



# TÉLÉCOMMUNICATIONS

## Devoir 3

Auteur :  
Mahmoud LAANAIYA

Professeur encadrant : Belmekki Baha Eddine

Département Sciences du Numérique - Première année  
2020-2021

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Réponses aux questions</b>	<b>3</b>
2.1	Chaîne de référence . . . . .	3
2.2	Première chaîne à étudier, implanter et comparer à la chaîne de référence . . . . .	4
2.2.1	Implantation de la chaîne sans bruit . . . . .	4
2.2.2	Implantation de la chaîne avec bruit . . . . .	5
2.3	Deuxième chaîne à étudier, implanter et comparer à la chaîne de référence . . . . .	6
2.3.1	Implantation de la chaîne sans bruit . . . . .	6
2.3.2	Implantation de la chaîne avec bruit . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Autres Observations</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Références</b>	<b>12</b>

## Table des figures

1	TEB Chaîne de Référence . . . . .	3
2	Diagramme de l'Oeil Première Chaîne . . . . .	4
3	Comparaison en terme de puissance . . . . .	5
4	DSP . . . . .	6
5	Diagramme de l'Oeil Deuxième Chaîne . . . . .	7
6	TES Deuxième Chaîne . . . . .	8
7	TEB Deuxième Chaîne . . . . .	9
8	Comparaison TEB . . . . .	9
9	Comparaison DSP . . . . .	10
10	Diagrammes de l'Oeil Chaîne de Référence suivant les valeurs de $E_b/N_0$ . . . . .	11
11	Diagrammes de l'Oeil Première Chaîne suivant les valeurs de $E_b/N_0$ . . . . .	11
12	Diagrammes de l'Oeil Deuxième Chaîne suivant les valeurs de $E_b/N_0$ . . . . .	12

# 1 Introduction

Ce troisième travail va être dédié à l'étude du bruit dans la chaîne de transmission numérique : impact du bruit introduit par le canal sur la transmission, influence du filtrage adapté, calcul et estimation du taux d'erreur binaire (TEB). Pour cela, nous allons implanter sous Matlab différentes chaînes de transmission, les analyser et les comparer en nous focalisant, cette fois, sur leur efficacité en puissance : influence du respect ou du non respect du critère de filtrage adapté, influence du mapping.

## 2 Réponses aux questions

**Remarque :** Les TEB, TES sont tracés avec une précision de 100 itérations. Avec 10000 itérations les figures coïncident.

### 2.1 Chaîne de référence

1. Donnez le TEB théorique de la chaîne implantée, en expliquant pourquoi vous utilisez l'expression fournie (quelles sont les caractéristiques de la chaîne qui font que cette expression est la bonne)

**Réponse :** J'ai calculé la TEB théorique par la fonction `normcdf.m` de MATLAB qui calcule la probabilité qu'une observation d'une distribution normale standard tombe sur un ensemble. Dans notre cas c'est l'ensemble des bits.

Il faut calculer la probabilité qu'une observation d'une distribution normale standard ne tombe sur les bits, et alors  $TEB_{th} = 1 - \text{normcdf}(SNR)$

2. Donnez les tracés superposés sur une même figure du TEB simulé et du TEB théorique afin de valider le bon fonctionnement de votre chaîne de référence

**Réponse :**

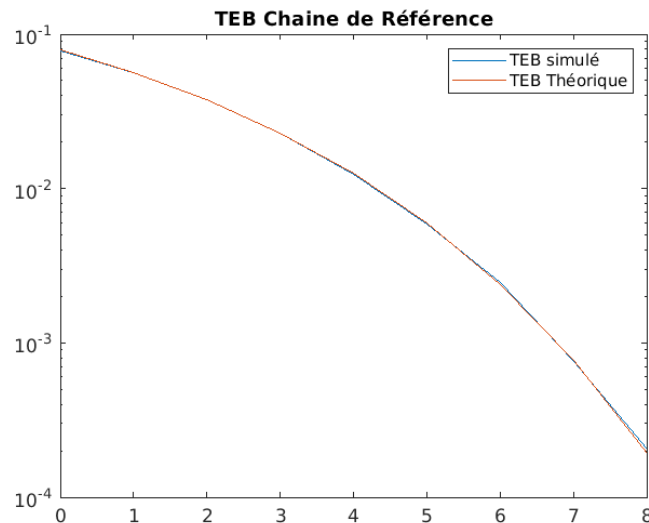


FIGURE 1 – TEB Chaîne de Référence



### 2.2.2 Implantation de la chaine avec bruit

1. Comparez la chaine de transmission implantée ici à la chaine de transmission de référence en termes d'efficacité en puissance. La chaine éventuellement la plus efficace en puissance devra être identifiée, en expliquant ce qui la rend plus efficace si c'est le cas (vous vous appuyerez, pour cela, sur les tracés réalisés durant les TPs et les études réalisées en cours et TD).

**Réponse :** On constate bien que le TEB de la première chaine est supérieur à celui de la chaine de référence, cela est dû au fait que le critère de filtrage adapté n'est pas vérifié, donc le taux d'erreur binaire augmente.

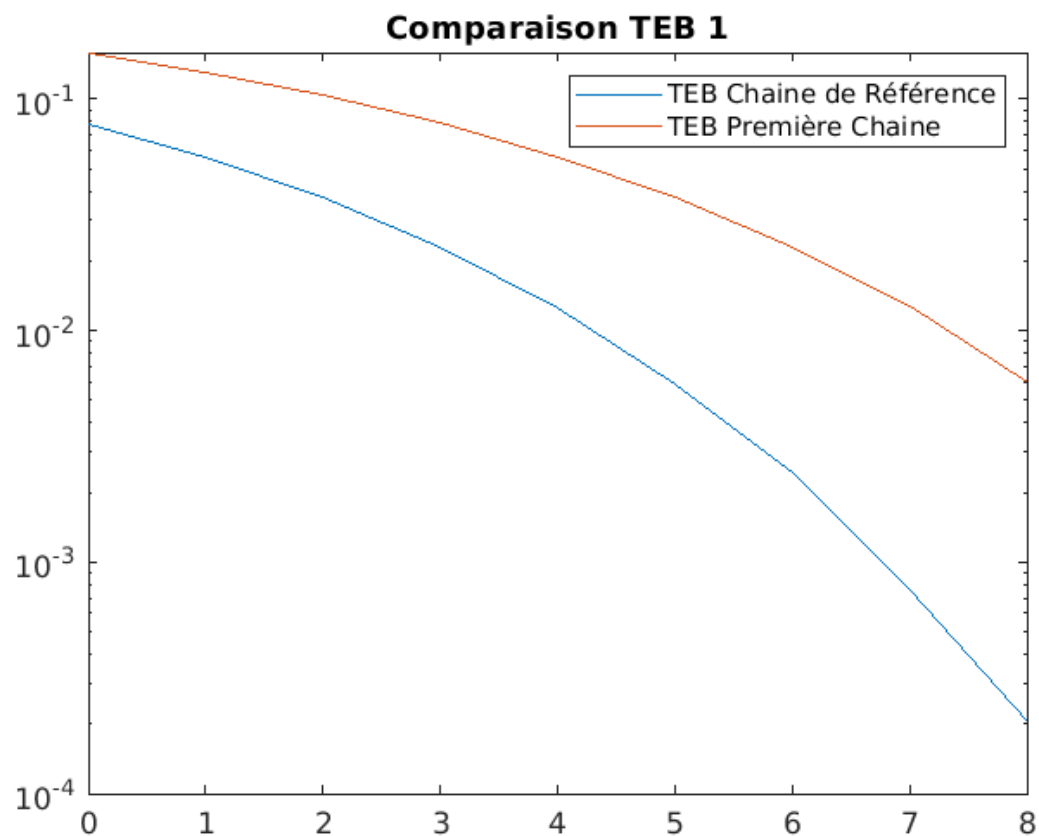


FIGURE 3 – Comparaison en terme de puissance

2. Comparez la chaine de transmission implantée ici à la chaine de transmission de référence en termes d'efficacité spectrale. La chaine éventuellement la plus efficace spectralement devra être identifiée, en expliquant ce qui la rend plus efficace si c'est le cas (vous vous appuyerez, pour cela, sur les tracés réalisés durant les TPs et les études réalisées en cours et TD).

**Réponse :** Puisqu'on a le même signal filtré, on aura de même les mêmes DSP, donc même efficacité spectrale.

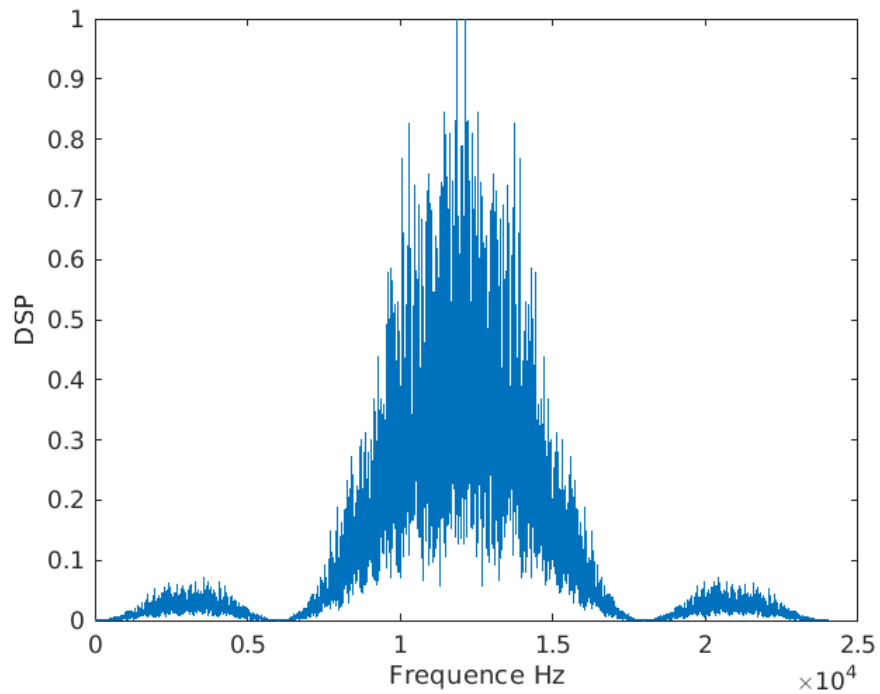


FIGURE 4 – DSP

## 2.3 Deuxième chaine à étudier, implanter et comparer à la chaine de référence

### 2.3.1 Implantation de la chaine sans bruit

1. Utilisez le tracé du diagramme de l'oeil en sortie du filtre de réception sur la durée  $T_s(N_s \text{ échantillons})$  pour proposer des instants d'échantillonnage  $t_0 + mT_s$ , en expliquant votre choix.

**Réponse :** On trouve sur le diagramme de l'oeil que la chaine de transmission respecte le critère de Nyquist car on trouve les pentes de la fonction  $z$  dans ce diagramme.

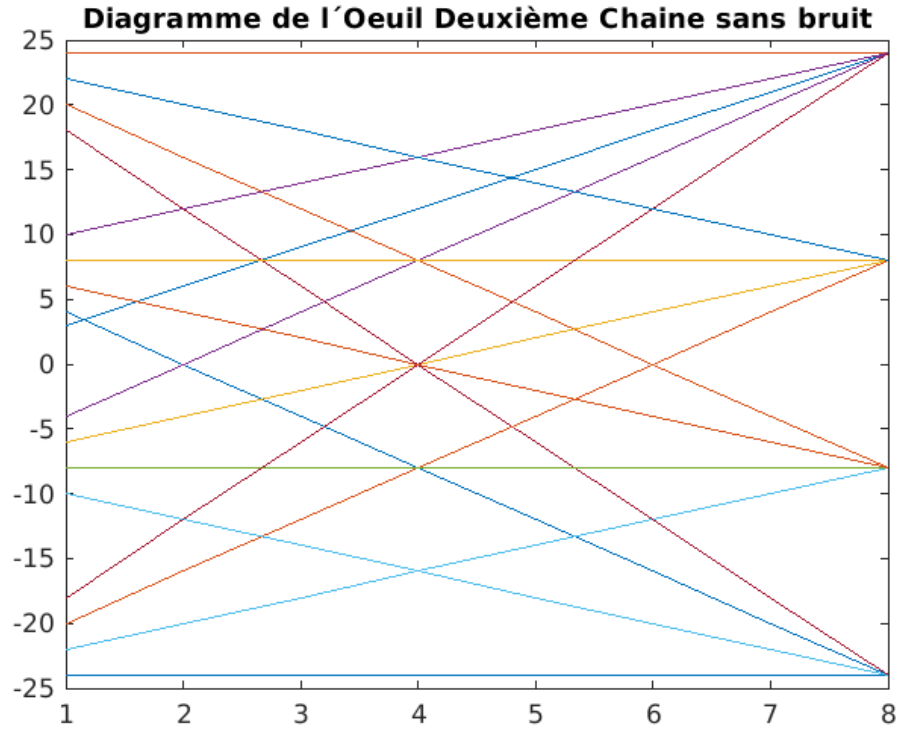


FIGURE 5 – Diagramme de l'Oeil Deuxième Chaîne

- Proposez les seuils optimaux à utiliser ici pour la décision en expliquant votre choix.

**Réponse :** Les seuils optimaux à utiliser sont :  $-2g(t_0), 0, +2g(t_0)$

Ainsi on prend la valeur -3 si  $z_m < -2g(t_0)$ , 3 si  $z_m > +2g(t_0)$ , -1 si  $0 > z_m > -2g(t_0)$  et 1 si  $0 < z_m < 2g(t_0)$

### 2.3.2 Implantation de la chaîne avec bruit

- Donnez les tracés superposés sur une même figure du TES simulé et du TES théorique donné dans l'énoncé :  $TES = \frac{3}{2}Q(\sqrt{\frac{4}{5}\frac{E_b}{N_0}})$ . La similitude ou différence obtenue entre le TES simulé et le TES théorique donné devra être expliquée.

Réponse :

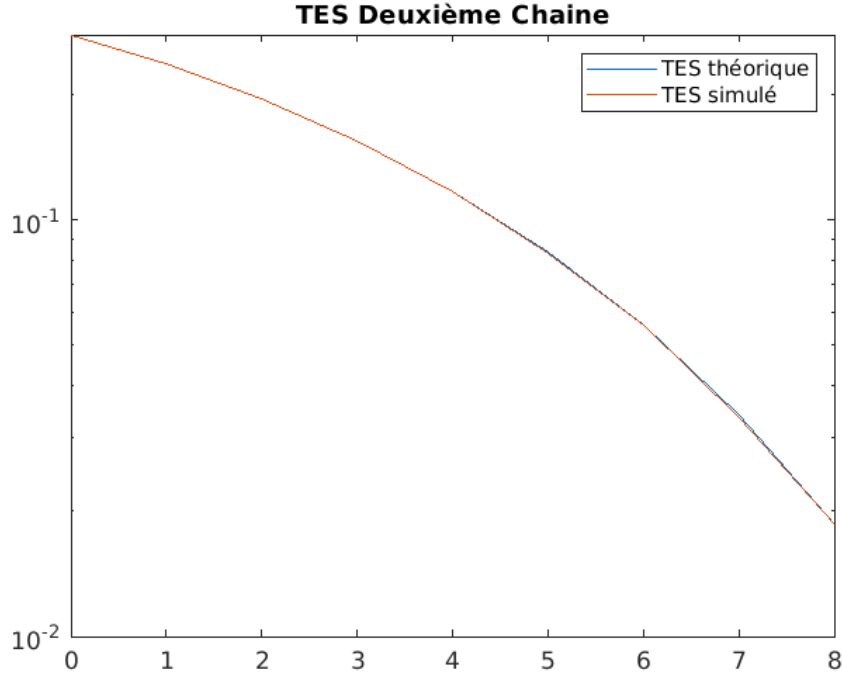


FIGURE 6 – TES Deuxième Chaîne

2. Donnez les tracés superposés sur une même figure du TEB obtenu par simulation sur la chaîne implantée et du TEB théorique suivant :

$$TEB = \frac{3}{4}Q\left(\sqrt{\frac{4}{5} \frac{E_b}{N_0}}\right)$$

La similitude ou différence obtenue devra être expliquée. La chaîne éventuellement la plus efficace en puissance devra être identifiée, en expliquant ce qui la rend plus efficace si c'est le cas.

**Réponse :** Les différences entre les TEB proviennent de celles du TES, puisque dans le cas théorique ou pratique on a dans cette chaîne :  $TEB = TES/2$ .

En effet, on a un mapping de **GRAY**, donc  $TEB = \frac{TES}{\log_2(M)}$  et  $M = 4$

Théoriquement,  $TES = \frac{3}{2}Q\left(\sqrt{\frac{4}{5} \frac{E_b}{N_0}}\right)$  et  $TEB = \frac{TES}{\log_2 M} = \frac{3}{4}Q\left(\sqrt{\frac{4}{5} \frac{E_b}{N_0}}\right)$



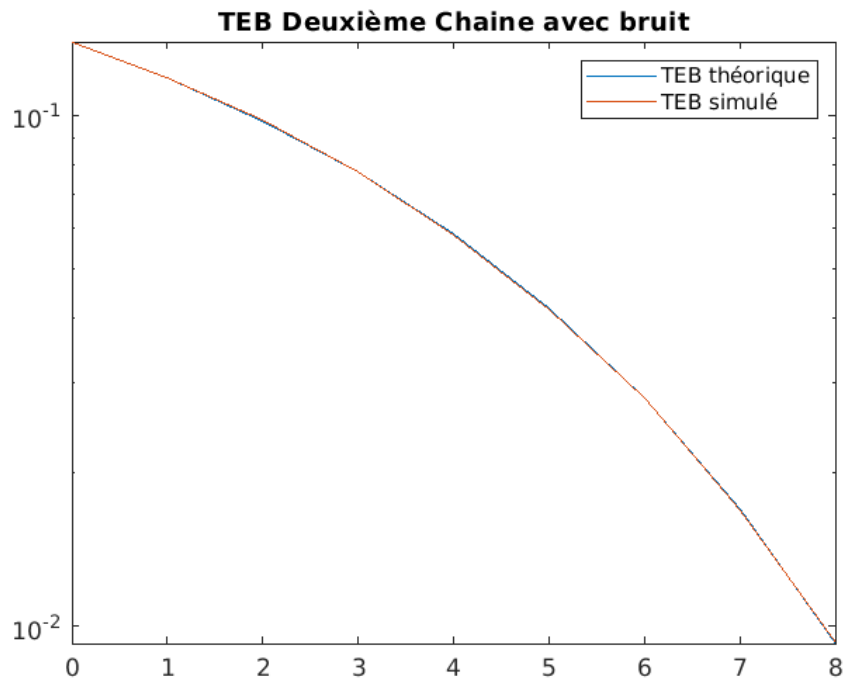


FIGURE 7 – TEB Deuxième Chaîne

3. Comparez la chaîne de transmission simulée ici à la chaîne de référence en termes d'efficacité en puissance en expliquant votre réponse (vous vous appuyerez, pour cela, sur les tracés réalisés durant les TPs et les études réalisées en cours et TD).

**Réponse :** De même comme dans la première chaîne...

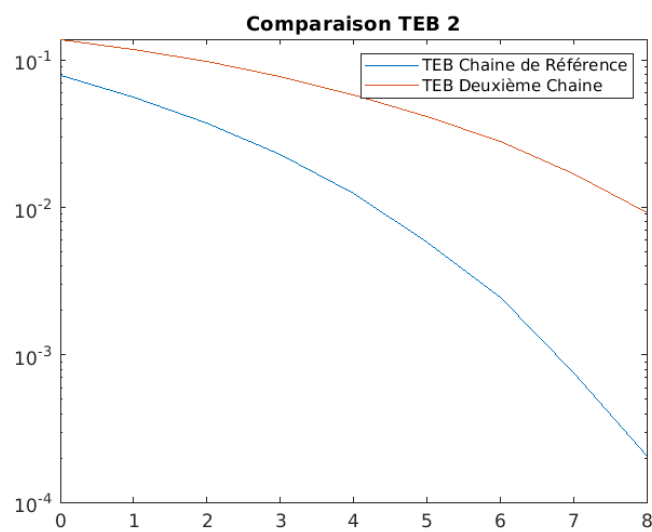


FIGURE 8 – Comparaison TEB

4. Comparez la chaîne de transmission simulée ici à la chaîne de référence en termes d'efficacité spectrale en expliquant votre réponse (vous vous appuyerez, pour cela, sur les tracés réalisés durant les TPs et les études réalisées en cours et TD).

**Réponse :** Ici on raisonne sur les bandes. Plus la bande est grande plus l'efficacité diminue. On voit que la bande de la première chaîne (qui est la même que celle de la chaîne de référence) est plus grande que celle de la deuxième chaîne. Donc la deuxième chaîne a une efficacité spectrale plus grande que celle de la chaîne de référence.

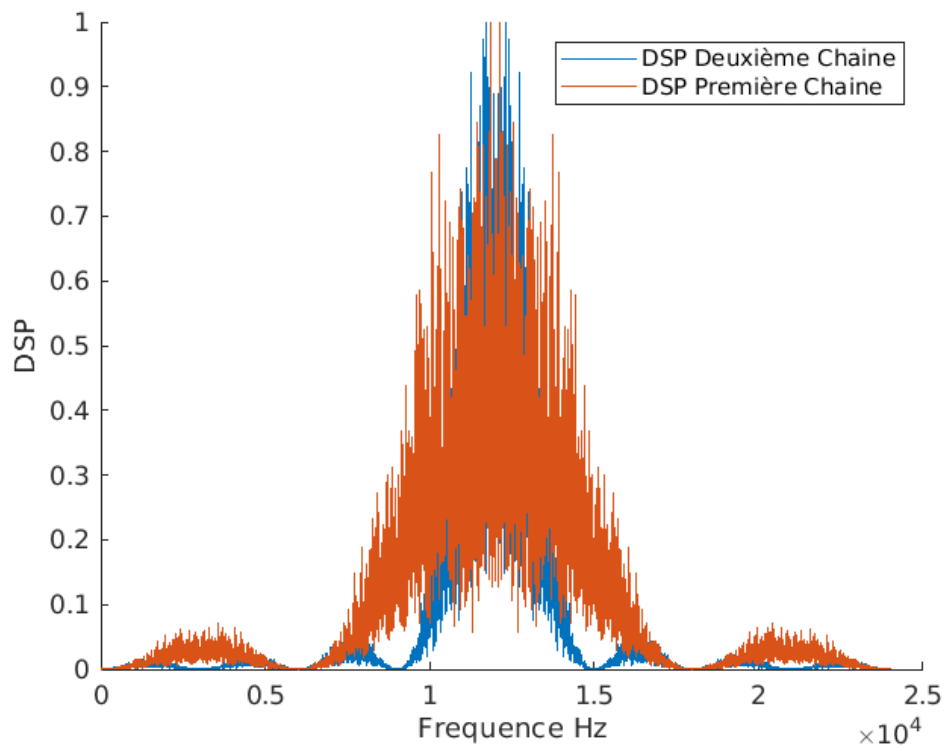


FIGURE 9 – Comparaison DSP

### 3 Autres Observations

Dans cette section, je vous montre les différents diagrammes de l'Oeil des trois chaines en variant le terme  $E_b/N_0$

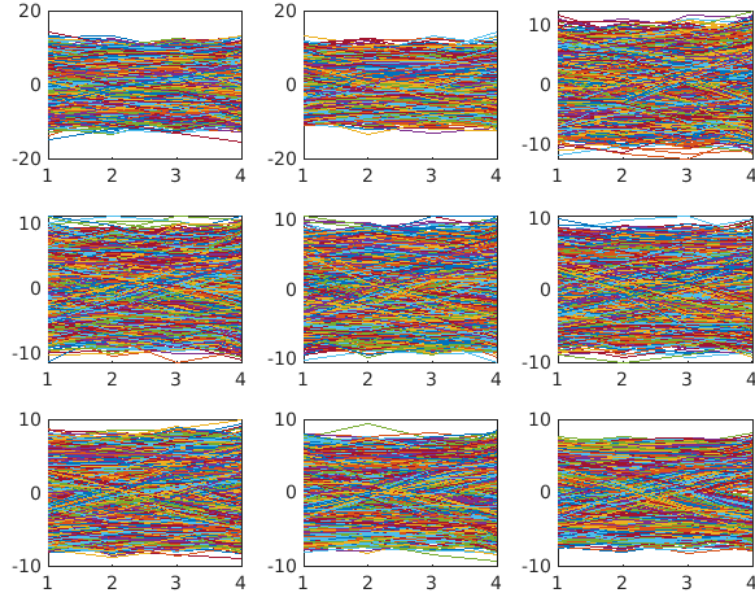


FIGURE 10 – Diagrammes de l'Oeil Chaine de Référence suivant les valeurs de  $E_b/N_0$

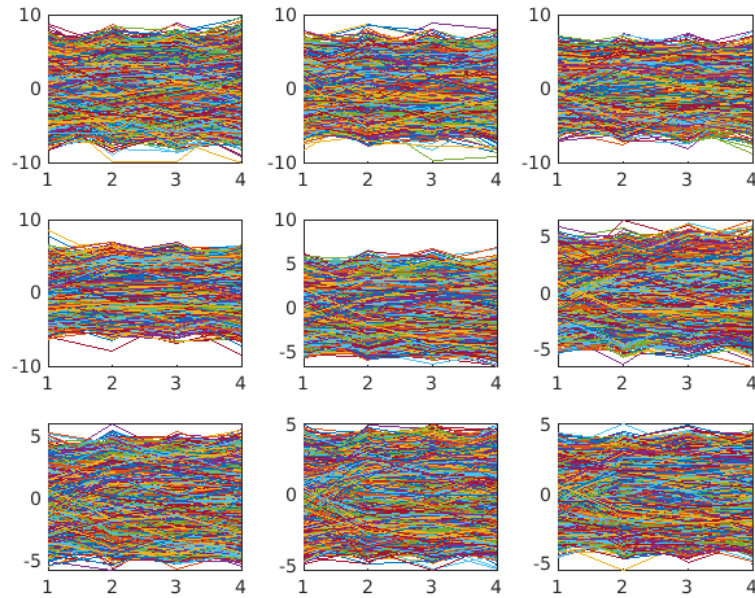


FIGURE 11 – Diagrammes de l'Oeil Première Chaine suivant les valeurs de  $E_b/N_0$

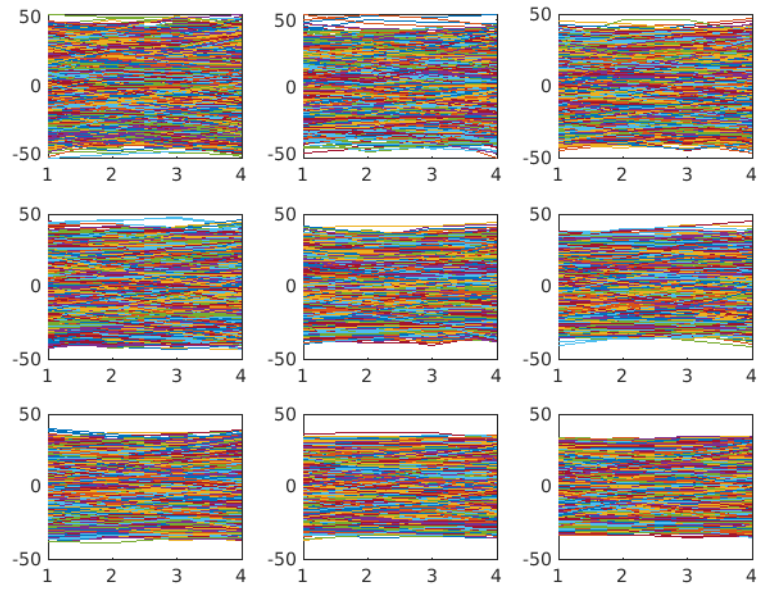


FIGURE 12 – Diagrammes de l'Oeil Deuxième Chaine suivant les valeurs de  $E_b/N_0$

## 4 Références

Slides du cours, Nathalie Thomas