



Université Mohamed V

Faculté des Sciences

Rabat - Agdal

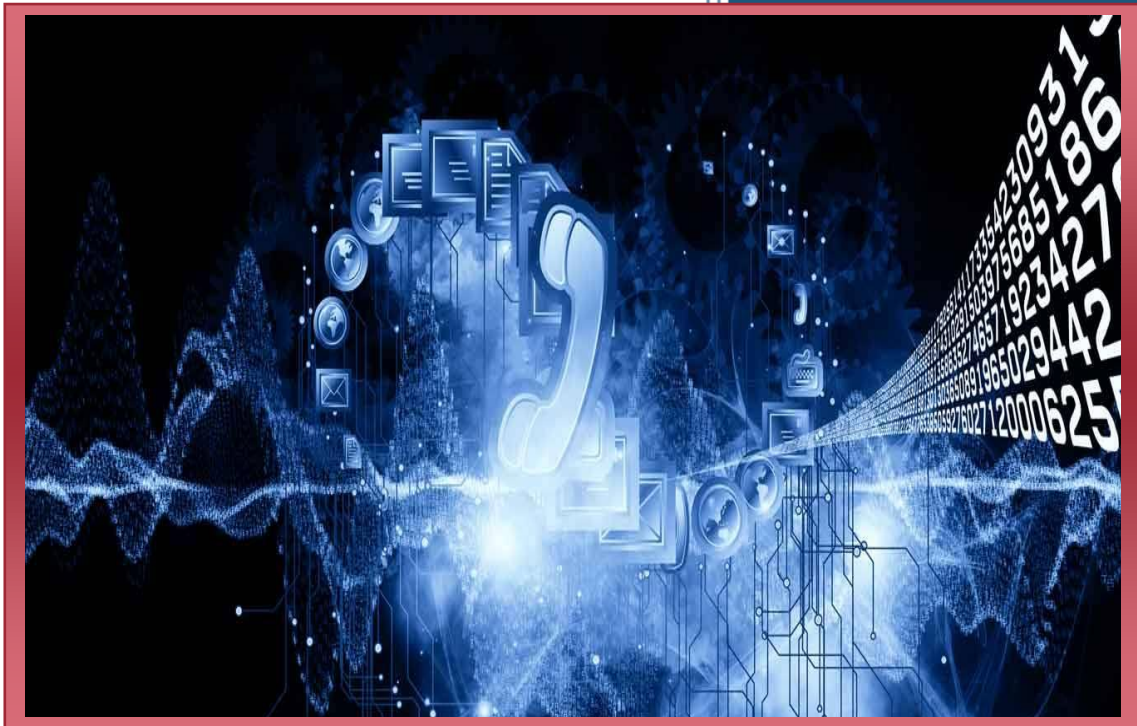


2013/2014

Projet de communication numérique

Intitulé

Réalisation d'une chaine de transmission numérique



Réalisé par :

Nasser Yassine

Ouyous Mina

Encadré par :

M.Abdelilah Jilbab

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 4 |
| I. La chaine de transmission numérique | 5 |
| 1. L'émetteur..... | 5 |
| 1.1 Codeur en ligne (modulation en band de base)..... | 5 |
| 1.2 Filtre d'émission | 11 |
| 1.3 Modulation à l'émission..... | 14 |
| 2. Canal de transmission..... | 15 |
| 3. Le Récepteur | 16 |
| 3.1 Démodulation..... | 16 |
| 3.2 Filtre de réception..... | 16 |
| 3.3 Prise de décision..... | 16 |
| II-simulation sous Matlab /Sumilnk | 17 |
| 1. Présentation de Simulink..... | 17 |
| 1.1 Définition | 17 |
| 1.2 Configuration de Simulink | 17 |
| 1.3 Réalisation d'une chaine de transmission dans Matlab... | 19 |
| 1.4 Affichage de résultats du scope..... | 20 |
| 1.5 Le diagramme de l'œil..... | 22 |
| Conclusion | 26 |

Introduction :

Une chaîne de transmission numérique a pour mission de transporter des données en minimisant le nombre d'erreurs et de pertes. D'autres paramètres sont tout aussi importants comme par exemple la puissance d'émission nécessaire ou la bande-passante. C'est pourquoi l'étude des performances d'une chaîne de transmission est une étape essentielle de développement d'un système de télécommunications car l'écart par rapport aux performances théoriques peut être grand. Cependant, la réalisation de prototype étant coûteuse et longue, il est apparu évident qu'une simulation sur ordinateur d'une chaîne complète de transmission permettrait de réduire les coûts et de donner une bonne estimation des résultats réels.

A travers ce Projet nous allons traiter les différents types de canaux de transmission numérique et les fonctions de transmission adaptées à chacun de ces types à l'aide de l'outil MATLAB.

La chaîne de transmission numérique à étudier est présentée dans la figure suivant:

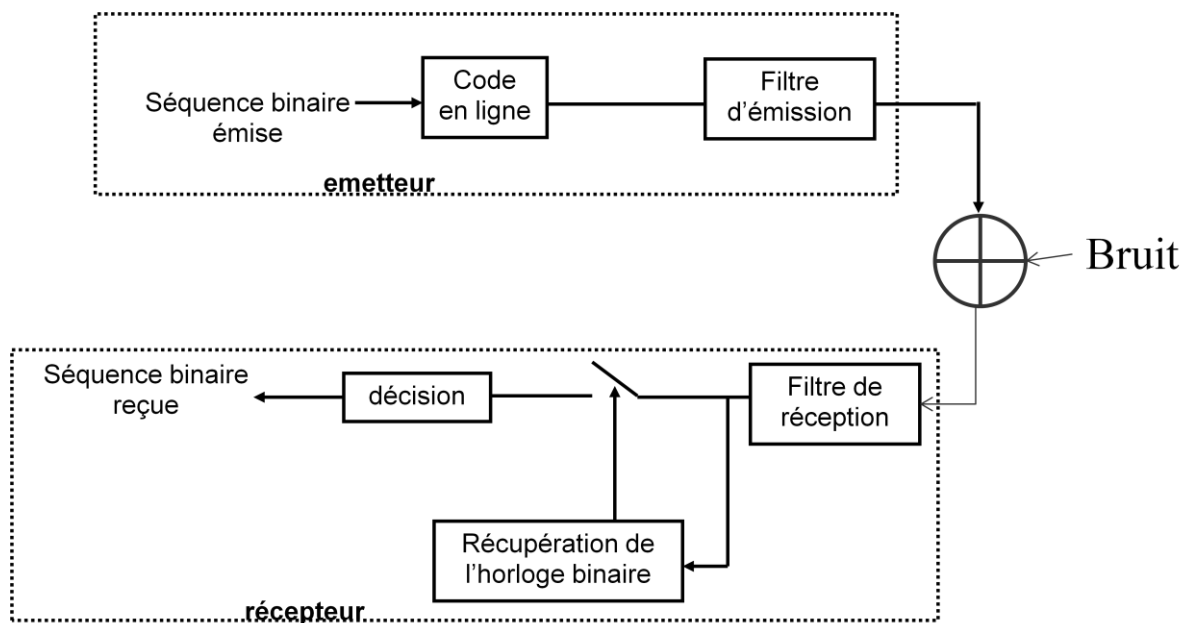


Figure 1:La chaîne de transmission numérique

I. La chaîne de transmission numérique

La chaîne de transmission citée dans la figure 1 est formée principalement de :

- L'émetteur
- Canal de transmission
- Récepteur

N.B : avant le bloc de codeur en ligne on a deux autres blocs essentiels : codeur de source et codeur de canal.

- Codeur de source a pour but de numériser un signal analogique émis par la source \Rightarrow produire une séquence binaire significative.
- codeur de canal a pour but d'introduire des bits de redondance dans l'information initiale en vue de la protéger contre le bruit présent sur le canal de transmission.

1. L'émetteur

L'émetteur a pour fonction d'adapter le signal issu du transducteur en vue de le transmettre au canal de transmission. L'émetteur se compose de plusieurs blocs indépendants comme on peut le voir sur la Figure 1.

Le rôle et le fonctionnement de chaque bloc est détaillé dans les paragraphes suivants.

1.1. Codeur en ligne (modulation en bande de base)

Il est difficilement envisageable d'envoyer, à longue distance, un signal numérique sous la forme d'une simple suite d'impulsions rectangulaires. D'où l'intérêt d'utiliser un filtre de mise en forme adapté aux données du problème pour rendre la transmission plus robuste. Alors ce filtre de mise en forme doit satisfaire des critères liés au spectre, à la transition et au TEB (taux d'erreur par bit). Dans cette partie on va traiter l'aspect spectral du signal émis et pour cela on va étudier trois types de codeurs en ligne qui se différencient en fonction de ces critères.

Supposons que nous avons un paquet de n bits à l'entrée du codeur du canal. Ce paquet de bits utiles (ne contenant que l'information) est encodé par le codeur de canal en message (encodé) de n bits, noté comme $m[n]$. Ensuite la conversion série-parallèle est réalisée : on obtient k vecteurs de n/k bits chacun, noté comme $A[k]$.

Le modulateur effectue la transformation des vecteurs A en symboles a_k , qui peuvent prendre comme des valeurs réelles ainsi que complexes.

Exemple: Pour cet exemple, la longueur des Vecteurs A est égale a 2, et la transformation suivante est effectuée :

| | | |
|--------|---------------|-------|
| $A[k]$ | \rightarrow | a_k |
| 0 0 | \rightarrow | -3 |
| 01 | \rightarrow | -1 |
| 11 | \rightarrow | 1 |
| 10 | \rightarrow | 3 |

-codage NRZ binaire (non retour à zéros)

```
function NRZ
X=[0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1]; % le msg
V=5; % l'Amplitude de la mise en forme
Tb=0.1; % durée de bit
n=1; % nombre de bit par symbole
Ts=n*Tb; % durée de symbole
N=length(X);
Y=zeros(1,N);

% Génération des impulsions
for i=1:N
    if (X(i)==0)
        Y(i)=-1;
    else
        Y(i)=1;
    end
end

% Génération de la mise en forme
t= (0:0.001:Ts);
h(1:length(t))= V ;
e=kron(Y,h);

% la Densité spectrale de puissance
f=-5/Ts:0.1:5/Ts;
DSP=Ts*V*V*power(sinc(f*Ts),2);

% Trace des figures
subplot(3,1,1);
plot(Y, '*');
xlabel('Temps (ms)');ylabel('Amplitude (v)'); title('Les impulsion de Dirac');

subplot(3,1,2);
plot(e);
xlabel('Temps (ms)');ylabel('Amplitude (v)'); title('NRZ');

subplot(3,1,3); plot(f,DSP);
xlabel('Fréquence (Hz)');ylabel('DSP (V²/HZ)'); title('DSP de NRZ');

end
```

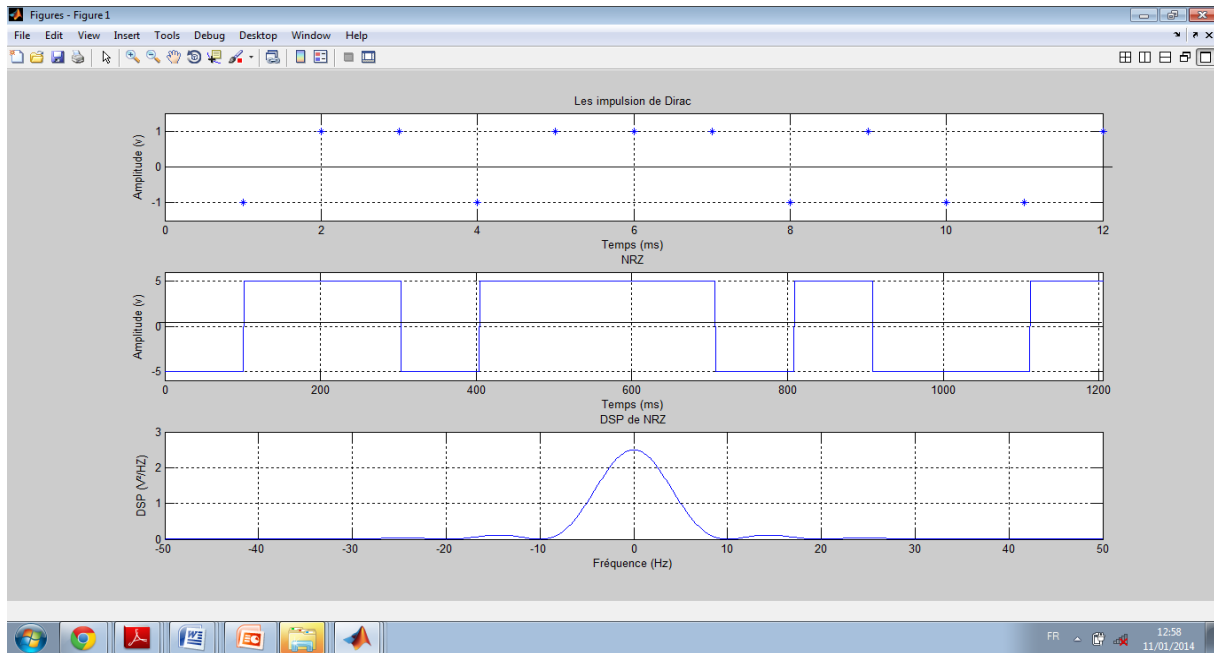


Figure 2 : trace des graphes du codeur en ligne NRZ

N.B : cette figure est composé de trois graphes la 1ère signifie les impulsions de Dirac et la 2ème représente la mise en forme de ses impulsions en utilisant un codeur en ligne NRZ et la 3ème signifie la DSP (densité spectrale de puissance) de signal à la sortie du codeur en ligne, on va garder cet ordre dans tous les autres graphes de RZ et Manchester.

On montre d'après les calculs que la densité spectrale de puissance de NRZ est :

$$S_{NRZ}(f) = V^2 T_s \cdot \left(\frac{\sin(\pi f T_s)}{\pi f T_s} \right)^2$$

On peut conclure d'après le graphique et la formule obtenue que NRZ est caractérisé par :

🔍 Annulation du spectre tout les $\frac{k}{T_s} \Rightarrow$ pas de synchronisation directe (impossible de générer l'horloge).

🔍 Largeur du lobe principal $\frac{2}{T_s}$

🔍 Présence de la composante continue \Rightarrow impact sur les circuits d'alimentation de la chaîne (problème de saturation).

codage RZ binaire (retour à zéros)

```
function RZ
X=[0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1]; % le msg
V=5; % l'Amplitude de
Tb=0.01; % durée de bit
n=1; % nombre de bit par symbole
Ts=n*Tb; % durée de symbole
N=length(X);
Y=zeros(1,N);

% Génération des impulsions
for i=1:N
    if (X(i)==0)
        Y(i)=0;
    else
        Y(i)=1;
    end
end

% Génération de la mise en forme
t= (0:0.001:Ts);
h(1:length(t)/2)= V ;
h(length(t)/2+1:length(t))= 0 ;

e=kron(Y,h);

% la Densité spectrale de puissance
f=-2/Ts:0.01:2/Ts;
DSP=((Ts*V^2)/4)*power((sinc(pi*f*Ts)/2),2);%on a pas ajouté les raies de Dirac

% Trace des figures
subplot(3,1,1);
plot(Y, '*');
xlabel('Temps (ms)');ylabel('Amplitude (v)'); title('Les impulsions de Dirac');

subplot(3,1,2);
plot(e);
xlabel('Temps (ms)');ylabel('Amplitude (v)'); title('RZ');

subplot(3,1,3); plot(f,DSP);
xlabel('Fréquence (Hz)');ylabel('DSP (V^2/HZ)'); title('DSP de RZ');

end
```

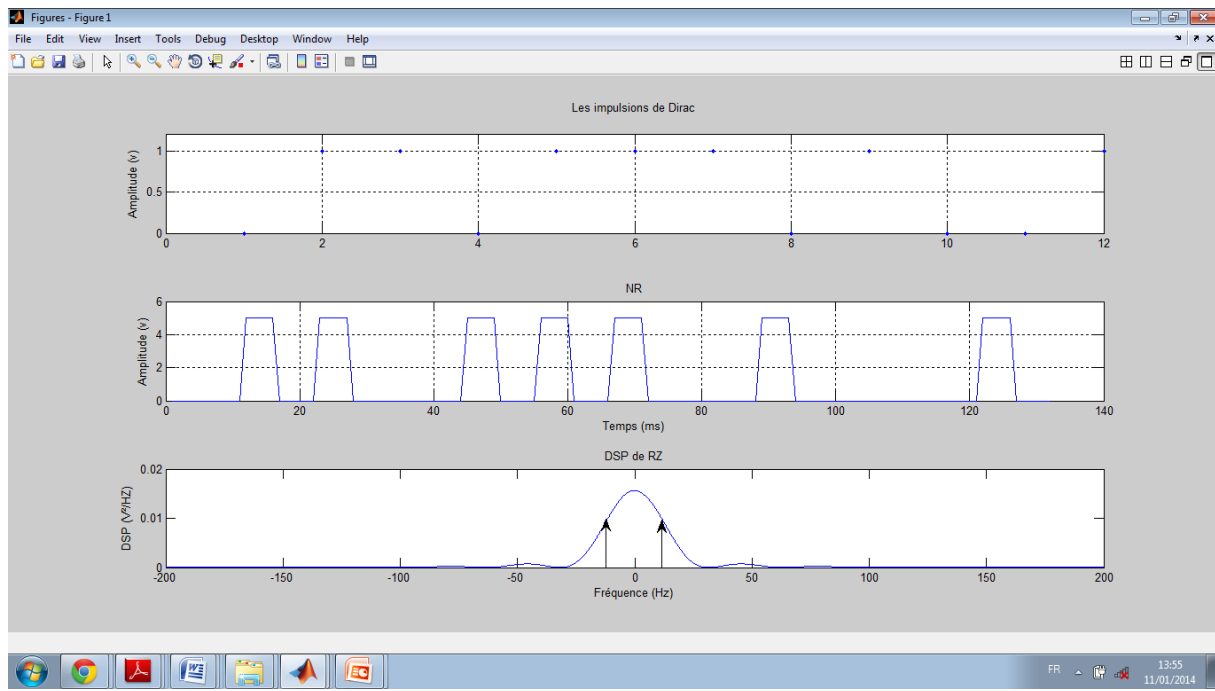


Figure 3 : trace des graphes du codeur en ligne RZ

De même on calcule la densité spectrale de puissance mais cette fois-ci on trouve la formule suivante :

$$S_{RZ}(f) = \frac{V^2 T_s}{4} \cdot \left(\sin c \left(\pi f T_s / 2 \right) \right)^2 + \frac{V^2}{4} \cdot \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \left(\sin c \left(\pi f T_s / 2 \right) \right)^2 \cdot \delta \left(f - k / T_s \right)$$

N.B :Ce spectre contient une partie continue et une partie discrète ce dernier est présenté dans le 3ème graphe comme des raies en noir.

Comme interprétation des résultats on peut dire :

- ♣ Spectre de raie \Rightarrow synchronisation directe possible
- ♣ Largeur du lobe principal $\frac{4}{T_s}$
- ♣ Présence de la composante continue

- Codage Biphase (code Manchester)

```
function Manchester
X=[0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1]; % le msg
V=5; % l'Amplitude de
Tb=0.1; % durée de bit
n=1; % nombre de bit par symbole
Ts=n*Tb; % durée de symbole
N=length(X);
Y=zeros(1,N);

% Génération des impulsions
for i=1:N
    if (X(i)==0)
        Y(i)=-1;
    else
        Y(i)=1;
    end
end

% Génération de la mise en forme
t= (0:0.001:Ts);
h(1:length(t)/2)= V ;
h(length(t)/2+1:length(t))= -V ;

e=kron(Y,h);

% la Densité spectrale de puissance
f=-5/Ts:0.1:5/Ts;
DSP=Ts*V*V*power(sinc(f*Ts),2).*power(sin((pi*f*Ts)/2),2);

% Trace des figures
subplot(3,1,1);
plot(Y, '*');
xlabel('Temps (ms)'); ylabel('Amplitude (v)'); title('Les impulsion de Dirac');

subplot(3,1,2);
plot(e);
xlabel('Temps (ms)'); ylabel('Amplitude (v)'); title('Manchester');

subplot(3,1,3); plot(f,DSP);
xlabel('Fréquence (Hz)'); ylabel('DSP (V²/HZ)'); title('DSP de Manchester');

end
```

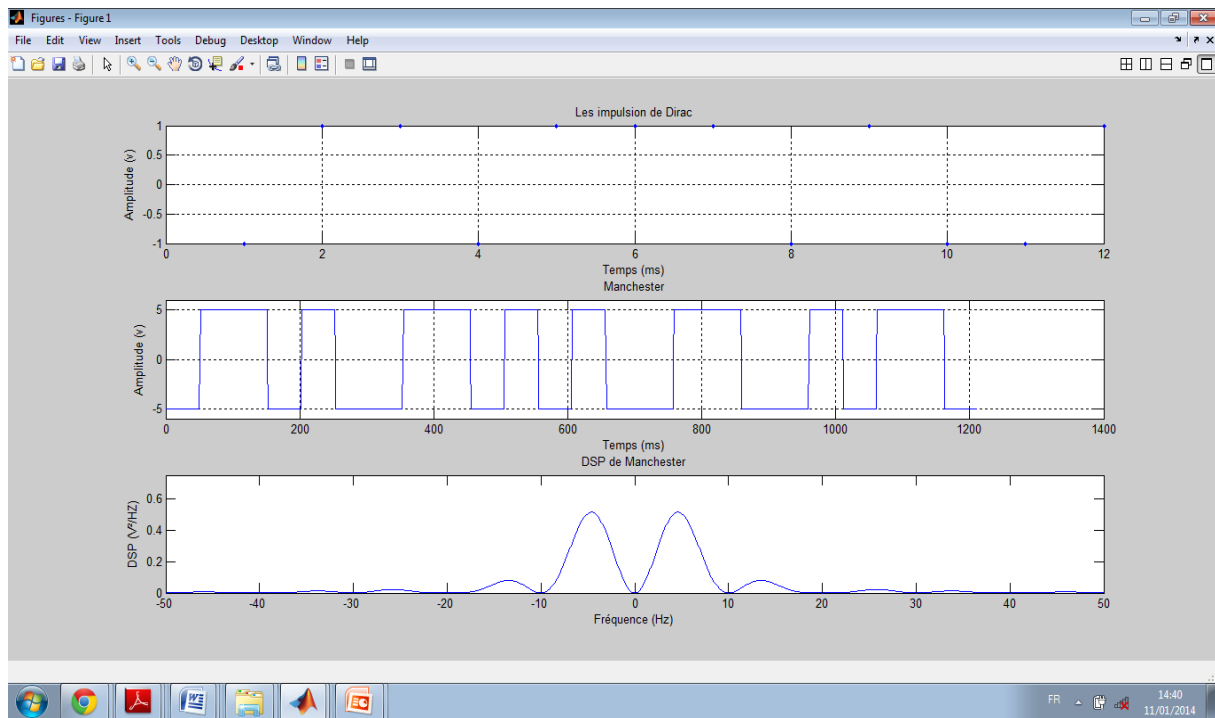


Figure 4 : trace des graphes du codeur en ligne Manchester

Ce type de codeur nous donne une densité spectrale sous la forme :

$$S_{biphase}(f) = V^2 T_s \cdot \left(\sin\left(\frac{\pi f T_s}{2}\right) \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin(\pi f T_s)}{\pi f T_s} \right)^2$$

D'après le graphe et la formule on peut dire comme interprétation :

- 🔊 Spectre non nul à la fréquence symbole \Rightarrow synchronisation directe possible .
- 🔊 Largeur du lobe principal $\frac{4}{T_s}$
- 🔊 Absence de composante continue

N.B : Pour améliorer les performances de ce type de codeur soit on utilise le code de Miller code Bipolaire qui nous permet de réduire la largeur de lobe principal.

Pour conclure cette partie on peut dire que le code Manchester est le plus performant des codeurs en ligne et aussi le plus robuste.

1.2. Filtre d'émission

A la sortie de codeur en ligne on obtient un spectre infini, en pratique il est impossible d'utiliser tout le spectre dans un canal réel, et il est alors nécessaire d'ajouter après cette forme d'onde un filtre de basse fréquence, qui servira à limiter la bande passante du signal émis. Ce

filtre fait partie du filtre d'émission, ce dernier est composé aussi d'un filtre de blanchissant qui nous permet d'éliminer les interférences entre symboles (IES).

A la sortie du canal, les symboles risquent de s'étaler sur un intervalle supérieur à la période symbole ce qui engendre une interférence entre les symboles (IES). Notons que pour éviter les IES il faut respecter le critère de Nyquist. Compte tenu de toutes ces contraintes la mise en forme du signal a été effectuée dans ce projet par un filtre en racine de cosinus surélevé.

On peut savoir si la transmission est faite sans interférence ou avec grâce à un diagramme de l'œil qui nous permet de juger visuellement la qualité d'une transmission numérique. et voilà des exemples avec différents valeurs de coefficient de roll-off α sans l'ajout de bruit.

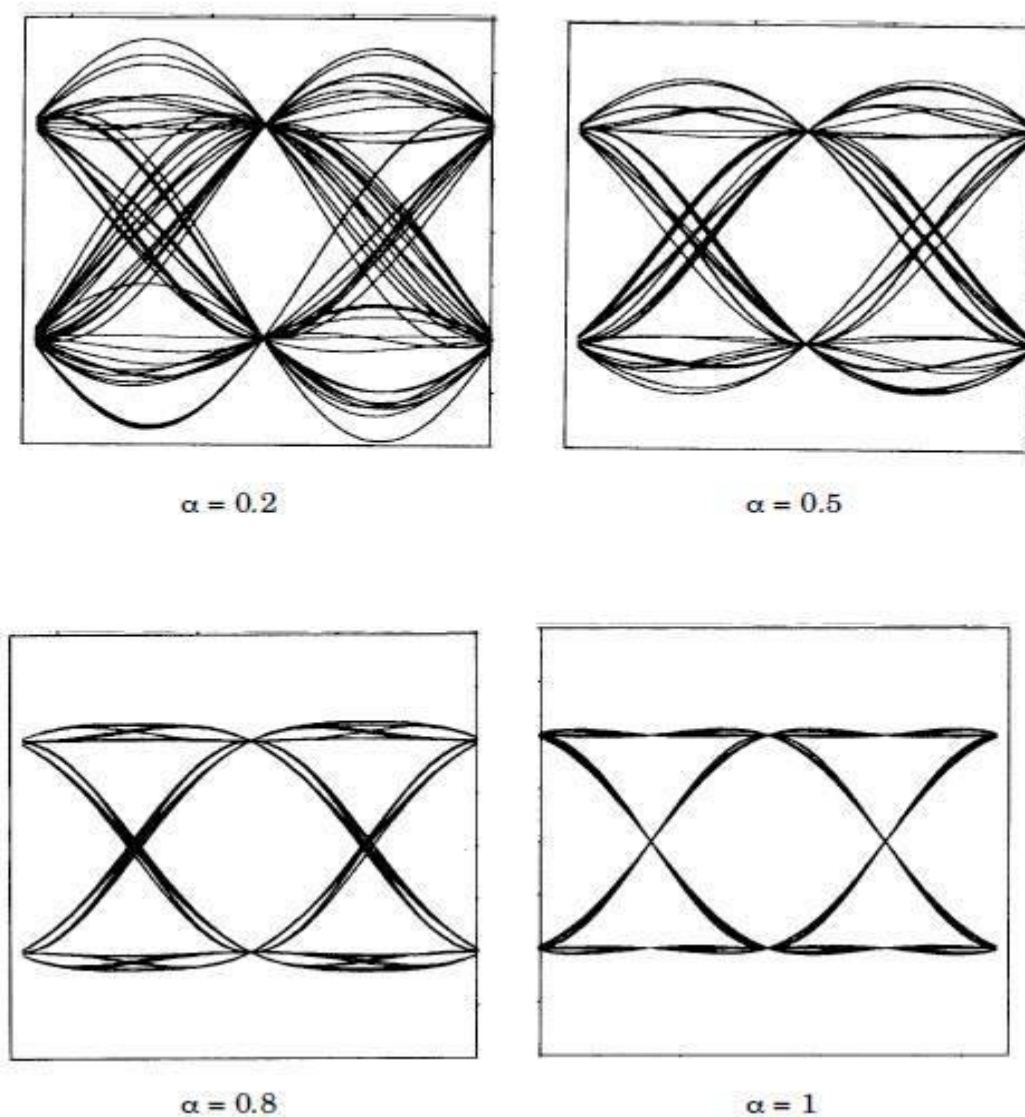


Figure 4 : représentation de diagramme de l'œil avec différentes valeurs de α

On a essayé de réaliser le filtre d'émission et on a réussi :

```

function cos_srlv()
a=0.5;           %coefficient de retombé
Ts=0.1;          %durée d'un symbole ici on a Tb=Ts
f= -1/Ts:0.01:1/Ts; %génération de vecteur de fréquence

%cosinus surélevé (qui vérifier le critère de nyquist)
g=zeros(1,length(f));
for i=1:length(f)
if(( abs(f(i))<= ((1+a)/(2*Ts))) && (abs(f(i))>=((1-a)/(2*Ts))) )
    g(i)=(Ts/2)*(1-sin((pi*(2*abs(f(i))*Ts-1)/(2*a))));
else if (( abs(f(i))>=0 ) && ( abs(f(i))< ((1-a)/(2*Ts))) )
    g(i)=Ts;
end
end
end

%l'inverse de fonction de mise en forme de filtre du codeur en ligne
y=(pi*f)./sin(pi*f*Ts);

% filtre d'émission
e=sqrt((Ts/2)*(1-sin((pi/2)*(2*f*Ts-1))));

% trace des signaux G,e,X
G=y.*g;      %filtre de blanchissant
X=G.*e;      %le trace à la sortie de filtre d'émission
hold on
plot(f,G)
hold on
plot(f,e,'k')
hold on
plot(f,X,'r')

```

Et voilà le résultat qu'on a obtenu :

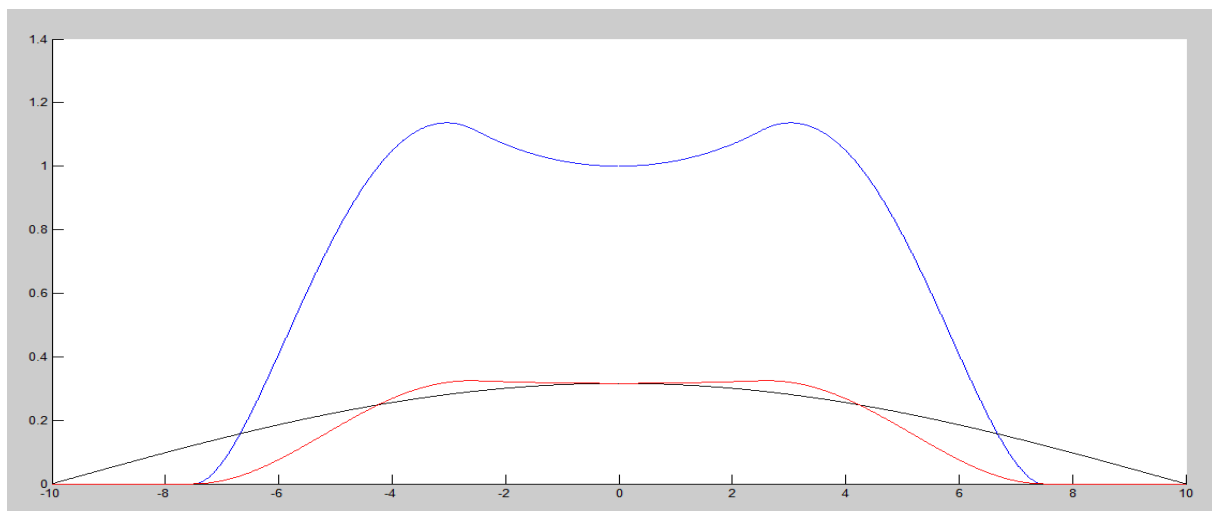


Figure 6 :trace des composants du filtre d'émission

1-3 Modulation à l'émission :

Les modulations numériques consistent à utiliser une porteuse sinusoïdale haute fréquence modulée par un signal informatif numérique. Les techniques de modulation diffèrent mais les circuits modulateurs et démodulateurs sont identiques dans leur principe ux modulations analogiques.

Il y a deux avantages aux modulations numériques :

- ✓ le rapport signal sur bruit est meilleur avec un système numérique car, même si un signal numérique est bruité, distordu ou parasité, il est facile de le reconstruire en comparant ce signal déformé à un seuil.
- ✓ les densités spectrales des signaux modulés numériquement ont des largeurs moindres qu'en analogique, ce qui permet d'augmenter le nombre de canaux utilisables par Hz pour les transmissions d'informations ⇒ **Multiplexage fréquentielle.**

La question de la modulation se pose lorsque :

- l'on veut faire passer plusieurs informations simultanément dans le même canal de transmission
- l'on veut transmettre l'information à des distances importantes.
- l'on veut diminuer le bruit dont est victime l'information lors de sa transmission ⇒ augmenter le rapport signal sur bruit **SNR**.

La modulation consiste alors à adapter l'information à transmettre à un canal de communication mais ce n'est **pas une obligation**.

Selon le paramètre l'onde porteuse qu'on varie :

$$p(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \varphi)$$

On distinguera trois types :

- ✓ modulation d'amplitude numérique(ASK)
- ✓ modulation de fréquence numérique(FSK)
- ✓ modulation de phase numérique(PSK)
- ✓ modulation de phase et d'amplitude (QPSK)

Remarque : d'après les démonstrations faites au cours sur les types de modulation numérique on peut déduire que le meilleur de ces types là est la modulation FSK car L'intérêt principal de ce procédé résulte du fait que les parasites atmosphériques, qui provoquent une forte modulation d'amplitude par l'intermédiaire d'une atténuation variable dans le temps, ne provoquent qu'une faible déviation (modulation) de la fréquence. Un signal FSK est donc plus robuste au bruit lors de la transmission par voie hertzienne qu'un signal ASK. Il y a d'autre types de modulation qui sont basé sur la combinaison entre des type basique de la modulation, et parmi ces types la modulation la plus utilisé QPSK qu'est moins efficace que la FSK mais beaucoup plus mieux que ASK.

2-Canal de transmission :

Une ligne de transmission est une liaison entre les deux machines. On désigne généralement par le terme **émetteur** la machine qui envoie les données et par **récepteur** celle qui les reçoit. La ligne de transmission, appelée aussi parfois *canal de transmission* ou *voie de transmission*.

Le canal de transmission est basé sur des supports physiques de transmissions qui sont les éléments permettant de faire circuler les informations entre les équipements de transmission, ils peuvent être :

- Les **supports filaires** permettent de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique
- Les **supports aériens** désignent l'air ou le vide, ils permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses
- Les **supports optiques** permettent d'acheminer des informations sous forme lumineuse

La transmission de données sur un canal de transmission ne se fait pas sans pertes .c'est due aux perturbations qui peuvent être de nature :

- **Les parasites** : l'ensemble des perturbations modifiant localement la forme du signal. On distingue généralement deux types de bruit : **bruit blanc et bruit impulsif**
- **L'affaiblissement du signal** représente la perte de signal en énergie dissipée dans la ligne. Il se traduit par un signal de sortie plus faible que le signal d'entrée.
- **La distorsion** du signal caractérise le déphasage entre le signal en entrée et le signal.

3. Le Récepteur

Le récepteur qui a pour fonction de reconstituer le message émis par la source à partir du signal reçu qui comprend des circuits de démodulation (pour les transmissions sur onde porteuse), de filtrage puis d'échantillonnage et de prise de décision. le démodulateur permet de ramener le signal modulé en bande de base. Le signal en bande de base est ensuite filtré puis échantillonné à des instants caractéristiques. Finalement un circuit de décision identifie la valeur des éléments binaires transmis à partir des échantillons reçus. Le choix effectué par le circuit de décision est binaire, décision 0 ou décision 1, ce qui correspond à une opération dite de « détection ».

3.1 Démodulation

L'étape de la démodulation consiste à récupérer l'information utile en supprimant la porteuse. Ceci revient à passer du signal passe bande à un signal passe-bas. Nous avons considéré ici une démodulation fondée sur un filtre adapté à base de cosinus surélevé.

3.2 Filtre de réception

L'étape du filtrage de réception du signal en sortie du canal est très essentielle, car il réduit la puissance de bruit (erreur binaire). D'après les calculs qu'on a fait dans le cours on a trouvé que pour avoir un filtre de réception optimale il faut qu'on utilise un filtre adapté au signal d'entrée.

3.3 Prise de décision

L'étape de décision suit le filtre de réception, c'est une étape très difficile à réaliser car elle est basée sur un seuil si ce dernier est mal choisi on trouvera des difficultés au niveau de récupération des données. Autrement dit le signal échantillonné en sortie du filtre adapté est comparé à un seuil.

On distingue deux types d'erreur possibles :

- Erreur de type 1: choix du symbole 1 alors que 0 a été transmis.
- Erreur de type 2: choix du symbole 0 alors que 1 a été transmis.

II. simulation sous Matlab /Sumilnk

Cette partie représente l'aspect simulation et application de notre projet sur sumilnk. Elle permet d'acquérir nos compétences pour l'utilisation de MATLAB pour résoudre certains problèmes liés au traitement du signal et de l'information.

L'objectif de cette partie est de :

- simuler un système (chaîne de transmission numérique) sous MATLAB
- représenter graphiquement la représentation temporelle et fréquentielle

1. Présentation de Simulink :

1.1. Définition :

Simulink est un logiciel de simulation numérique qui vient se greffer au logiciel Matlab. Il permet la construction rapide de circuits numériques grâce à une interface dans laquelle on peut insérer des blocs en les déplaçant sur la zone de travail. Cela permet notamment de s'abstraire des mathématiques du traitement du signal pour se concentrer sur ce qui nous intéresse ici, c'est à dire les canaux de transmission.

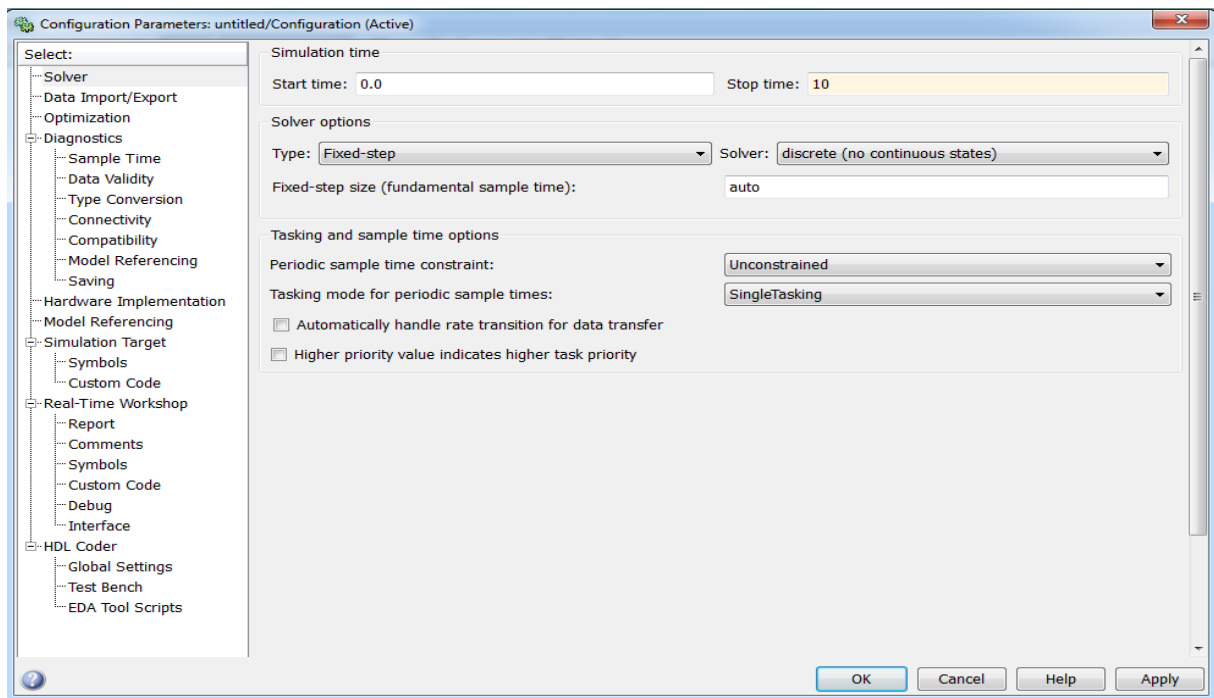
1.2. Configuration de Simulink :

Pour travailler dans une fenêtre de Simulink soit on lance tout d'abord MatLab et on tape par la suite dans la fenêtre de commande $\Rightarrow >>\text{Simulink}$ soit on utilise l'icône Simulink qui est dans la barre de menu MatLab.

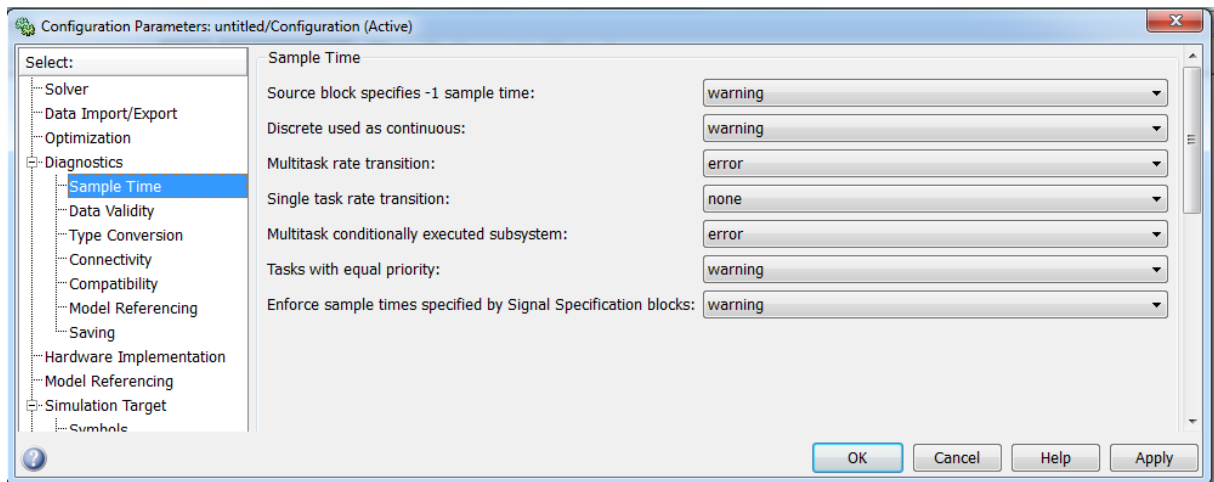
Ensuite Pour créer un modèle avec **Simulink** en domaine discret il faut le configurer de la façon suivante :

Créer un fichier **Simulink**, aller dans Simulation puis **Configuration Paramètres** (ou cliqué sur **Ctrl+E**) de chaque nouveau modèle, et régler les paramètres comme il est marqué dans cette capture d'écran :

■ Aller dans **Solver** :



■ Puis aller dans **Diagnostic/Sample time** :



1. 3 Réalisation d'une chaine de transmission dans simulink

Le schéma ci-après représente le travail effectué : la chaine de transmission numérique modulé sous simulink :

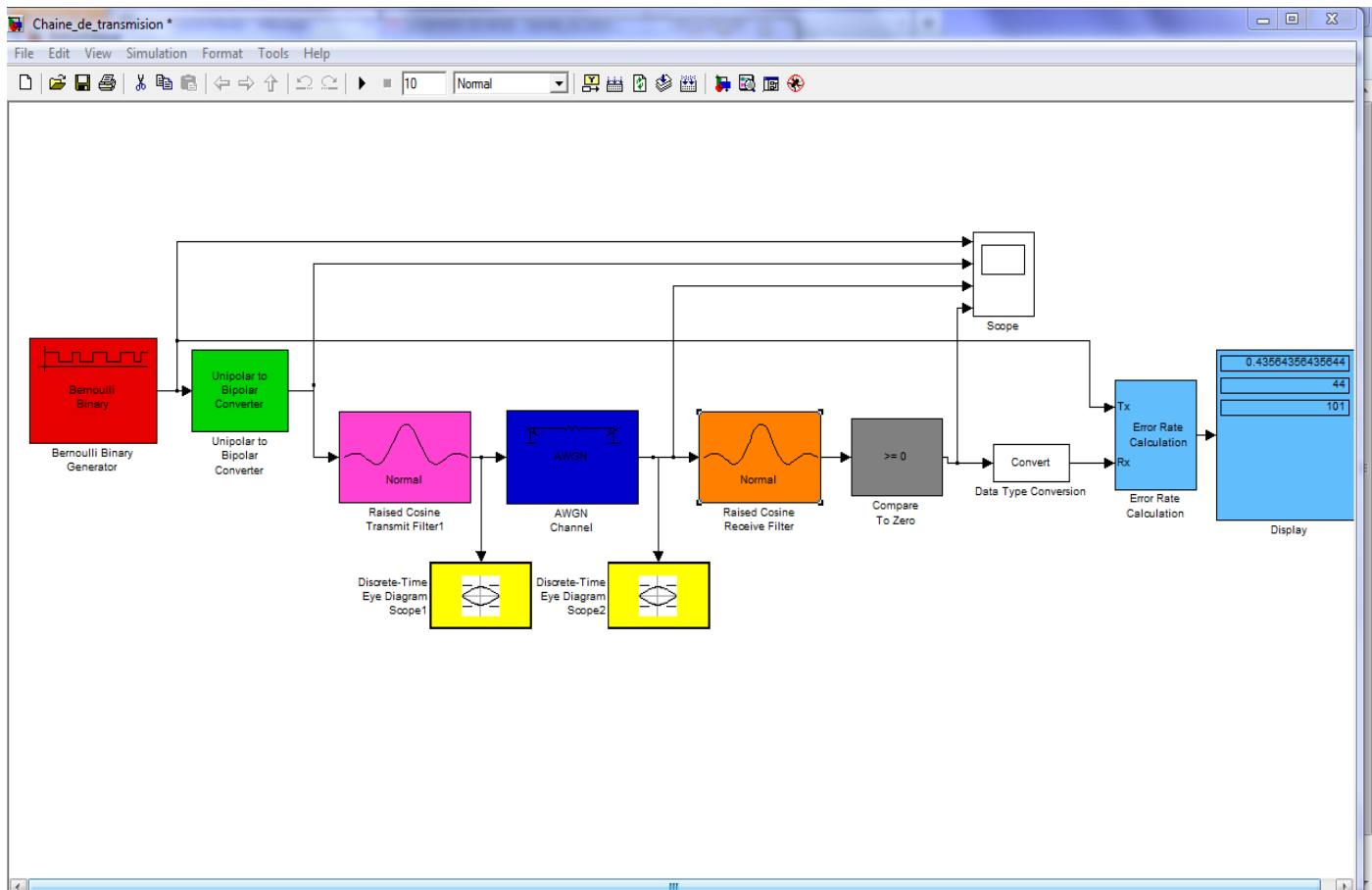


Figure 2: chaine de transmission numérique : modèle Simulink

Ce schéma est composé de différents blocs :

- **Le bloc qui est en rouge** (Benouli Binary Generator) génère une séquence binaire, ce bloc contient des paramètres qu'on peut ajuster comme la durée d'un bit (sample time).
- **Le bloc qui est en vert** (Unipolar to Bipolar Converter)présente le codeur en ligne, on va prendre NRZ comme type de codeur, ce bloc contient le paramètre M-ary number qui signifié le nombre de bit par symbole.
- Le bloc qui est en magenta (Raised Cosine Transmit Filter) signifié filtre de surélever d'émission ce bloc contient le paramètre roll-off factor qui prend des valeurs entre 0 et 1 ce dernier si il prend des valeurs proche de 1 il donne une transmission de donnée sans IES.

- Le bloc qui est en bleu (AWGN) c'est un générateur de bruit blanc additive gaussien (BBAG), on trouve comme paramètre dans ce bloc le SNR (rapport signal sur bruit) ce paramètre doit avoir de valeurs un peu grand pour assurer une bon transmission de données.
- Le bloc qui est en orange (Raised Cosine Receive Filter)signifié le filtre de réception ce dernier il contient même paramètre que le filtre d'émission.
- Les blocs qui sont en jaune (Discret-Time Eye Diagrame) présente le diagramme de l'œil,ce bloc contient des paramètres qu'ils font ajuster on fonction du paramètre de d'autre bloc de chaine de transmission. Comme par exemple combien de symbole à tracer sur le graphe ..
- Le bloc qui est en gris (Compare to zero)présente un comparateur avec le zéros pour prendre décision.

On trouve aussi d'autre bloc comme scope qui nous permet de visualiser les trace obtenu à n'importe quelle position de la chaine de transmission et on trouve aussi un bloc qu'est calcule le taux d'erreur par bit(Error Rat calculation) et aussi un autre bloc d'affichage (Display) qui contient trois zone la 1ére signifié le TEB (Taux d'erreur par bit) la 2éme signifié le nombre de bit transmis erroné et la dernière zone contient le nombre de bite transmis en total.

Remarque :

- Si vous voulez plus d'information sur les blocs vous pouvez chercher dans help de simulink ils sont plus détaillé la bas.
- Si vous volez trouvez ces bloc vous pouvez utiliser la barre de recherche en tapant le nom de bloc.

1.4 Affichage de résultats du scope

Si on prend $SNR = 5$ et roll-off factor=1 on trouve comme résultat le graphe suivante :

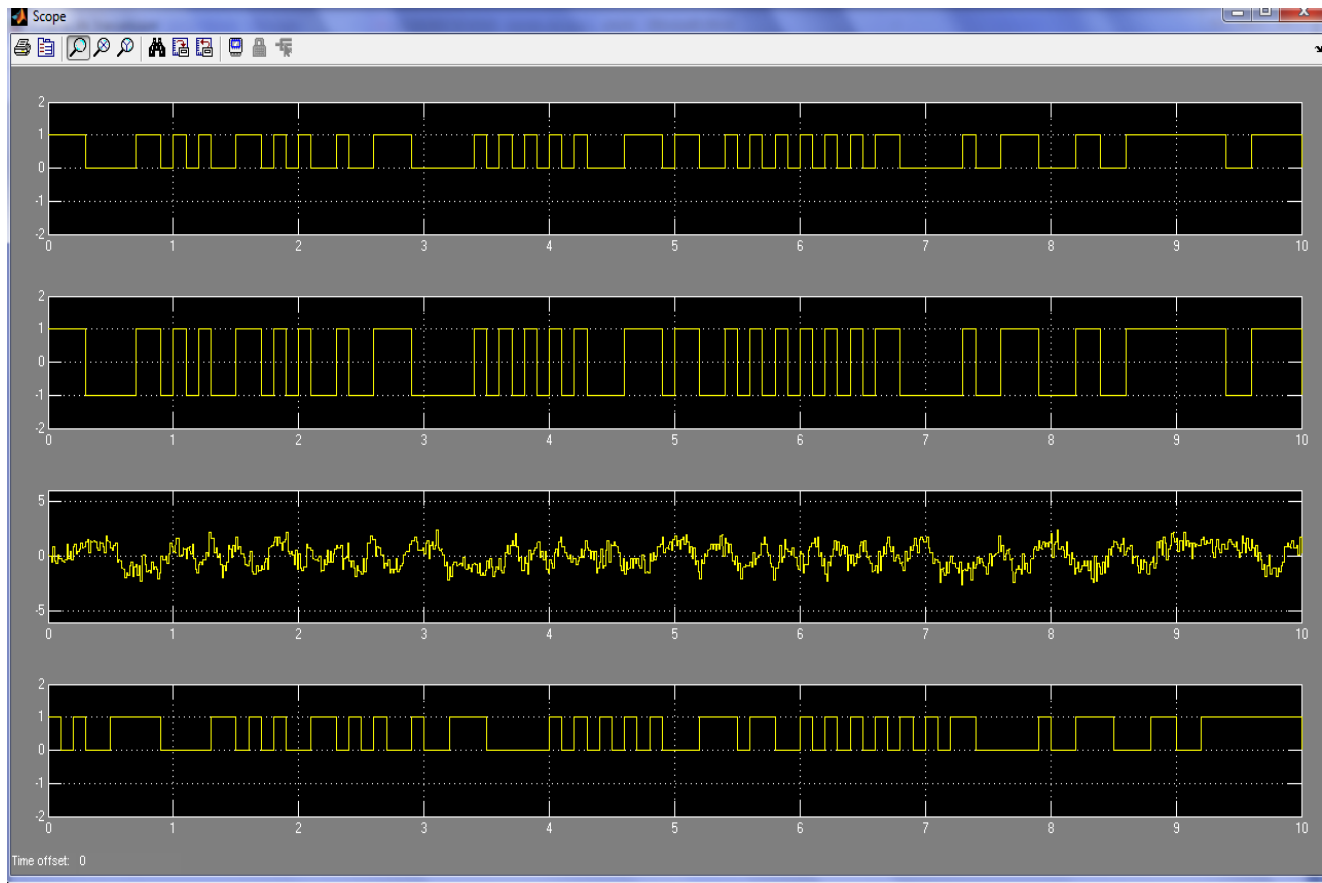


Figure 3: trace des entres de scope présenté dans la figure 2

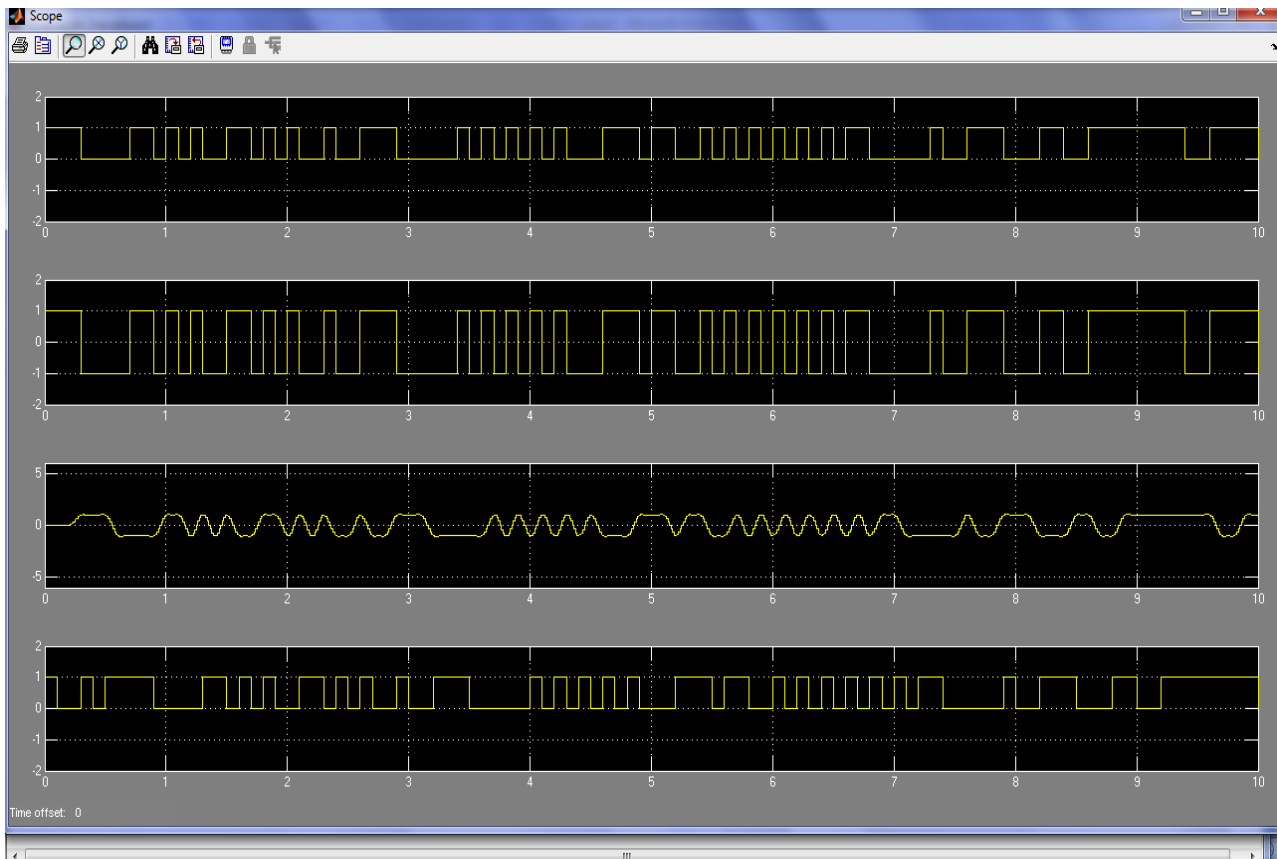
Ce trace est composée de quatre traces :

- Le 1ère \Rightarrow représente la trace de la suite binaire généré par le bloc « benouli binary generator »
- Le 2ème \Rightarrow représente la trace à la sortie de codeur en ligne (mise en forme) .
- Le 3ème \Rightarrow représente la trace du signal bruité, on remarque que ce trace est retardé, c'est dû à la réponse de filtre.
- Le 4ème \Rightarrow La dernière trace présente la séquence binaire reçue.

On a la 3ème graphe est trop bruitée car on prend la valeur de $SNR=5$ alors lors de la récupération des données on ne va pas trouver dans la trace 4 des données qui ressemble au 1ère trace (beaucoup de bit erroné).

Donc il faut augmenter la valeur de SNR pour avoir une bonne transmission de données.

Si on prend par exemple $SNR=50$ on obtient le résultat suivant :



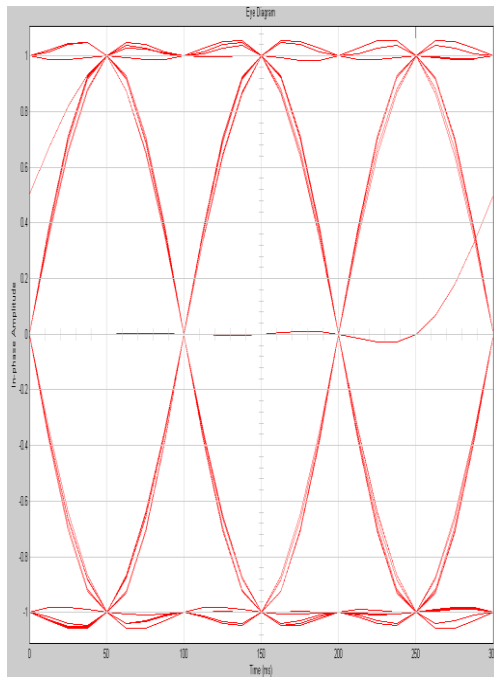
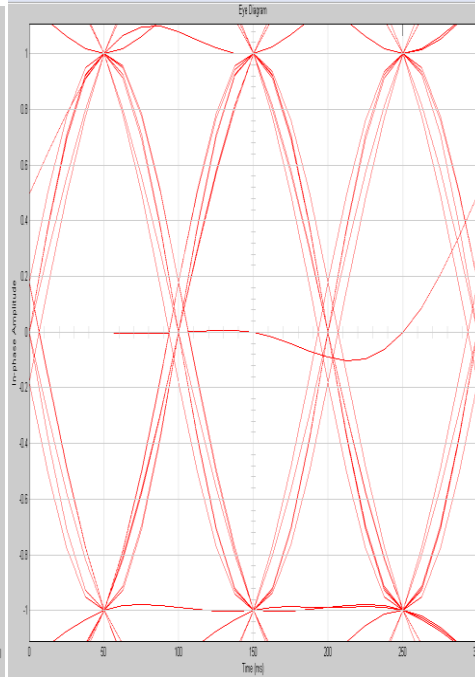
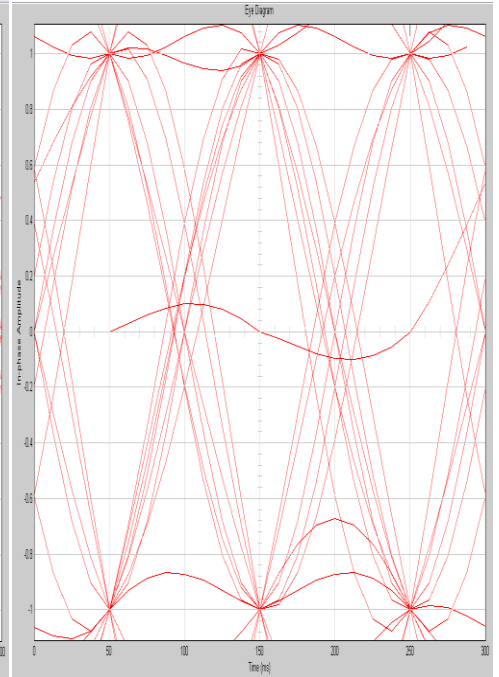
N.B: On remarque que le bruit est diminué par rapport a la graphe précédente ce qui nous permet d'avoir une bonne transmission de données.

1.5 Le diagramme de l'œil

Les IES ainsi que le bruit dans le canal peuvent être évalués et mesurés par le Diagramme de l'œil ». Plus que l'œil est ouvert plus que la décision sera aisées, inversement un œil fermé illustre la difficulté du système à prendre une décision sur la valeur du symbole.

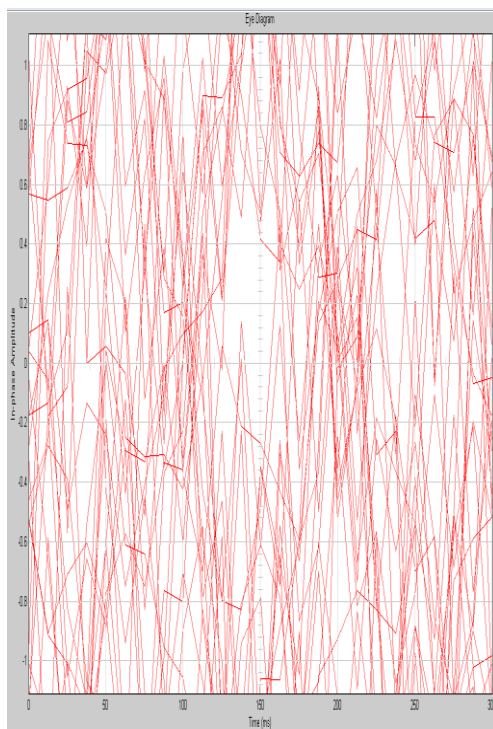
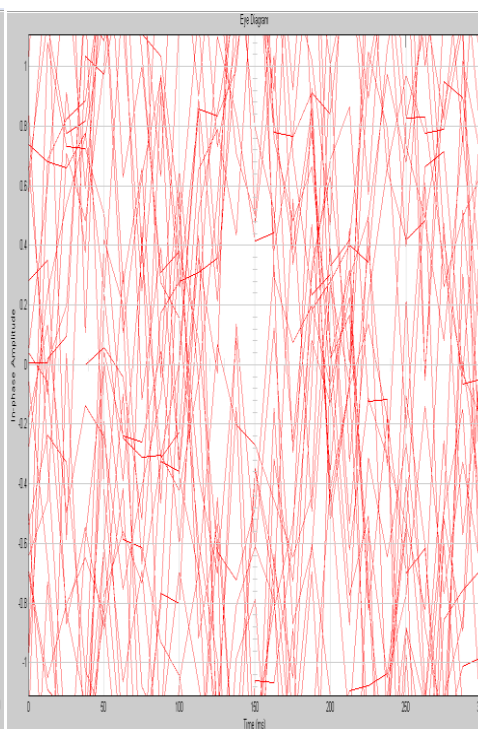
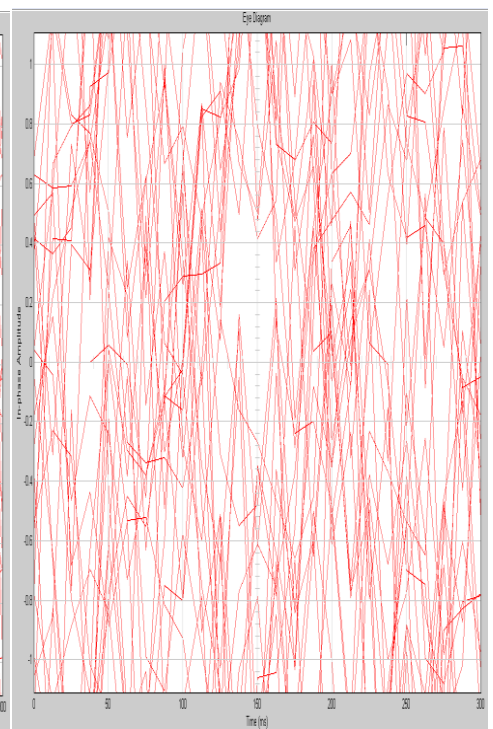
Alors dans cette partie on va étudier les paramètres qui influencent sur le diagramme de l'œil :

- $\text{SNR} = 5 : 1^{\text{er}}$ scope (après le filtre d'émission)

 $\alpha=1$  $\alpha=0.6$  $\alpha=0.2$

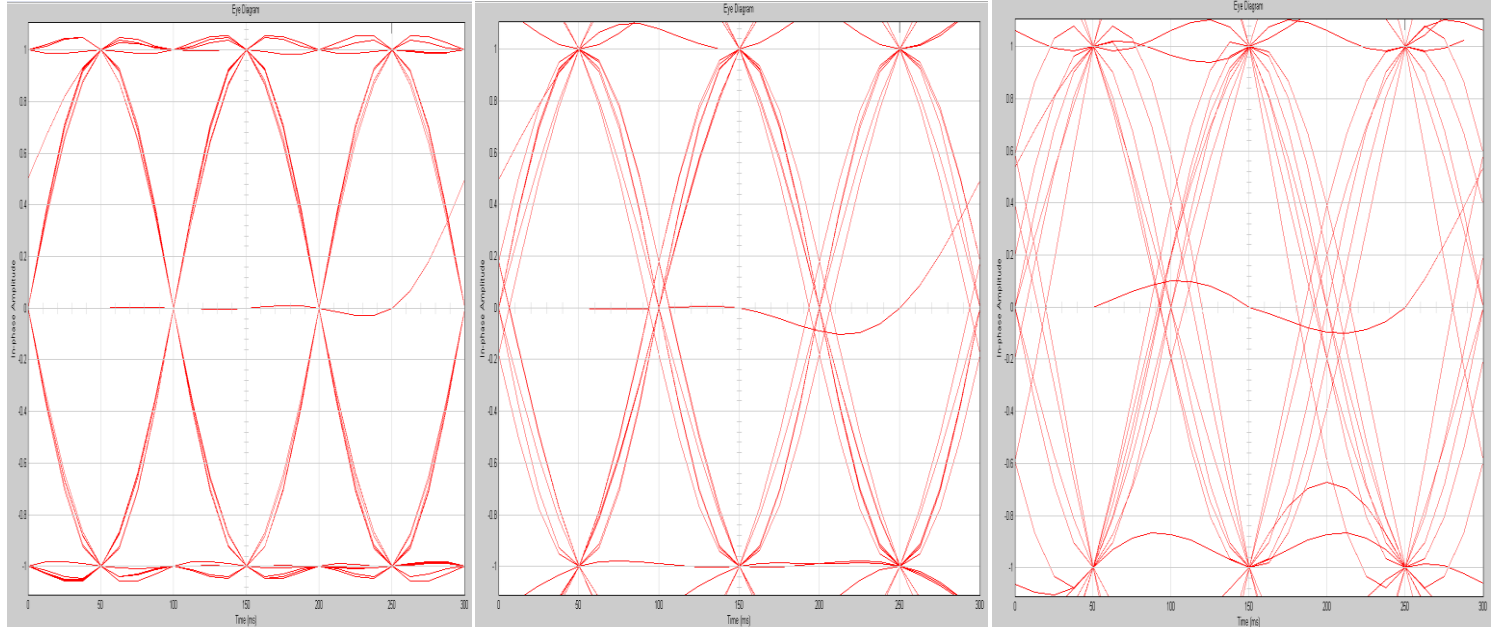
On remarque que lorsque α diminue on a des graphes où l'un s'éloigne de l'autre ce qui indique l'augmentation de la probabilité d'avoir une erreur qui est dû aux IES.

- 2^{ème} scope (après l'ajout du bruit)

 $\alpha=1$  $\alpha=0.6$  $\alpha=0.2$

On remarque qu'avec un bruit élevé l'œil se ferme .

- SNR=20 : 1^{er} scope : (après le filtre d'émission)



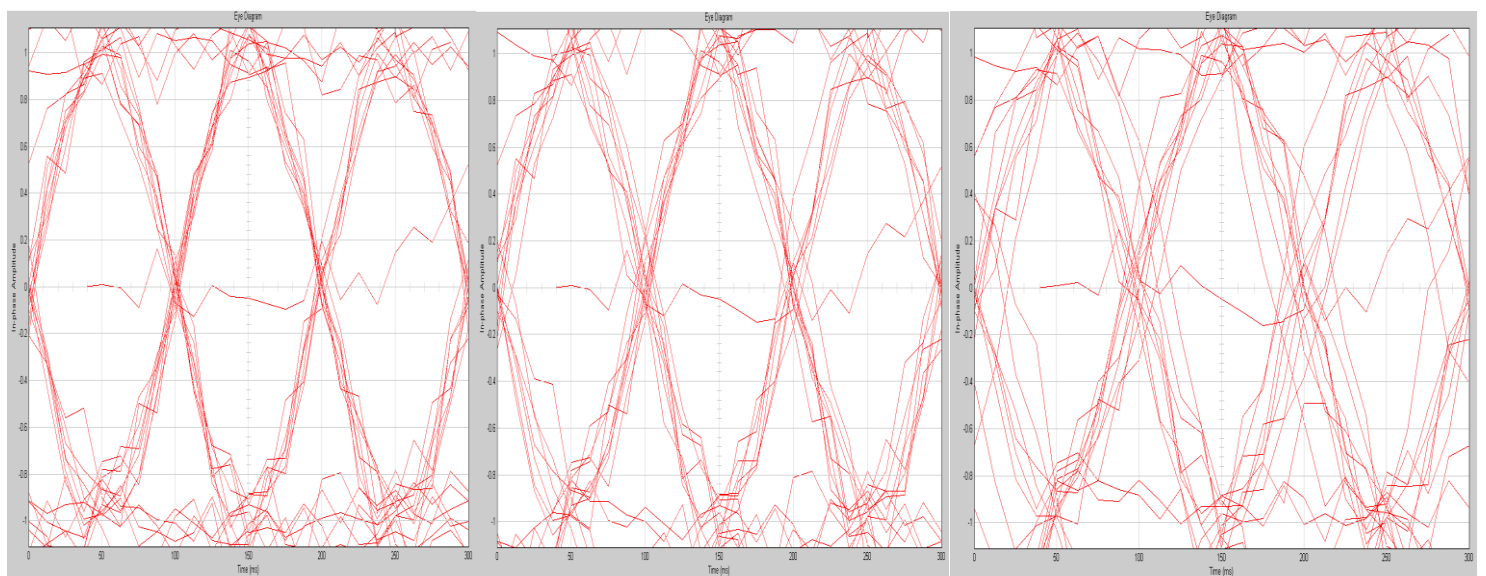
$\alpha=1$

$\alpha=0.6$

$\alpha=0.2$

La même remarque pour SNR=5 car le bruit n'est pas encore ajouté.

2^{ème} scope : (après l'ajout du bruit)



$\alpha=1$

$\alpha=0.6$

$\alpha=0.2$

On remarque que même malgré la présence du bruit l'œil reste ouvert, mais le problème d'IES reste liée à la valeur du coefficient α du filtre.

Conclusion

Durant ce qu'on a fait dans ce projet nous avons bien compris le principe de fonctionnement de chaque canal de la chaîne de transmission et en plus on a amélioré notre niveau de programmation en Matlab.

On a trouvé des difficultés pour construire et manipuler cette chaîne de transmission, mais ça nous a servi à savoir comment manipuler l'outil Simulink.

Ce travail contient plusieurs informations permet à aider les étudiants pour avoir une idée sur la chaîne de transmission, et c'est à noter que ce travail modeste qu'on a fait est à améliorer.