CONTROLE TELECOM n°1

MODULATION ANALOGIQUE.

Le contrôle d'une durée de 2h00 se découpe en quatre exercices distincts. Le premier noté sur 8 points concerne un rappel de cours. Ne recopiez par les questions, sur votre copie notez le numéro de la question seulement.

L'exercice 2 concerne la modulation d'amplitude (9 points), l'exercice 3 porte sur la modulation angulaire (9 points). L'exercice 4 est une application pratique sur la modulation d'amplitude et angulaire (12 points). Vous pouvez répondre à certaines questions sans savoir faire les questions précédentes.

2 points seront réservés à la clarté de vos propos et à la propreté de votre devoir

Exercice 1 : Question de cours

1. Qu'appelle t'on (ou que représente) l'enveloppe d'un signal modulé?

L'enveloppe du signal modulé représente la valeur absolue de l'amplitude du signal modulé.

2. Une onde acoustique est elle une onde matérielle ou une onde électromagnétique (EM)?

IL s'agit d'une onde matérielle

3. Le bruit EM est il plus élevé en haute fréquence ou en basse fréquence ?

La puissance du bruit évolue en fonction de la fréquence selon la loi 1/f. Plus la fréquence est élevée plus la puissance de bruit est faible.

4. Quelle différence existe-t-il entre une transmission d'un signal en bande de base et une transmission d'un signal modulé.

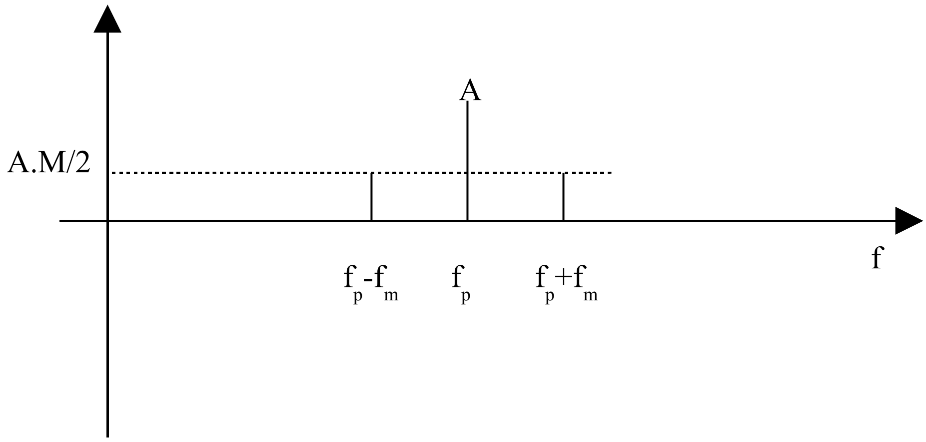
Le signal en bande de base est transmis tel quel, avec éventuellement un filtrage ou une mise en forme. On ne déplace pas son spectre

Le signal modulé est transmis autour d'une fréquence porteuse, son spectre est déplacé.

5. Soit m(t) le signal d'information en bande de base. On suppose $m(t) = M.\sin(2\pi f_m t + \theta_m)$.

La porteuse s'écrit de la manière suivante $v(t) = A\sin(2\pi ft + \theta)$.

Représenter le spectre du signal modulé en amplitude autour d'une fréquence f_p



6. Quel peut être l'intérêt d'utiliser une modulation d'amplitude sans porteuse par rapport à une modulation d'amplitude avec porteuse ?

   Moins de puissance à émettre

7. Lister trois avantages d'une modulation d'amplitude classique avec m<1

Modulation simple a réaliser, démodulation par détecteur d'enveloppe facile a mettre en place
Modulation permet de s'adapter au support de transmission et si f est élevé, d'être moins sensible au bruit.

8. Qu'est ce qu'une BLU ?
   Bande Latérale Unique : Je ne transmet qu'une bande du signal modulé, en supprimant soit la bande basse (USB) ou la bande haute du signal modulé (LSB). Les deux bandes étant symétriques, elles portent la même information. Je transmets ainsi moins de puissance.

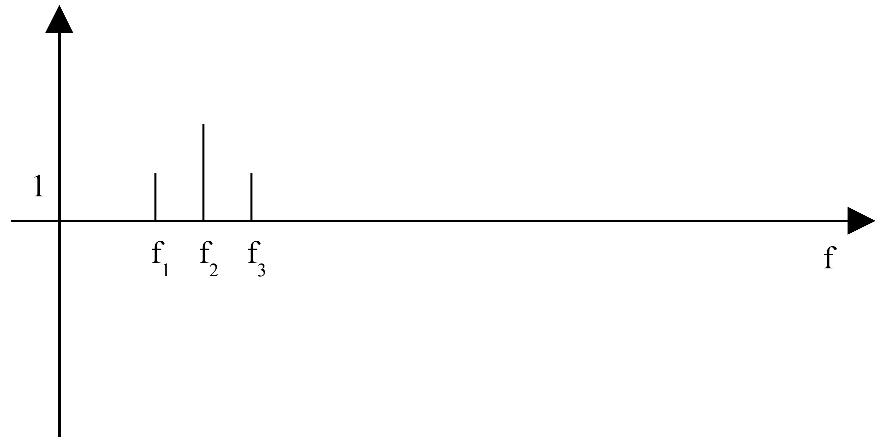
<u>Exercice 2 : Modulation Analogique d'amplitude (Temps estimé 15 mn)</u>

On souhaite transmettre un signal m(t) composé de trois fréquences : 440 Hz d'amplitude 1 volt, 560 Hz d'amplitude 2 volts et 680 Hz d'amplitude 1 volt. Il s'agit du signal d'information.
Ce signal sera modulé autour d'une porteuse pour être transmise via une antenne ¼ onde de longueur 30 cm.

1. Ecrire l'équation mathématique temporelle du signal modulant.

$m(t) = 1\sin(2\pi f_1 t) + 2\sin(2\pi f_2 t) + 1\sin(2\pi f_3 t)$
avec f_1=440 Hz, f_2=560 Hz et f_3=680 Hz

2. Représenter par une figure le spectre du signal modulant



3. Calculer la fréquence porteuse adaptée à l'antenne.

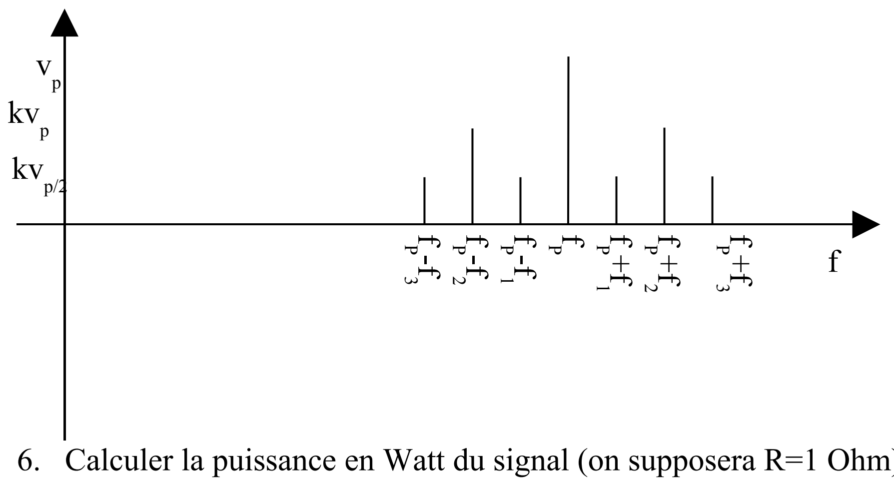
$$d = \lambda / 4 \quad et \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \quad f = c/(4d) = 250MHz$$

4. On va supposer que la fréquence porteuse est f_p. La porteuse s'écrit : $v(t) = V_p \sin(2\pi f_p t)$.

Ecrire l'équation mathématique temporelle du signal modulé (on donnera l'expression mathématique développée de s(t), signal modulé).

$$s(t) = V_p\left[1 + k*\left(1\sin(2\pi f_1 t) + 2\sin(2\pi f_2 t) + 1\sin(2\pi f_3 t)\right)\right]\sin(2\pi f_p t)$$

5. Tracer le spectre du signal modulé.



6. Calculer la puissance en Watt du signal (on supposera R=1 Ohm). On prendra Vp=3.

$$Puissance = \frac{1}{2}\left[V_p^2 + 2*\left(\frac{\text{kvp}}{2}\right)^2 + 2*(\text{kvp})^2\right]$$, pour k=1 on a :

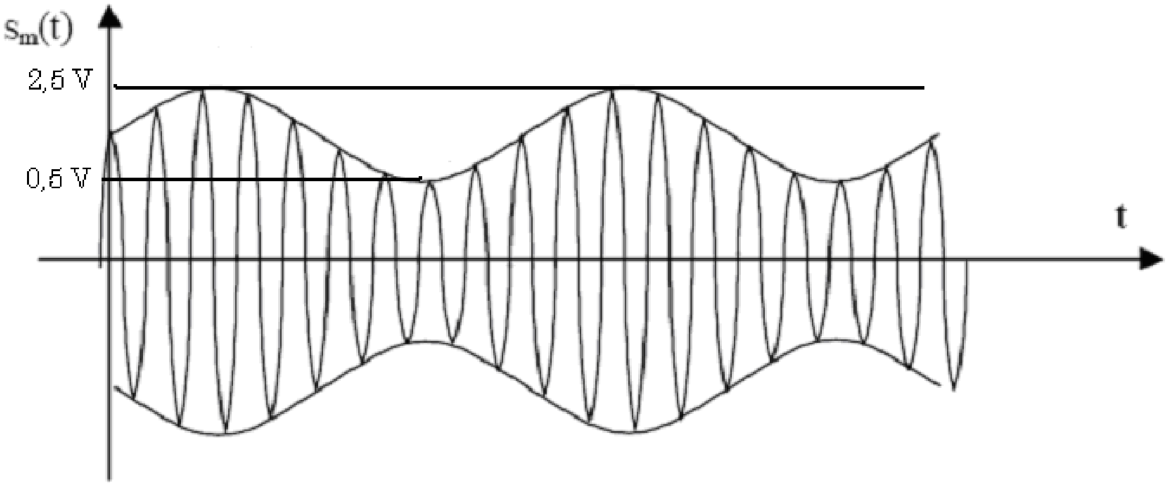
P=0.5*(9+2*(9/4)+2*9)=0.5*(31,5)=15,75 W

7. Calculer la puissance en dB.

   P=10*log10(Pw)=12 dB

Exercice 3 : Modulation Analogique d'amplitude

Un signal modulé en amplitude est représenté sur la figure ci-dessous. Il s'agît d'une modulation d'amplitude. Le signal porteur est à f_0 = 100 kHz.



Signal modulé

1 – A partir de la figure, calculez la fréquence du signal modulant. Expliquez votre raisonnement.

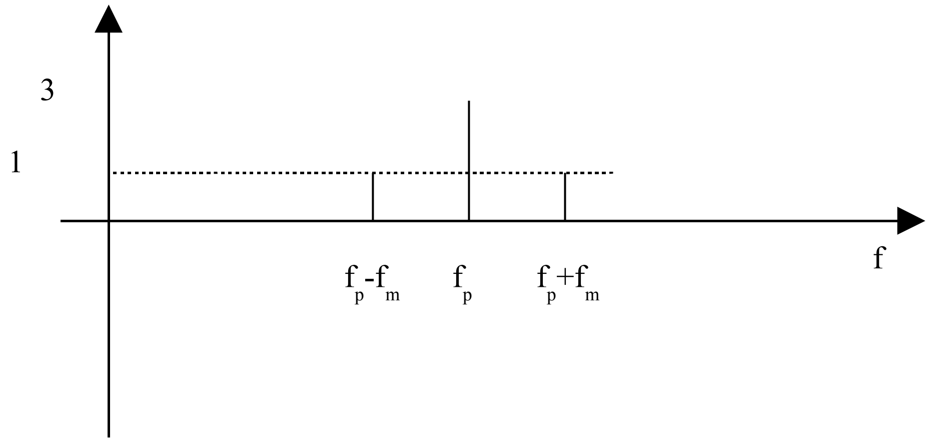
On calcule 10 périodes de la porteuse par période du signal modulant. Donc f_m=10 kHz

2 – On va supposer que la fréquence du signal modulant est de 10 kHz
A partir de la figure, calculer l'amplitude de l'onde porteuse et de l'onde modulante.
Quel est le taux de modulation ?

L'amplitude de la porteuse correspond à la valeur moyenne de l'enveloppe (cf. formule) soir 1,5 Volt.
L'amplitude AC de l'enveloppe (donc autour Sp=1,5 V) est de 1 volt.

On aurait aussi pu utiliser les formules du cours : Sp(1+m)=2,5 et Sp(1-m)=0,5.
Le taux de modulation est m=2/3 (cf. formule cours)

3 – Représentez le spectre du signal modulé $s_m(t)$. Quelle est la bande de fréquence occupée ?



4 – Calculez la puissance contenue dans la porteuse (on suppose que la puissance est mesurée au borne d'une antenne résistive de 50Ω) ; la puissance contenue hors de la porteuse.

Puissance porteuse = V²/(2R)=9/100=0,09 Watt
Puissance hors porteuse = 2*1²/(2R)=2/100=0,02 Watt

5 – Représentez l'allure du spectre si cette fois-ci le signal modulant est un signal carré.

Cf. TD

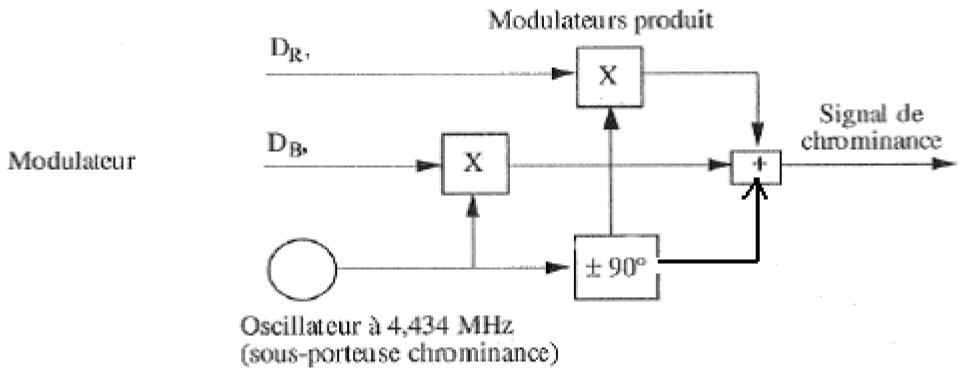
6 – Pour récupérer le modulant, va-t-on réaliser une démodulation cohérente ou non cohérente? Justifier

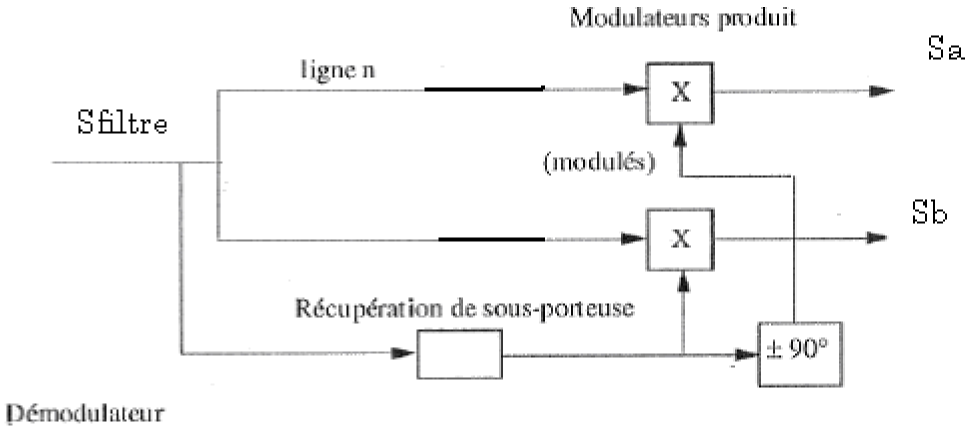
Non cohérente car m<1 on peut récupérer l'enveloppe par détecteur de crête.

Exercice 4 : Application à la modulation Analogique d'amplitude sur le signal TV

Soit le synoptique suivant, représentant les signaux de la télévision analogique.

On suppose que l'oscillateur délivrer un signal sinusoïdale pur (pas de phase). On nommera fp=4,434 MHz





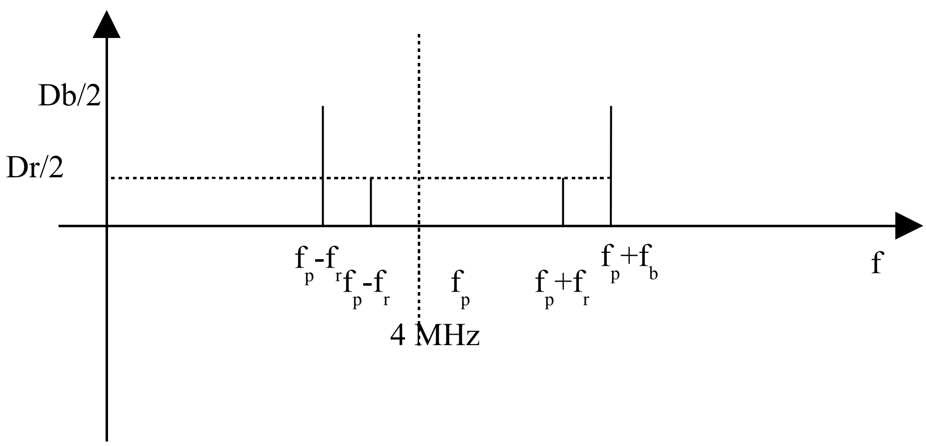
On considère que : $D_r(t) = D_r \sin(2\pi f_r t)$ et que $D_b(t) = D_b \sin(2\pi f_b t)$
avec f_r=600 kHz et f_b=900 kHz

1. Ecrire l'équation mathématique du signal chrominance.

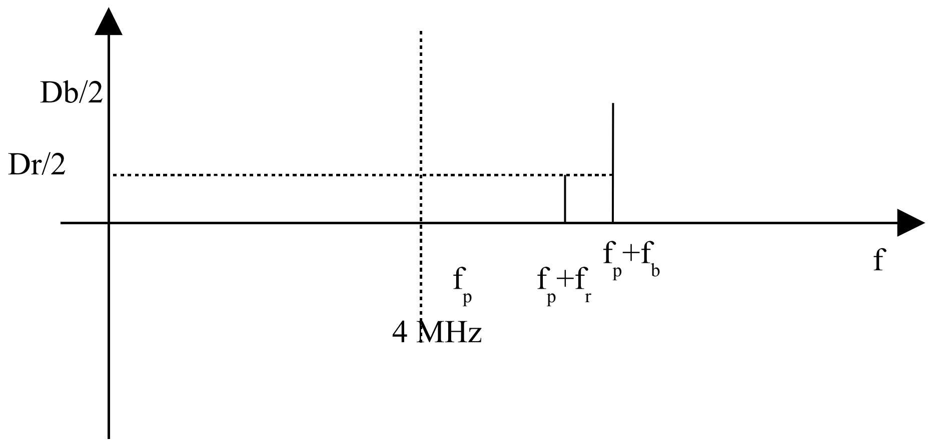
Schrominance= $D_r(t) * \cos(2\pi f_p t) \pm D_b(t) * \cos(2\pi f_p t + \pi / 2)$ le π/2 provient du déphasage de +/- 90° de la porteuse.

$$Schrominance = D_r \sin(2\pi f_r t) * \cos(2\pi f_p t) \pm D_b \sin(2\pi f_b t) * \cos(2\pi f_p t + \pi / 2)$$

2. Représenter son spectre.



3. On supprime les fréquences situées au **dessous** de 4 MHz du signal chrominance, représenter le spectre du signal résultant. Soit S_{filtre}, le signal correspondant.



4. Ecrire l'équation mathématique du signal $S_{filtre}(t)$.

$$Schrominance = D_r \sin(2\pi (f_r + f_p)t) \pm D_b \sin(2\pi (f_b + f_p)t)$$

5. Comment s'appelle cette modulation ?
BLU
6. Calculez les fréquences images de Dr et Db

Fi,r=2fp+fr=9,468 MHz
Fi,b=2fp+fb=9,768 MHz

Le bloc récupération de la sous porteuse est constitué d'un filtre sélectif permettant de ne récupérer que la fréquence à 4,434 MHz
On suppose que $Sf_{iltre}(t) = D_1 \sin(2\pi f_1 t) + D_2 \sin(2\pi f_2 t)$

7. Calculer Sa et Sb si $f_1=f_r+4{,}434$ MHz et $f_2=f_b+4{,}434$ MHz. Faites l'application numérique

$$Sf_{iltre}(t) = D_1 \sin(2\pi f_1 t) + D_2 \sin(2\pi f_2 t)$$
$$S_a(t) = [D_1 \sin(2\pi f_1 t) + D_2 \sin(2\pi f_2 t)] * \sin(2\pi f_1 t) = D_1 \sin(2\pi f_1 t)^2 + D_2 \sin(2\pi f_1 t)\sin(2\pi f_2 t)$$
$$S_a(t) = 0{,}5 * D_1 - 0{,}5 * \cos(4\pi f_1 t) + \frac{D_2}{2}[\cos(2\pi (f_1 + f_2)t) - \cos(2\pi (f_1 - f_2)t)]$$

Idem pour Sb

$$S_b(t) = 0{,}5 * D_2 - 0{,}5 * \cos(4\pi f_2 t) + \frac{D_1}{2}[\cos(2\pi (f_1 + f_2)t) - \cos(2\pi (f_1 - f_2)t)]$$

8. Tracer le spectre de Sa et de Sb
C'est connu maintenant.
9. A partir de l'expression de Sa et Sb, peut on récupérer Dr et Db ? Si oui, expliquer comment.
Par un filtre passe bas.

ANNEXE

Table Série de Fourier.

Tout signal s(t) continu périodique, de période T = 1/f s'écrit de la manière suivante :

$s(t)= a_0+a_1\cos(2\pi ft)+ a_2\cos(2*2\pi ft)+ a_3\cos(3*2\pi ft)+\ldots a_n\cos(n*2\pi ft)+\ldots$
$+b_1\cos(2\pi ft)+ b_2\cos(2*2\pi ft)+ b_3\cos(3*2\pi ft)+\ldots b_n\cos(n*2\pi ft)+\ldots$

Avec :

s(t)	Coefficients de Fourier
$V\sin(2\pi ft)$	$a_i=0$; pour tout i $b_1=V$, $b_i=0$
$V\cos(2\pi ft)$	$a_0=0$, $a_1=V$, $a_i=0$; pour tout i $b_i=0$; pour tout i
Carré d'amplitude V (pair) de tension continue A	$a_0=A$, $a_1=4*V/(i\pi)$, i impair $a_i=0$, i pair $b_i=0$; pour tout i
Triangulaire d'amplitude V de tension continue A	$a_0=A$, $a_1=\pi V/(4i^2)$, i impair $a_i=0$, i pair $b_i=0$; pour tout i

Relation Trigonométrique.

$$\cos(A+B) = \cos(A)\cos(B) - \sin(A)\sin(B)$$
$$\cos(A-B) = \cos(A)\cos(B) + \sin(A)\sin(B)$$
$$\sin(A+B) = \cos(A)\sin(B) + \sin(A)\cos(B)$$
$$\sin(A-B) = \cos(A)\sin(B) - \sin(A)\cos(B)$$

Donc $\cos(A)\cos(B)=1/2[\cos(A+B)+\cos(A-B)]$
$\sin(A)\sin(B)=1/2[\cos(A+B)-\cos(A-B)]$
$\cos(A)\sin(B)=1/2[\sin(A+B)+\sin(A-B)]$