Contrôle R&T 1ère année le 23 octobre 2006

CONTROLE TELECOM n°2

MODULATION ANALOGIQUE.

Le contrôle d'une durée de 1h30 se découpe en trois exercices distincts.

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

Exercice 1 : Modulation Analogique d'amplitude (Temps estimé 15 mn)

Les questions sont indépendantes

1. Moduler un signal consiste à modifier l'un des trois paramètres de la porteuse avec ce signal. Notons m(t), le signal à transmettre. La porteuse est un signal sinusoidale, d'amplitude V_p et de fréquence f_p. Ecrivez la formule du signal ainsi modulé. (1 point)

2. Parmi les courbes suivantes, quels sont les signaux modulés en amplitudes. (1 point). Vous expliciterez vos choix

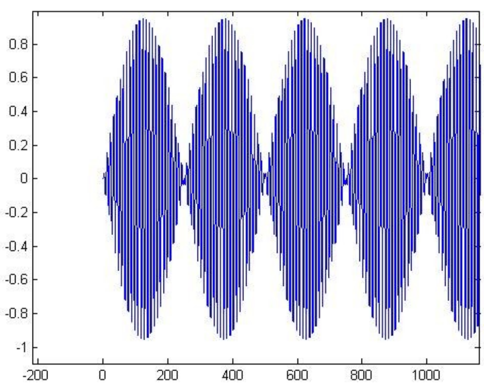


Figure 1

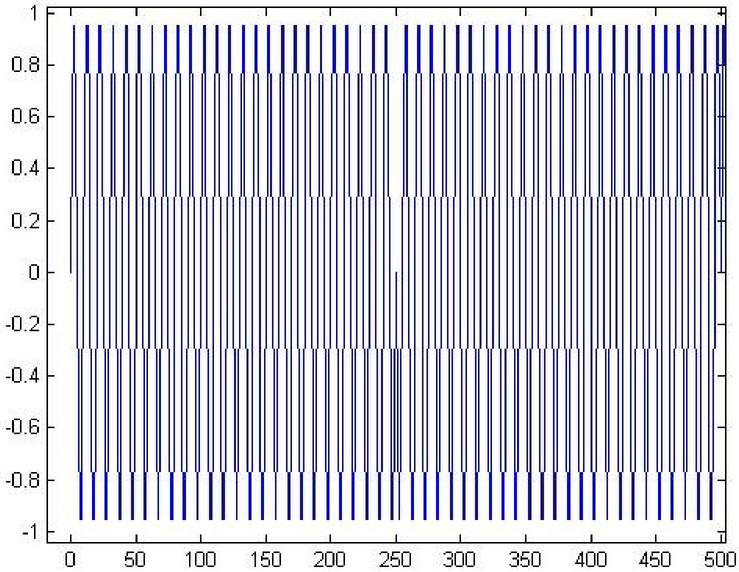


Figure 4

3. On zoome maintenant chaque figure. Vous déterminerez de plus la fréquence de la porteuse pour chaque signal modulé et caractériserez le modulant parmi la liste suivante : signal sinusoïdal, carré, triangulaire, ou autre. (3 point). La base de temps est en ms

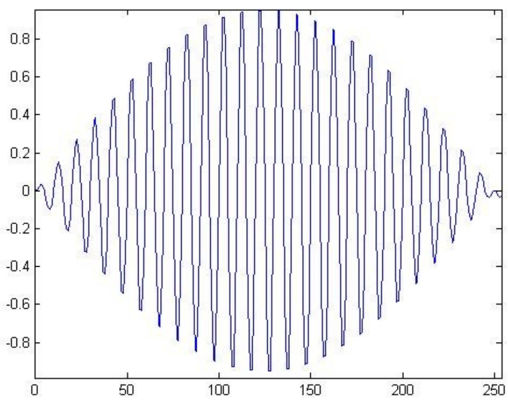


Figure 1

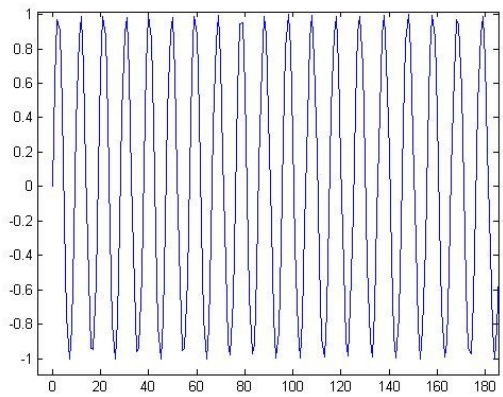


Figure 2

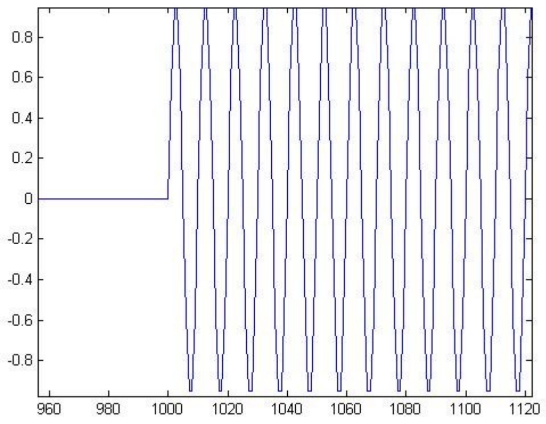


Figure 3

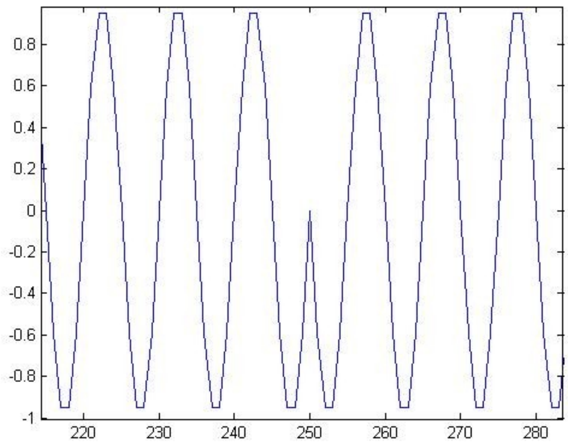
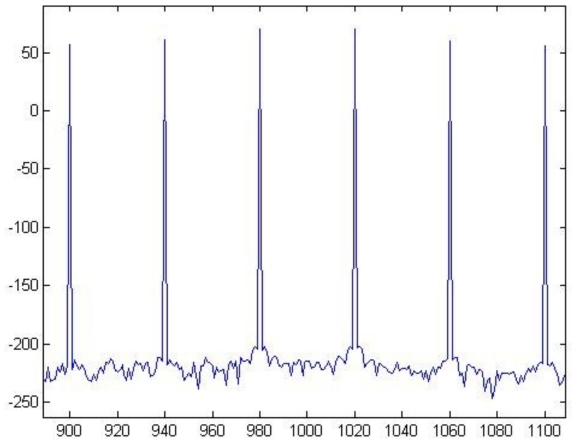


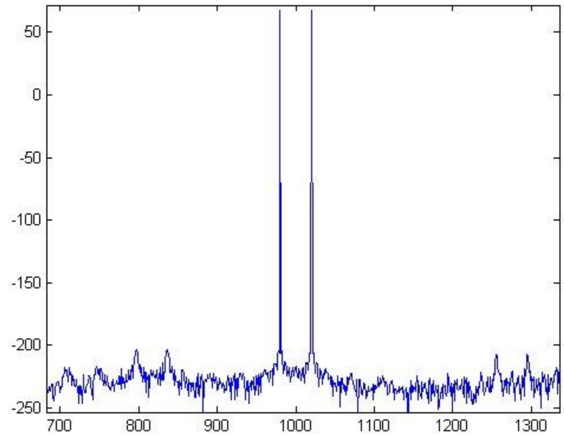
Figure 4

Figure 1 : Modulation amplitude sinus
Figure 2 : Modulation Angulaire sinus
Figure 3 : Modulation amplitude carre unilateral
Figure 4 : Modulation Amplitude carre bilateral

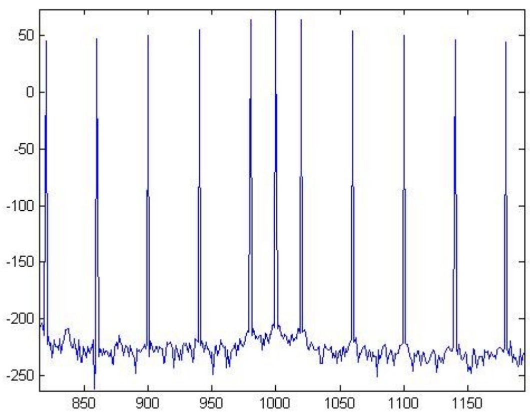
4. Faites correspondre le signal modulé à son spectre parmi la liste suivante.

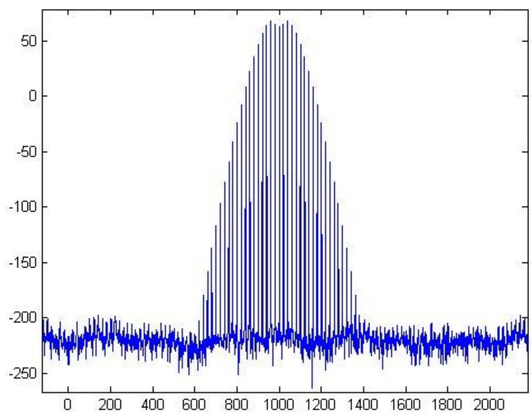


Spectre 1



Spectre 2





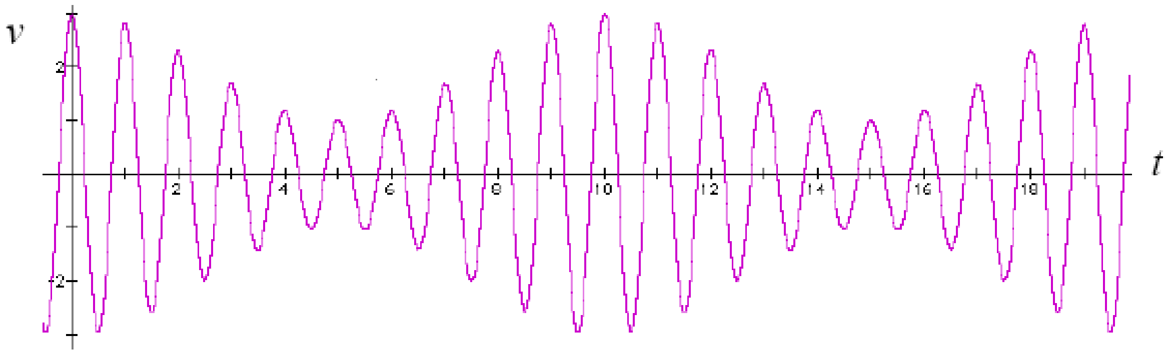
Spectre 3	Spectre 4

Spectre 2 : Modulation amplitude sinus
Spectre : Modulation Angulaire sinus
Spectre 3 : Modulation amplitude carre unilateral
Spectre 1 : Modulation Amplitude carre bilateral

<u>Exercice 2 : Modulation d'amplitude (8 points) 30 mn</u>

1. On souhaite moduler l'amplitude d'une porteuse de fréquence fp=10 kHz par un signal sinusoidal de 100 Hz, d'amplitude 1 volt. Ecrire l'expression mathématique du signal modulé. (1 point)

2. Soit la modulation d'amplitude suivante (7 points):



2.1 – Retrouvez l'expression de l'onde porteuse non modulée et de l'onde modulante. Quel est le taux de modulation ?
2.2 – Représentez le spectre du signal modulé sm(t). Quelle est la bande de fréquence occupée ?
2.3 – Calculez la puissance contenue dans la porteuse (sur 50Ω) ; la puissance contenue hors de la porteuse.
2.4 – Représentez l'allure du spectre si cette fois-ci le signal modulant est un signal carré.

Cet exercice est tiré du TD n°2. La solution a été donnée en TD

<u>Exercice 3 : Modulation FM (14 points)</u>

<u>A./ Etude de la modulation :</u>

A1./ Exprimer $\theta_{(t)}$ en fonction de Ω_p, k, V_i, ω_i. On supposera que $\theta_0 = 0$.

$$\theta_{(t)} = \int 2\pi f_p dt + \int 2\pi k v_i dt$$

$$\boxed{\theta_{(t)} = \Omega_p \cdot t + \frac{kV_i}{f_i} \sin \omega_i t}$$

A2./ Montrer que Vm peut se mettre sous la forme :

$$v_m = V_p \cos\left(\Omega_p t + \frac{KV_i}{f_i}\sin\omega_i t\right)$$

$$\boxed{v_m = V_p\left[\cos\Omega_p t\cdot\cos(m\sin\omega_i t) - \sin\Omega_p t\cdot\sin(m\sin\omega_i t)\right]}$$

A3./ Calculer la puissance transmise

$$\boxed{P = \frac{V_p^2}{2R}}$$

A4./ m<<1 :

$$\cos(m\sin\omega_i t) = 1$$

$$\sin(m\sin\omega_i t) = m\sin\omega_i t$$

$$v_m = V_p\left(\cos\Omega_p t - m\sin\Omega_p t\sin\omega_i t\right)$$

$$\boxed{v_m = V_p\cos\Omega_p t - \frac{mV_p}{2}\cos(\Omega_p - \omega_i)\cdot t + \frac{mV_p}{2}\cos(\Omega_p + \omega_i)\cdot t}$$

A5./ Tracer, sur le document réponse 1, le spectre en fréquence :

voir document réponse 1.

Quelle doit être la largeur du canal pour transmettre ce signal modulé ?

Largeur de bande 20KHz comme en AM.

A6.1./ Décomposer l'expression de $v_{M(t)}$ en fonction des différentes valeurs de J et en déduire la fréquence des différentes composantes de ce signal.

$$v_m = V_p\left[\cos\Omega_p t\left(J_0 + \sum_{npair}^{\infty} 2J_n\cos n\omega_i t\right) - \sin\Omega_p t\left(\sum_{nimpait}^{\infty} 2J_n\sin n\omega_i t\right)\right]$$

ce qui donne : $J_0 V_P \cos\Omega_p t$ un terme en f_p

pour n pair :

$$2V_p J_n\cos\Omega_p t\cos n\omega_i t \rightarrow V_p J_n\left[\cos(\Omega_p + n\omega_i)\cdot t + \cos(\Omega_p - n\omega_i)\cdot t\right]$$

un terme en $(f_p+n.f_i)$et un terme en $(f_p-n.f_i)$

pour n impair : on retrouve également un terme en$(f_p+n.f_i)$et un terme en $(f_p-n.f_i)$

le tableau donne des valeurs jusque J_{11}. On obtient donc une raie pour :

f_p / $f_p \mp f_i$ / $f_p \mp 2f_i$ / $f_p \mp 3f_i$ / $f_p \mp 4f_i$ / ………/ $f_p \mp 11f_i$.

A6.2./ Tracer sur le document réponse 1 le spectre en fréquence du signal modulé. En déduire la largeur du canal occupée par le spectre tracé.

voir document réponse 1

Les raies significatives vont jusqu'à J9 ce qui donne une largeur de canal de 180 KHz.

A7.1./ que peut-on dire sur le nombre de termes supérieurs à 0,1 en fonction de m.

sur le tableau les termes supérieurs à 0,1 sont toujours pour n = (m + 1).

A7.2./ Donner alors une valeur approchée de la bande passante du canal de transmission. Application numérique.

$\boxed{B = 2(m+1)f_i}$ application numérique B = 140 KHz.

A7.3./ Calculer la puissance transmise par l'ensemble de ces termes pour m=6. Conclure.

$\boxed{P = \frac{V_p^2}{2R}\left(J_0^2 + 2J_1^2 + 2J_2^2 + ...\right)}$ application numérique : $\boxed{P = 0{,}9924\frac{V_p^2}{2R}}$

Il n'y a que peu de puissance dans les autres composantes du spectre. La bande passante peut donc être bien définie.

ANNEXE

Table Série de Fourier.

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

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

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