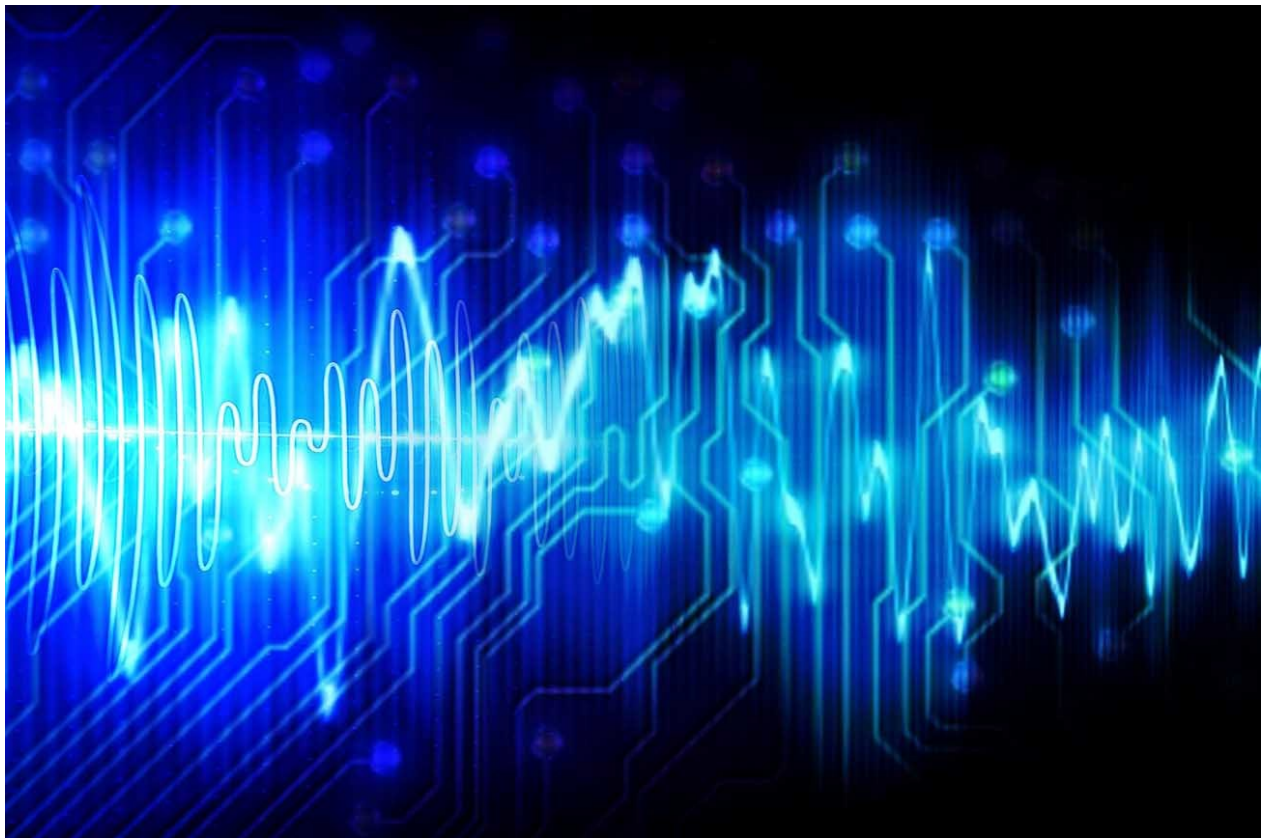

« L'égalisation »



SAÏD AIT FASKA

2020-2021

Table des matières

1	Introduction	3
2	Étude théorique	4
3	Implantation sous Matlab	6
4	Egalisation ZTE	11
5	Conclusion	13

1 Introduction

Soit le chaîne de transmission de la figure suivante . On place en émission et en réception deux filtres de même réponse impulsionnelle : fonction porte de largeur T_s et de hauteur égale à 1. Le canal passe-bas équivalent, de réponse impulsionnelle $h_c(t)$ est donnée par la figure de la partie suivante , où $x_e(t)$ représente l'enveloppe complexe associée au signal émis, $y_e(t)$ l'enveloppe complexe associée au signal reçu, 0 le coefficient d'atténuation sur la ligne de vue directe, 1 le coefficient d'atténuation sur le trajet réfléchi, 0 le retard sur la ligne de vue directe 1 le retard sur le trajet réfléchi. L'enveloppe complexe associée au bruit introduit par le canal de transmission, $n_e(t)$, est ici réelle avec une densité spectrale de puissance égale à N_0 quelle que soit la fréquence.

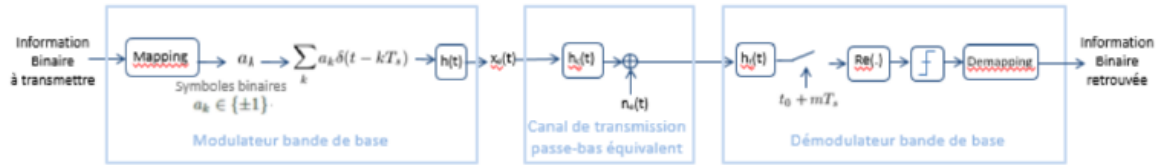


FIGURE 1 – Chaîne de transmission passe-bas équivalente

2 Étude théorique

On considère la figure suivante :

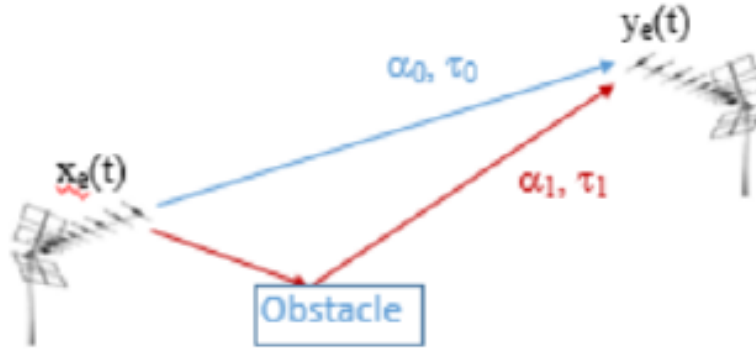


FIGURE 2 – Canal multi trajets

⇒ **Question 1 :**

D'après le schéma de la figure 2 on peut poser :

$$y(t) = \alpha_0 x(t - \tau_0) + \alpha_1 x(t - \tau_1) \quad (1)$$

⇒ **Question 2 :**

On a d'après Question 1 :

$$y(t) = \alpha_0 x(t - \tau_0) + \alpha_1 x(t - \tau_1)$$

donc cette expression devient :

$$y(t) = h_c(t) * x(t)$$

avec $h_c = \alpha_0 \delta(t - \tau_0) + \alpha_1 \delta(t - \tau_1)$

⇒ **Question 3 :**

avec les valeurs données dans l'énoncé on obtient le tracé du signal en sortie du filtre de réception $h_r(t)$ pour la séquence binaire transmise suivante 1110010.

Posons f la réponse impulsionnelle en sortie de filtre de réception, alors on a :

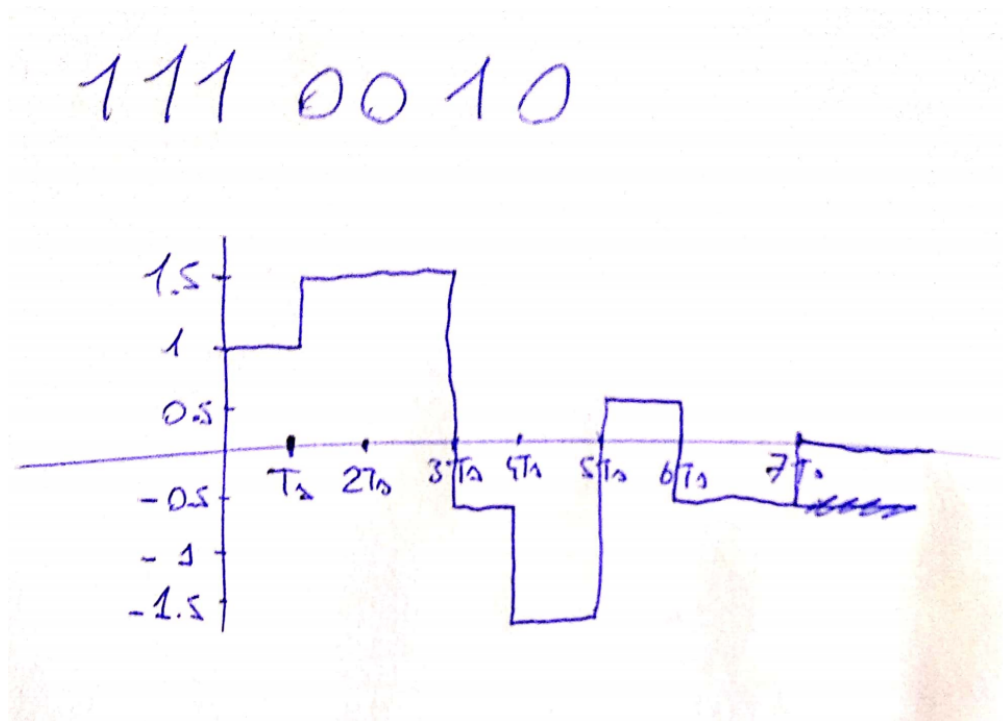


FIGURE 3 – reponse impulsionelle

⇒ **Question 4 :**

pour le diagramme de l'oeil on obtient le diagramme suivant :

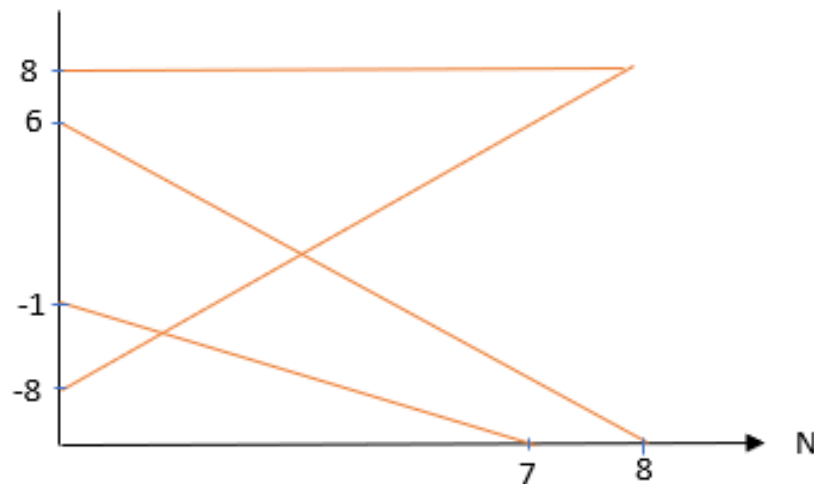


FIGURE 4 – Diagramme d'oeil

On a transmis une suite de symboles $(-1, +1)$ donc d'après le diagramme d'oeil figure 3 on a bien

deux points à l'instant optimal d'échantillonnage, ainsi il n'y a pas d'interférences entre symboles, d'où le critère de Nyquist est bien respecté pour cette représentation.

⇒ **Question 5 :**

l'on échantillonne à $t_0 + mT_s$ avec $t_0 = T_s$, ainsi on utilise un détecteur à seuil pour prendre les décisions avec un seuil à 0,

On a donc par définition : $TEB = Q\left(\frac{Vg(t_0)}{\sigma_w}\right)$, Or comme on a deux symboles donc $V = 1$, et $g(t_0) = T_s$

donc :

$$TEB = Q\left(\frac{T_s}{\sigma_w}\right)$$

⇒ **Question 6 :**

On a la puissance du bruit en sortie du filtre de réception σ_w^2 est définie par :

$\sigma_w^2 = N_0 \int_R |H_r(f)|^2 df$, comme la période d'échantillonnage est de T_s alors on a :

$$\sigma_w^2 = \frac{2 * N_0}{T_s}$$

⇒ **Question 7 :**

On a l'énergie des symboles à l'entrée du récepteur E_s est définie par :

$$E_s = P_{signal} * T_s = \sigma_a^2 \int_R |H(f)|^2 df$$

alors :

$$E_s = T_s$$

⇒ **Question 8 :**

D'après les questions précédentes on a $TES = TEB$, ainsi

$$TEB = Q\left(\frac{E_b}{\sqrt{\frac{2 * N_0}{E_b}}}\right)$$

, car $E_b = T_s$

3 Implantation sous Matlab

⇒ **Question 1 :**

Avec les données données en énoncé on a la chaîne de transmission sans canal est donnée par la figure suivante pour un nombre de bits générées de $N = 3000$ bits :

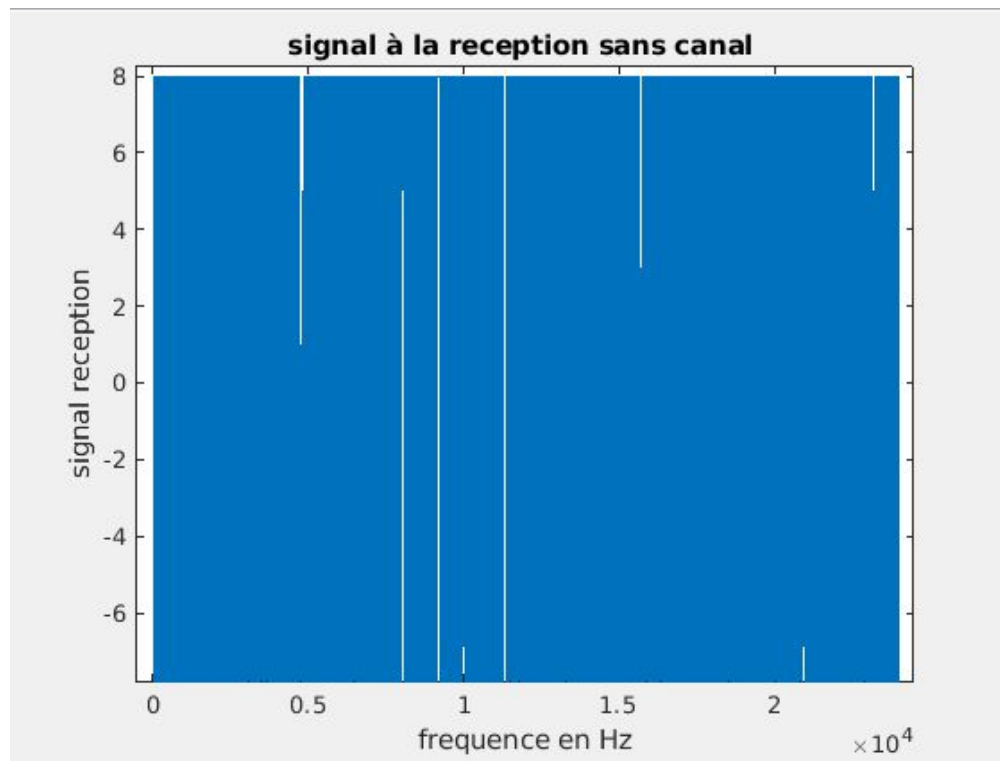


FIGURE 5 – signal de réception sans canal

On peut aussi vérifier le taux d'erreur binaire (TEB) on trouve le résultat suivant :

```
taux_erreur =  
  
0
```

FIGURE 6 – taux erreur chaîne sans canal

⇒ Question 3 :

a)

Pour cette question on décide d'implanter la chaîne avec la partie filtrage réalisée par la partie canal. On obtient donc les résultats suivants :

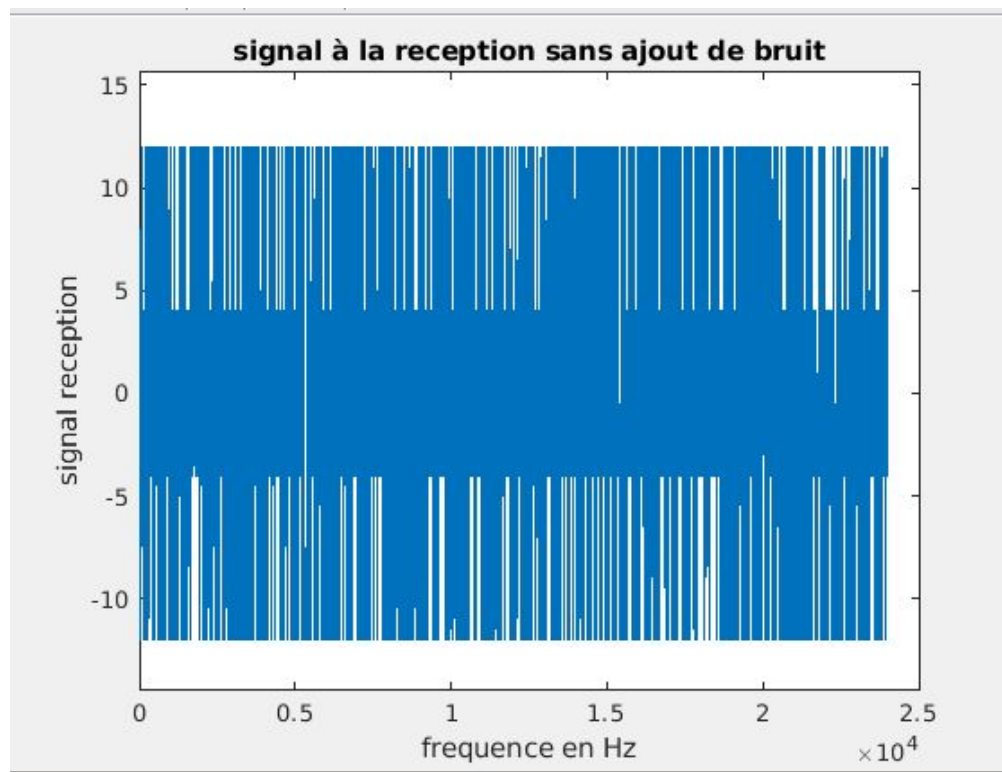


FIGURE 7 – réponse avec canal

On peut tracer le diagramme de l'oeil pour comparer avec la partie théorique, on obtient donc le diagramme de l'oeil suivant : On a donc le mêmes résultats qu'en théorique.

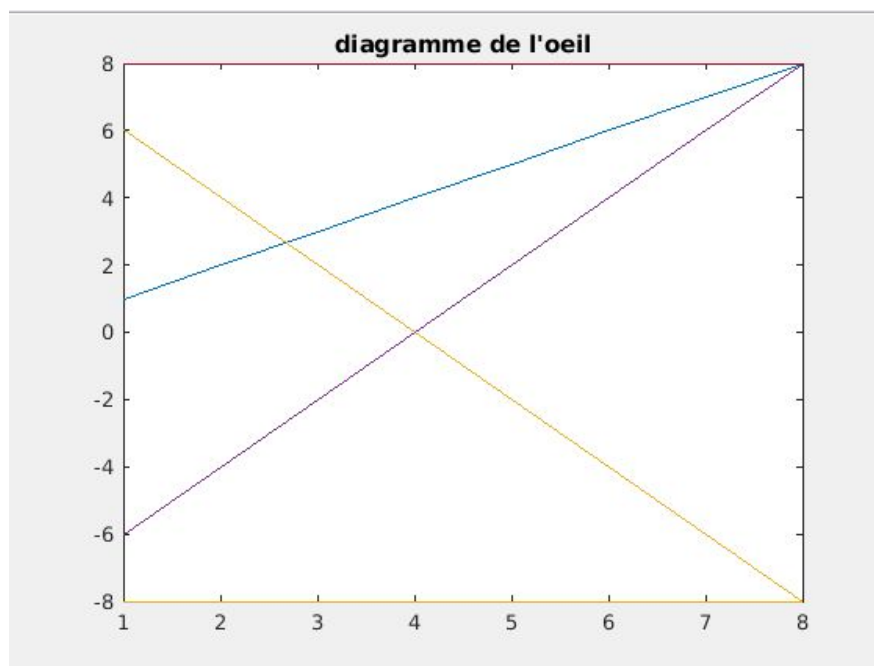


FIGURE 8 – diagramme oeil

b)

Pour les constellations en sortie de récepteur voir *projet.m*

c)

Pour le TEB pour cette chaîne avec canal on obtient ainsi le résultats suivant :

```
taux_erreur_canal =
    0
```

FIGURE 9 – taux d'erreur chaîne avec canal

⇒ **Question 4 :**

On implante maintenant la chaîne complète avec le filtrage canal et l'ajout de bruit. On trace donc le taux d'erreur binaire (TEB) On obtient les résultats de la figure suivante :

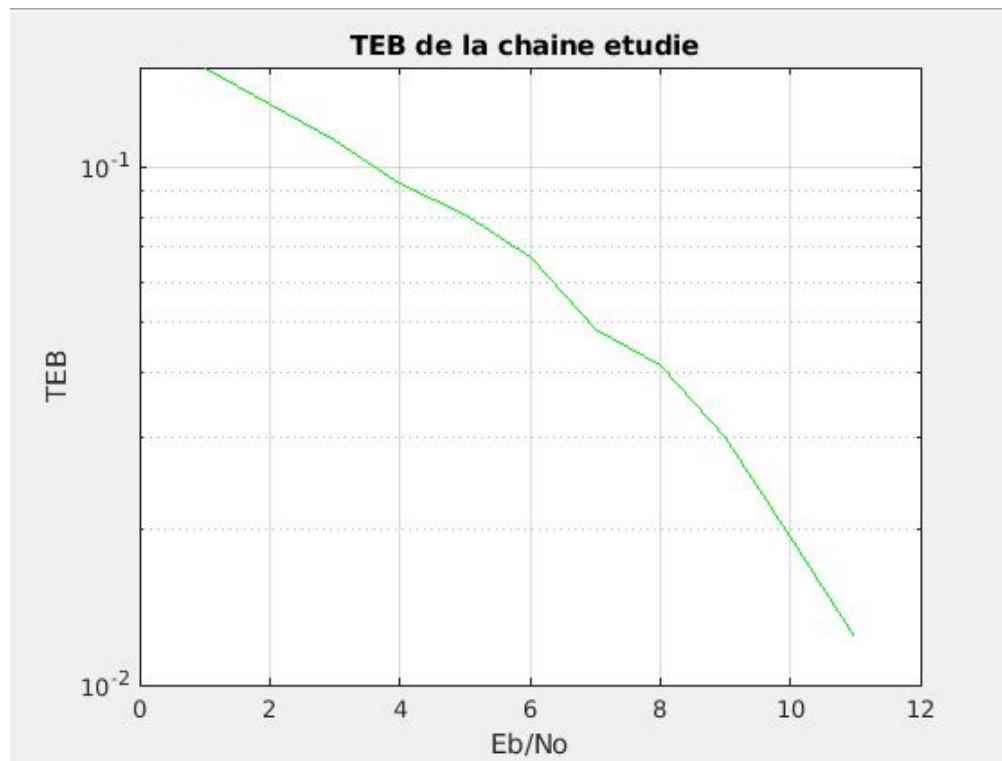


FIGURE 10 – taux d'erreur chaîne étudié

a)

Pour pouvoir voir les performance de la chaîne implanté on trace son TEB avec celui théorique ,ci dessous le résultat obtenus :

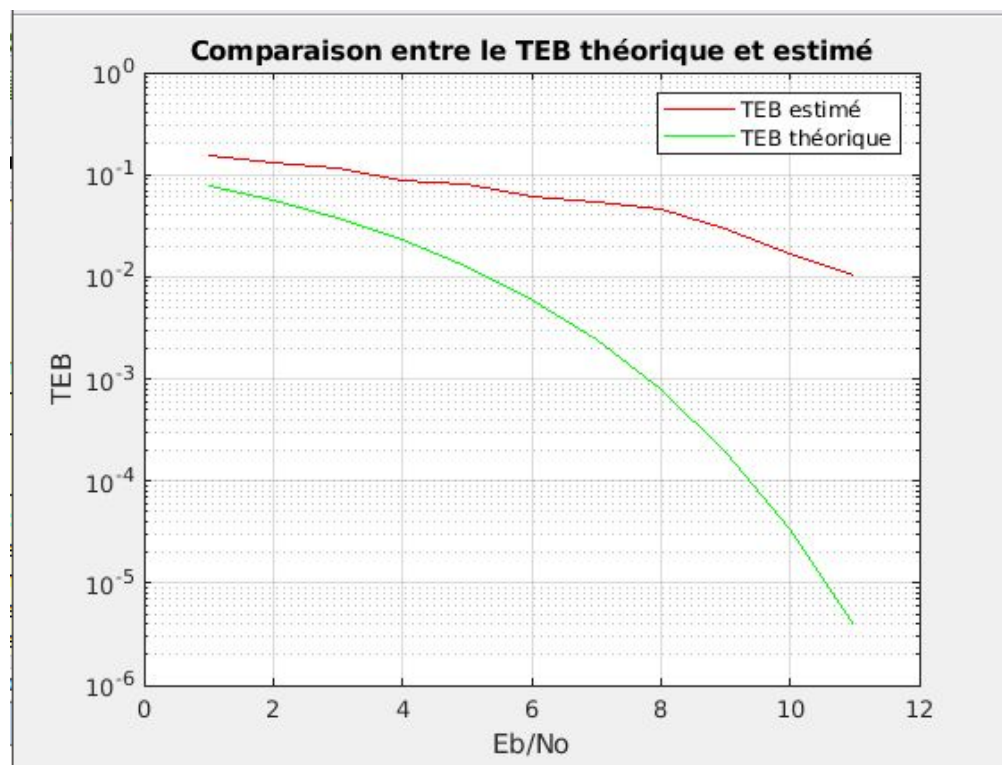


FIGURE 11 – TEB théorique et estimé

D'après les tracés des deux TEB théorique (en vert) et estimé(en rouge) on remarque que la chaîne présente un grand erreur de taux binaire avec l'ajout du bruit

b)

Pour la chaîne sans filtrage canal on obtient les résultats de tracées des TEBs suivants :

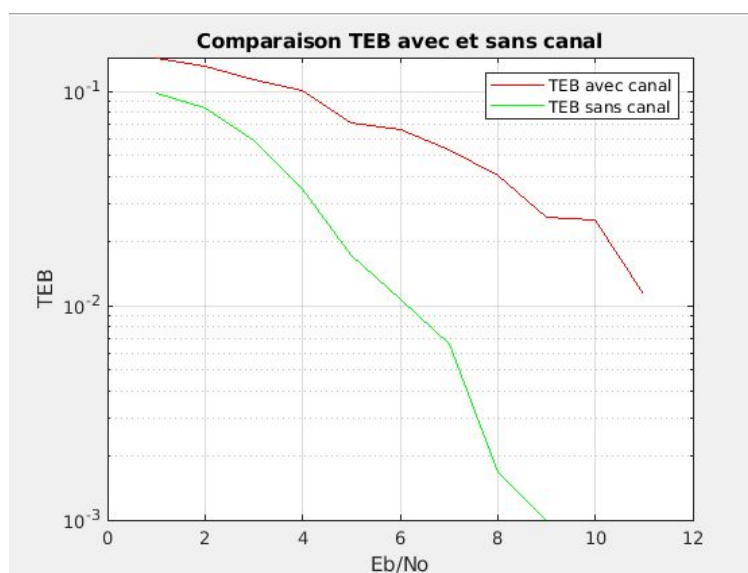


FIGURE 12 – TEBs chaîne implante et sans filtre canal

On remarque qu'il y a un écart important entre les deux TEB ; sans canal et avec canal , car comme on ajoute un bruit gaussien dans la chaîne avec canal on obtient donc un TEB important

4 Egalisation ZTE

⇒ **Question 1 :**

Cette question n'a pas été traitée , elle m'a posé beaucoup des problèmes ,

⇒ **Question 2 :**

Pour la chaîne avec égalisation , on a en plaçant un dirac a l'entrée de la chaîne , et en utilisant les données de l'énoncé (vecteur C, formule pour le calcul des coefficients) on obtient pour un nombre N de bits de $N = 10$, on obtient les coefficients suivants :

```
coefficients1 =
    1.0e+07 *
    -4.3458
     0.6208
    -0.0887
     0.0127
    -0.0018
     0.0003
    -0.0000
     0.0000
    -0.0000
     0.0000
```

FIGURE 13 – Coefficients pour $N = 10$

On trace maintenant la réponse en fréquence du canal de propagation, la réponse en fréquence de l'égaliseur, le produit des deux, ci dessous les résultats obtenus :

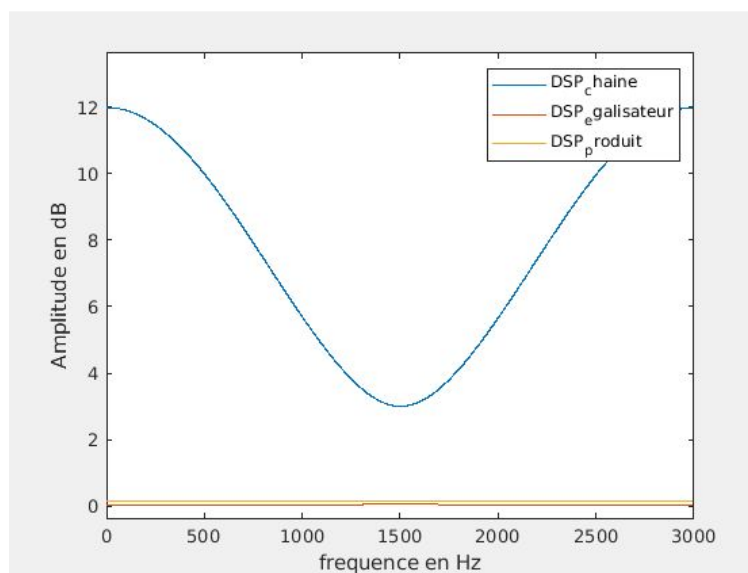


FIGURE 14 – Réponses en fréquence

pour pousser le raisonnements on peut tracer les réponses ipulsionelle et on obtient les résultats ci-dessous :

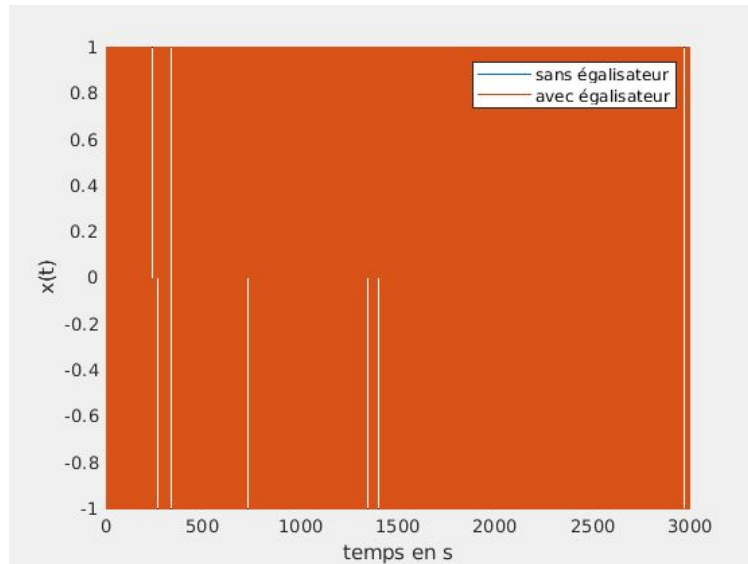


FIGURE 15 – Réponse impulsionnelle avec/sans égalisateur

Ainsi le taux d'erreur entre les deux traces est beaucoup plus faible donc l'égalisateur marche bien dans ce cas :

```
difference_egalisateur =
0.0100
```

FIGURE 16 – Différence entre les réponses impulsionnelles

Pour l'information binaire à transmettre dans la chaîne avec égalisation il faut de-commenter les lignes correspondantes dans le lignes correspondantes(voir fichier projet.m)

En ajoutant le bruit a la chaîne de transmission on trace sur un même graphe le TEB obtenu avec/sans égalisateur On obtient le graphe suivant :

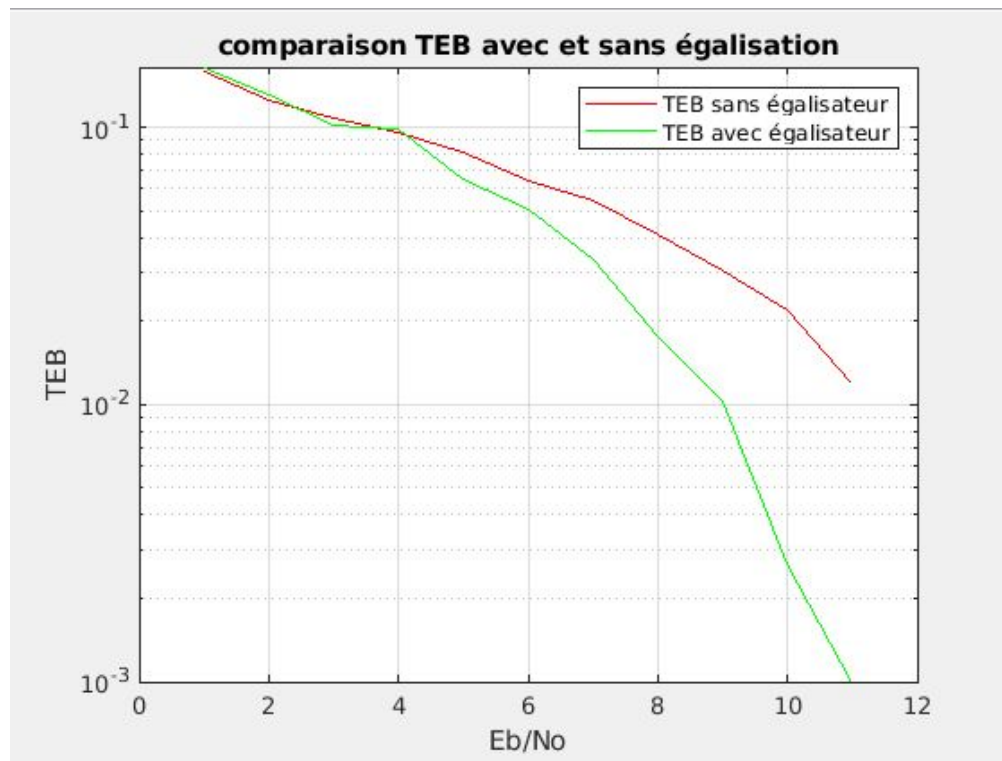


FIGURE 17 – TEB avec/sans égalisateur

la chaîne avec égalisateur est bien plus performante que celle sans l'égalisateur , de plus avec l'égalisateur on respecte le critère de Nyquist.

5 Conclusion

Dans ce projet , on a vu l'impact de l'égalisateur sur la chaîne de transmission , ainsi comment le taux d'erreur binaire est amélioré par rapport a la chaîne implante précédemment .Ainsi le calcul des coefficients a la main parait un peu difficile car j'ai pas eu des idées , donc j'ai juste fait la question avec Matlab.