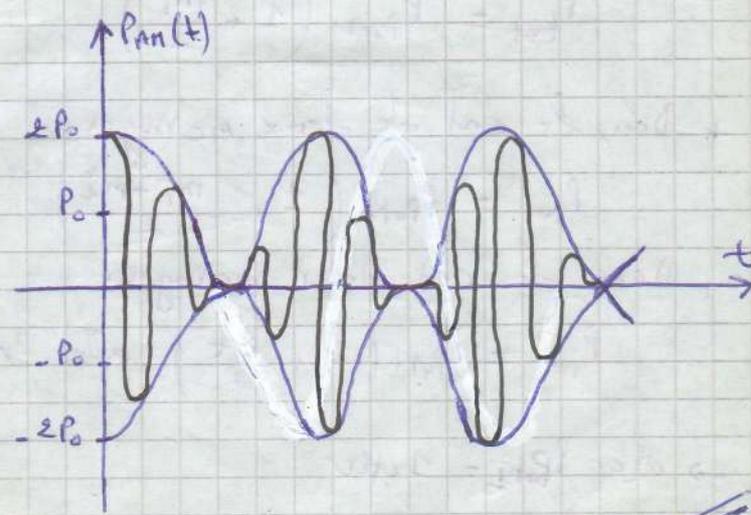
* $m = \frac{1}{2} \Rightarrow P_{AM}(t) = P_0(1 + \frac{1}{2} \cos \Omega t) \cos \omega t$

donc: $P_{AM_{max}}(t) = P_0(1 + m) = \frac{3}{2} P_0 \cos \omega t$
 $P_{AM_{min}}(t) = P_0(1 - m) = \frac{1}{2} P_0 \cos \omega t$



* $m = 1 \Rightarrow P_{AM}(t) = P_0(1 + \cos \Omega t) \cos \omega t$

donc: $P_{AM_{max}}(t) = 2P_0 \cos \omega t$
 $P_{AM_{min}}(t) = 0$



$$2) P_0 \leq 1,55 \Rightarrow \frac{5}{P_0} > 1,5$$

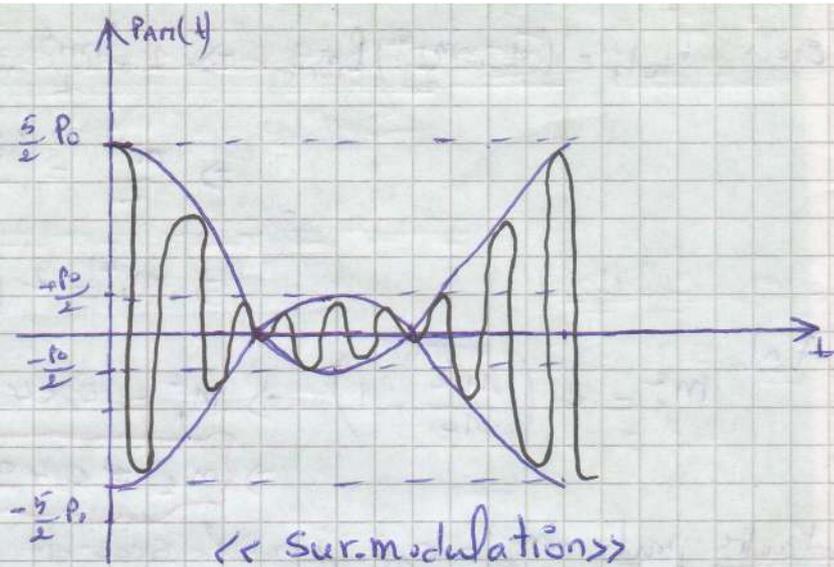
$$\Rightarrow m > 1,5$$

$$P_{\text{ant}}(t) = P_0 (1 + m \cos \omega t) \cos \omega t$$

$$\Rightarrow P_{\text{ant}}(t) = P_0 \left(1 + \frac{3}{2} \cos \omega t\right) \cos \omega t$$

$$P_{\text{ant}}(t)_{\text{max}} = \frac{5}{2} P_0 \cos \omega t$$

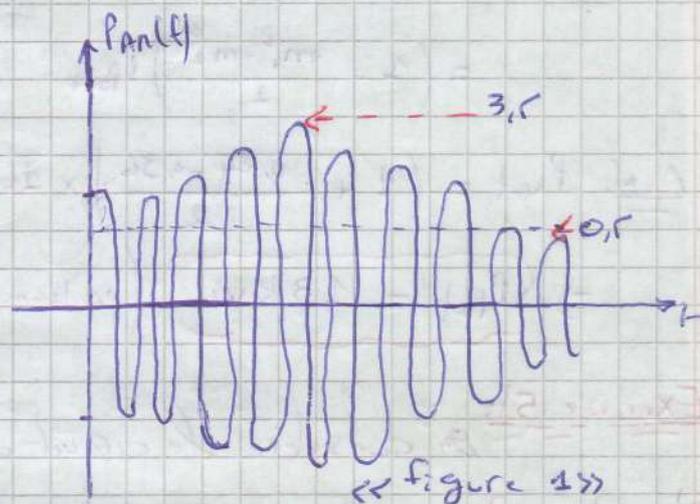
$$P_{\text{ant}}(t)_{\text{min}} = -\frac{1}{2} P_0 \cos \omega t$$



Exercice (02):

$$\text{on a: } \begin{cases} f = 200 \text{ KHz} \\ F = 5 \text{ KHz} \\ P_{\text{tot}} = 100 \text{ kW} \end{cases}$$

a) les fréquences contenues dans le signal modulé sont: 200 KHz , 195 KHz , 205 KHz
 (f) ($f-F$) ($f+F$)



b) la bande de fréquence du signal modulé:

$$\text{on a: } B = (f+F) - (f-F) = 2F$$

$$\Rightarrow B = 2 \times 5 \Rightarrow B = 10 \text{ KHz}$$

c) le pourcentage de modulation:

$$m = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{E_{\text{max}} + E_{\text{min}}}, \text{ d'après la fig 1, on remarque que: } E_{\text{max}} = 3,5 \text{ et } E_{\text{min}} = 0,5$$

$$\text{donc: } m = \frac{3,5 - 0,5}{3,5 + 0,5} = \frac{3}{4} \Rightarrow m = 0,75$$

d) le pourcentage de la modulation = 75%

e) la puissance contenue dans la porteur:

$$\text{on a: } P_{\text{tot}} = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) P_{\text{ant}} \Rightarrow P_{\text{ant}} = \left(\frac{1}{1 + \frac{m^2}{2}}\right) P_{\text{tot}}$$

$$= \left(\frac{2}{2 + m^2}\right) P_{\text{tot}} = \left(\frac{2}{2 + (0,75)^2}\right) \times 100$$

$$\text{donc: } P_{\text{port}} = 78 \text{ kW}$$

e) La puissance contenue dans chacune des bandes latérales:

$$P_{B.L.I} + P_{B.L.S} + P_{Port} = P_{tot} \Rightarrow P_{B.L.I} + P_{B.L.S} = P_{tot} - P_{Port}$$

$$P_{B.L.I} = P_{B.L.S} = \frac{P_{tot} - P_{Port}}{2} \Rightarrow P_{B.L.I} = P_{B.L.S} = \frac{100 - 78}{2}$$

$$\Rightarrow P_{B.L.I} = P_{B.L.S} = 11 \text{ kW}$$

Exercice (03):

ona: $m = 1 \Rightarrow P_{Port}(t) = P_0 (1 + \cos t) \cos \omega t$

donc: $P_{tot} = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) P_{Port} \Rightarrow P_{Port} = \left(\frac{1}{1 + \frac{m^2}{2}}\right) P_{tot}$

$$\Rightarrow P_{Port} = \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2}}\right) \times 100 \text{ W}$$

$$\Rightarrow P_{Port} = 66,66 \text{ W}$$

* puissance des deux B.L:

$$P_{tot} = P_{Port} + P_{B.L.I} + P_{B.L.S} \Rightarrow P_{B.L.I} + P_{B.L.S} = P_{tot} - P_{Port}$$

$$\Rightarrow P_{B.L.I} + P_{B.L.S} = 100 \text{ W} - 66,66 \text{ W} = 33,34 \text{ W}$$

d'autre part: $P_{B.L.I} = P_{B.L.S} \Rightarrow P_{B.L.I} = P_{B.L.S} = \frac{33,34}{2}$

$$\Rightarrow P_{B.L.I} = P_{B.L.S} = 16,67 \text{ W}$$

* même procédure pour $m = 0,7$ (70%)

Exercice (04):

* Dans le cas d'un seul message:

$$P_{tot} = P_{Port} \left(1 + \frac{m_1^2}{2}\right)$$

* Dans le cas de deux messages:

$$P_{tot} = P_{Port} \left(1 + \frac{m_1^2 + m_2^2}{2}\right)$$

* Dans le cas de n messages:

$$P_{tot} = P_{Port} \left(1 + \frac{M^2}{2}\right), \text{ avec: } M^2 = m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2$$

\rightarrow ona: $P_{Port} = 10 \text{ kW}$

$$P_{tot} = 11,2 \text{ kW}$$

acc: $P_{tot1} = \left(1 + \frac{m_1^2}{2}\right) P_{Port} \Rightarrow 1 + \frac{m_1^2}{2} = \frac{P_{tot1}}{P_{Port}}$
 $\Rightarrow \frac{m_1^2}{2} = \left(\frac{P_{tot1}}{P_{Port}} - 1\right)$
 $\Rightarrow m_1^2 = 2 \left(\frac{P_{tot1}}{P_{Port}} - 1\right)$

A.N: $m_1^2 = 2 \left(\frac{11,2}{10} - 1\right) \Rightarrow m_1^2 = 0,24$
 $\Rightarrow m_1 = 0,49$

d'autre part: $m_2 = 0,6$ pour la seconde onde modulée

alors: $P_{tot} = \left(1 + \frac{m_1^2}{2}\right) P_{Port} ; m_1^2 = m_1^2 + m_2^2$
 $= \left(1 + \frac{m_1^2 + m_2^2}{2}\right) P_{Port}$

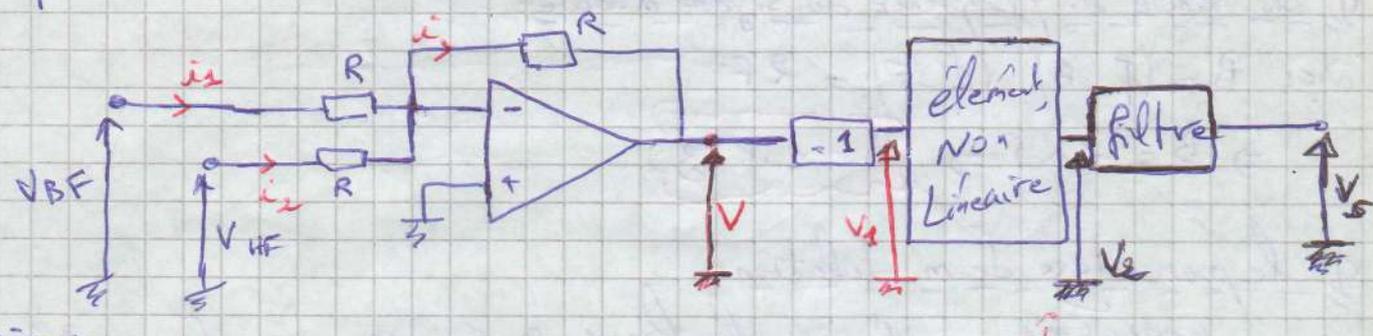
A.N: $P_{tot} = \left(1 + \frac{0,24 + 0,36}{2}\right) \times 10 \text{ Kw}$

$\Rightarrow P_{tot} = 13 \text{ Kw}$ (puissance de transmission totale; sur les deux messages).

Exercice 5:

on considère le circuit de la figure (2):

1) $V_1 = ?$ pour: $V_{BF} = S \cos \omega t$ et $V_{HF} = V_0 \cos \omega t$



acc: $i^+ = i^- = 0$

donc: $i = i_1 + i_2$

$V^+ = V^- = 0 \Rightarrow \begin{cases} V_{BF} = R i_1 \\ V_{HF} = R i_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = \frac{V_{BF}}{R} \\ i_2 = \frac{V_{HF}}{R} \end{cases}$

d'autre part: $V = -R i$

$= -R(i_1 + i_2) = -R \left(\frac{V_{BF}}{R} + \frac{V_{HF}}{R} \right)$

$\Rightarrow V = -(V_{BF} + V_{HF})$

acc: $V_1 = -V \Rightarrow V_1 = V_{BF} + V_{HF}$

$\Rightarrow V_1 = S \cos \omega t + V_0 \cos \omega t$

$$\frac{d}{dt} V_2 = ?$$

V_2 est la sortie d'un élément non linéaire: $V_2 = a_1 V_1 + a_2 V_1^2$

$$\begin{aligned} \text{d'où: } V_2 &= a_1 (S \cos \omega t + V_0 \cos \omega t) + a_2 (S \cos \omega t + V_0 \cos \omega t)^2 \\ &= a_1 (S \cos \omega t + V_0 \cos \omega t) + a_2 (S^2 \cos^2 \omega t + 2SV_0 \cos \omega t \cos \omega t + V_0^2 \cos^2 \omega t) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \cos^2 a = \frac{1 + \cos 2a}{2} \\ \cos a \cos b = \frac{\cos(a-b) + \cos(a+b)}{2} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= a_1 (S \cos \omega t + V_0 \cos \omega t) + a_2 S^2 \left(\frac{1 + \cos 2\omega t}{2} \right) + a_2 V_0^2 \left(\frac{1 + \cos 2\omega t}{2} \right) \\ &\quad + a_2 S V_0 [\cos(\omega - \omega)t + \cos(\omega + \omega)t] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{a_2 (S^2 + V_0^2)}{2} + a_1 S \cos \omega t + \frac{a_2 S^2}{2} \cos 2\omega t + \frac{a_2 V_0^2}{2} \cos 2\omega t + a_1 V_0 \cos \omega t \\ &\quad + a_2 S V_0 \cos(\omega - \omega)t + a_2 S V_0 \cos(\omega + \omega)t \end{aligned}$$

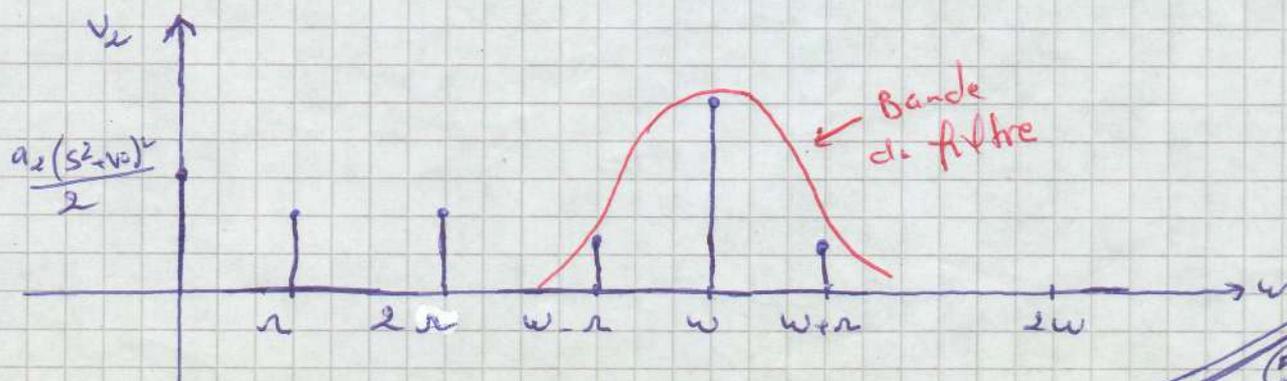
3) La nature du filtre pour obtenir une modulation d'amplitude?

après modulation: $P_{\text{ant}}(t) = P_0 \cos \omega t + \frac{S P_0}{2} \cos(\omega - \omega)t + \frac{S P_0}{2} \cos(\omega + \omega)t$
donc pour avoir cette expression en V_2 il faut utiliser un filtre passe bande pour éliminer les autres termes (autres fréqs).

$$\begin{aligned} \text{d'où: } V_S &= a_1 V_0 \cos \omega t + a_2 S V_0 \cos(\omega - \omega)t + a_2 S V_0 \cos(\omega + \omega)t \\ &= a_1 V_0 \cos \omega t + a_2 S V_0 \{ 2 \cos \omega t \cos \omega t \} \\ &= [a_1 V_0 + 2 a_2 S V_0 \cos \omega t] \cos \omega t \\ &= a_1 V_0 \left[1 + \frac{2 a_2 S}{a_1} \cos \omega t \right] \cos \omega t \end{aligned}$$

$$V_S = a_1 V_0 [1 + m \cos \omega t] \cos \omega t \rightarrow \text{signal modulé en amplitude}$$

$$\text{avec: } m = \frac{2 a_2 S}{a_1}$$



Exercice (06):

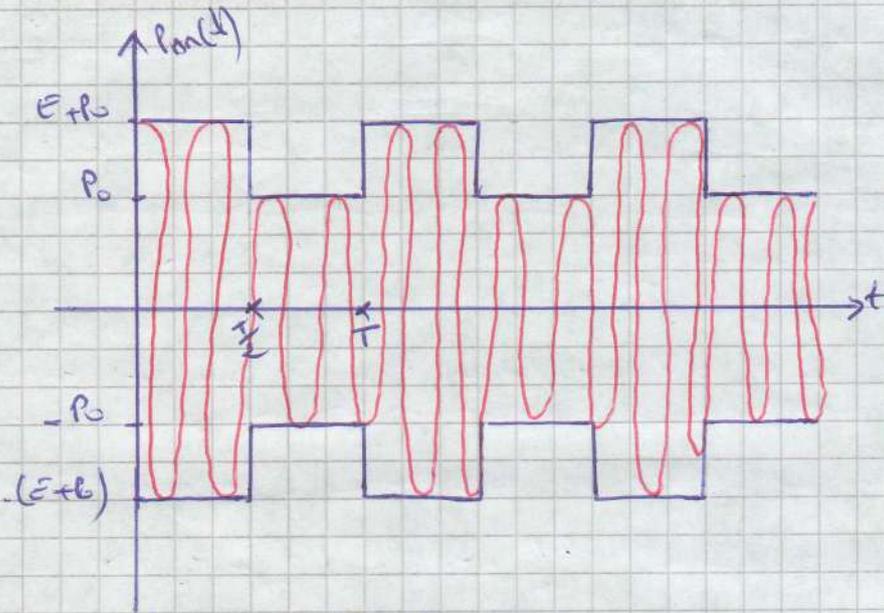
$$\text{Don: } s(t) = \begin{cases} E & \text{pour } 0 < t < \frac{T}{2} \\ 0 & \text{pour } \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

* L'amplitude de la porteuse est supérieure à E .

1) Représentation temporelle du signal modulé:

$$\text{Don: } p_{\text{an}}(t) = (P_0 + s(t)) \cos \omega t$$

$$*) p_{\text{an}}(t) = (P_0 + E) \cos \omega t \text{ avec } 0 < t < \frac{T}{2}$$



$$*) p_{\text{an}}(t) = P_0 \cos \omega t \text{ avec } \frac{T}{2} < t < T$$

2) La représentation spectrale du signal modulé:

$$\text{Don: } p_{\text{an}}(t) = \begin{cases} (P_0 + E) \cos \omega t & \text{si } 0 < t < \frac{T}{2} \\ P_0 \cos \omega t & \text{si } \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

