



Introduction aux communications numériques

Étude de l'impact du bruit dans la chaîne de transmission

Guohao DAI, Groupe E

Première année - Département Sciences du Numérique

2020-2021

1. Introduction

Vous trouverez ici les questions auxquelles nous vous demanderons de répondre pour compléter vos codes dans le rendu du devoir 3. Merci de nous soumettre les réponses dans un fichier au format pdf et de reprendre dans ce fichier les figures permettant d'expliquer vos réponses, illustrant vos analyses (afin d'éviter un va et vient entre le code et vos réponses lors de la correction)

2. 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)
- (2) Donnez les traces superposées sur une même figure du TEB simulé et du TEB théorique afin de valider le bon fonctionnement de votre chaîne de référence

Réponse :

- (1) Le TEB théorique de la chaîne 1 (Pour $a_k \in \{-1, +1\}$):

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

Le TEB théorique de la chaîne 2 (Mapping de Gray, $M = 4$):

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

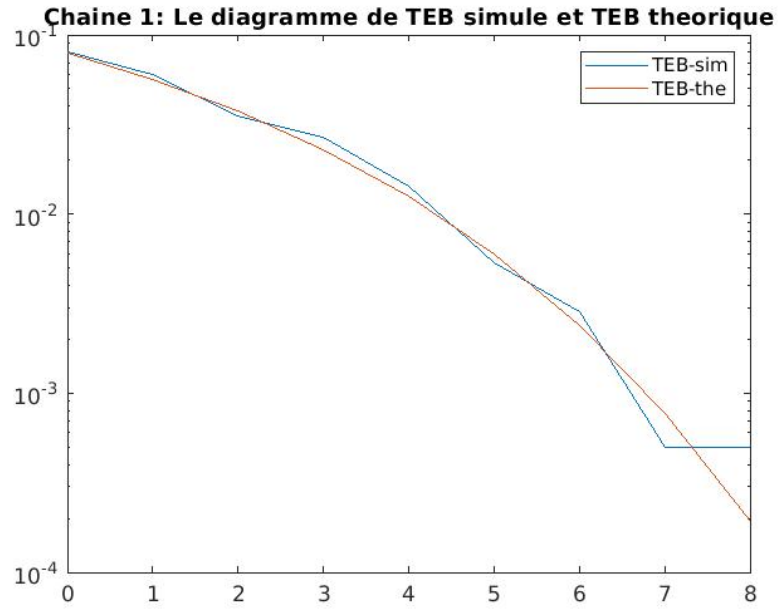
$$TES_{min} \approx 2\left(\frac{M-1}{M}\right) Q\left(\sqrt{\frac{6\log_2(M)E_b}{M^2-1N_0}}\right)$$

Pour le modulateur utilisé est de type NRZ à 4 niveaux et utilise le mapping suivant :

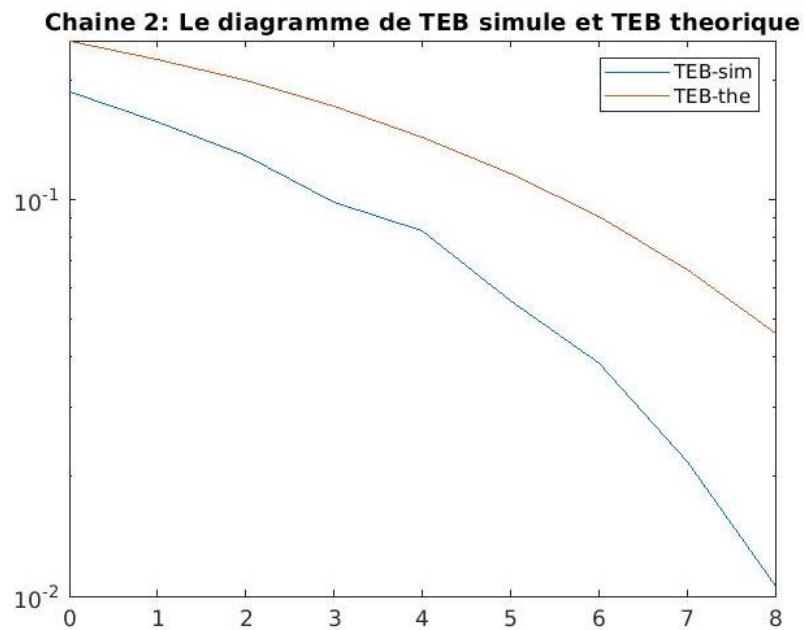
00	-3
01	-1

11	+1
10	+3

(2) The figure of simulated TEB and theoretical TEB of Chaîne 1 :



The figure of simulated TEB and theoretical TEB of Chaîne 2 :



3. Première chaîne à étudier, implanter et comparer à la chaîne de référence

On considérera ici un mapping binaire à moyenne nulle (symboles $a_k \in \{-1, +1\}$) et les réponses impulsionnelles des filtres de mise en forme et de réception, $h(t)$ et $h_r(t)$, données par la figure 1. Les filtres de mise en forme et de réception, $h(t)$ et $h_r(t)$, données par la figure 1.

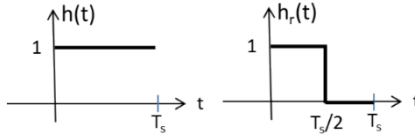


Figure 1: Réponses impulsionnelles des filtres d'émission et de réception.

3.1 Implantation de la chaîne sans bruit

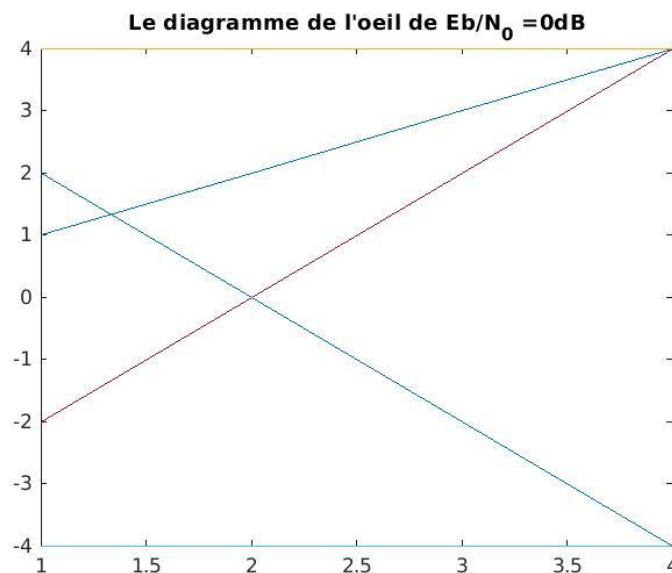
- Utilisez le tracé du diagramme de l'œil en sortie du filtre de réception sur la durée T_s (Ns échantillons) pour proposer des instants d'échantillonnage $t_0 + mT_s$, en expliquant votre choix.
- Proposez le seuil optimal à utiliser ici pour la décision en expliquant votre choix.

3.2 Implantation de la chaîne avec bruit

- Donnez les traces superposées sur une même figure du TEB simulé et du TEB théorique afin de valider le bon fonctionnement de votre chaîne.
- Comparez la chaîne de transmission implantée ici à la chaîne de transmission de référence en termes d'efficacité en puissance. La chaîne 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 TP et les études réalisées en cours et TD).
- Comparez la chaîne de transmission implantée ici à la chaîne de transmission de référence en termes d'efficacité spectrale. La chaîne 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 TP et les études réalisées en cours et TD).

Réponse :

- 3.1 a) According to the eye diagram as below, we can see that $t_0 = 4$.

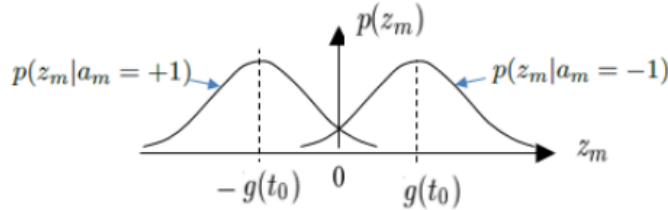


b) Threshold at 0 because for $z_m = a_m g(t_0) + w_m < 0$, we will always have

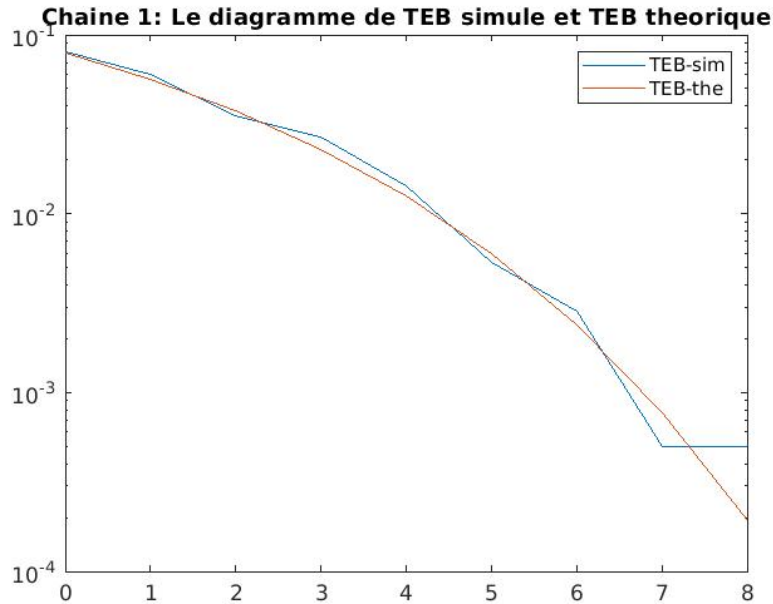
$p(z_m | a_m = -1) > p(z_m | a_m = +1)$ and for $z_m = a_m g(t_0) + w_m > 0$ we will always have

$p(z_m | a_m = +1) > p(z_m | a_m = -1)$ (ML rule).

$p(z_m) = 1/2 p(z_m | a_m = -1) + 1/2 p(z_m | a_m = +1)$ (law of total probabilities) gives the Gaussian mixture given by figure.



3.2 The figure of simulated TEB and theoretical TEB of Chaîne 1:



According to this figure, we find that the difference between the two curves is small.

That means the validates the correct operation of the chain of transmission.

4. Deuxième chaîne à étudier, implanter et comparer à la chaîne de référence

On considérera ici un mapping 4-aire à moyenne nulle (symboles $a_k \in \{-3, -1, +1, +3\}$) et des réponses impulsionnelles des filtres de mise en forme et de réception, $h(t)$ et $h_r(t)$, rectangulaires de hauteur 1 et de durée T_s .

4.1 Implantation de la chaîne sans bruit

a) Utilisez le tracé du diagramme de l'œil en sortie du filtre de réception sur la durée T_s (N_s échantillons) pour proposer des instants d'échantillonnage $t_o + mT_s$, en expliquant votre choix.

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

4.2 Implantation de la chaîne avec bruit

a) Donnez les tracés superposés sur une même figure du TES simulé et du TES théorique donné dans l'énoncé :

$$TES = \frac{3}{2} Q \left(\sqrt{\frac{4 E_b}{5 N_0}} \right)$$

La similitude ou différence obtenue entre le TES simulé et le TES théorique donné devra être expliquée.

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

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

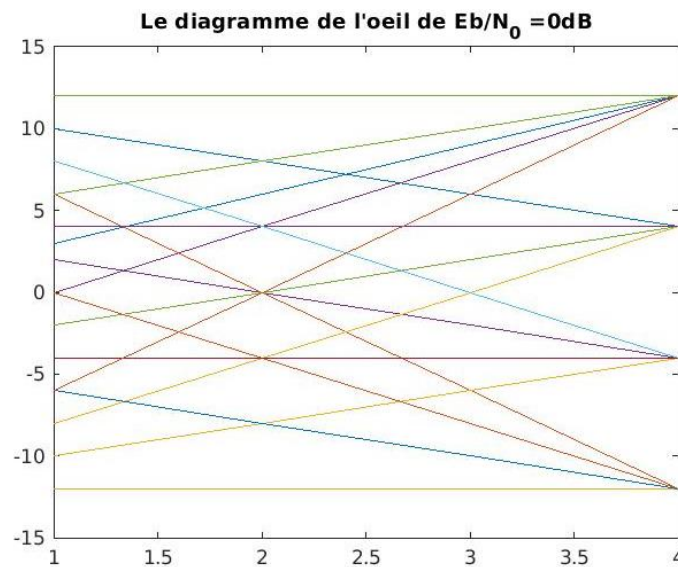
La similitude ou différence obtenue devra être expliquée. La chaîne éventuellement la plus efficace en puissance devra être identifiée, en expliquant ce qui la rend plus efficace si c'est le cas.

c) 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).

d) 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 :

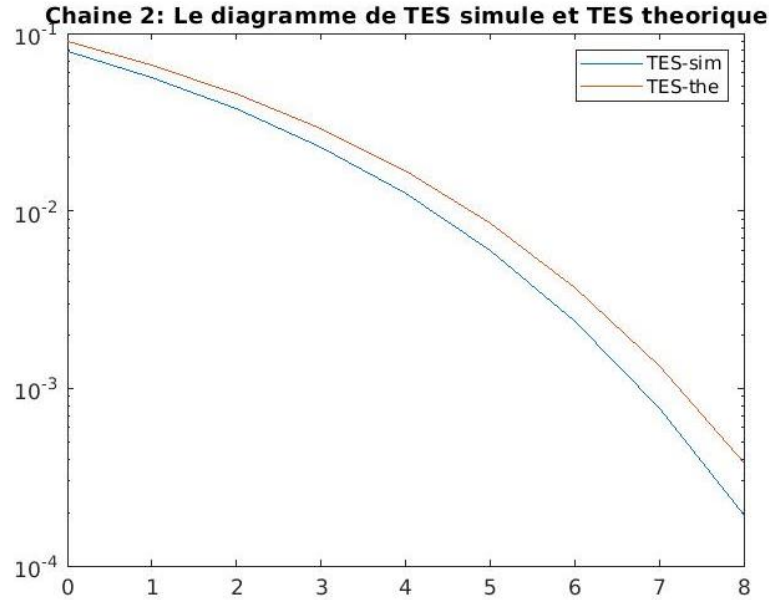
4.1 a) According to the eye diagram as below, we can see that $t_0 = 4$.



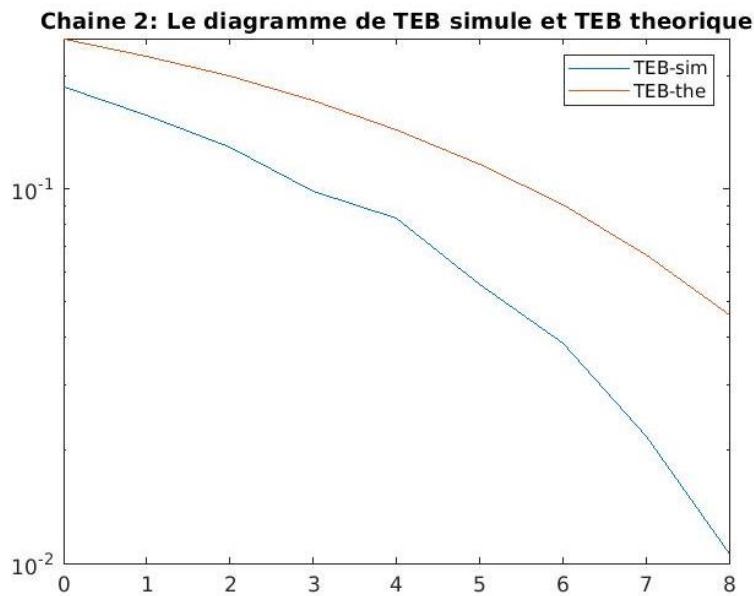
b) According to the same principle as 3.1(b), we can deduce that the thresholds are -8, 0 and 8.

$$\begin{cases} \text{Signal}_{\text{echantillonnage}} < -8, & \text{Signal}_{\text{decision}} = -3; \\ -8 \leq \text{Signal}_{\text{echantillonnage}} < 0, & \text{Signal}_{\text{decision}} = -1; \\ 0 \leq \text{Signal}_{\text{echantillonnage}} < 8, & \text{Signal}_{\text{decision}} = +1; \\ \text{Signal}_{\text{echantillonnage}} \geq 8, & \text{Signal}_{\text{decision}} = +3 \end{cases}$$

4.2 a) The figure of simulated TES and theoretical TES of Chaîne 2:



b) The figure of simulated TEB and theoretical TEB of Chaîne 2:



According to these figures, we find that the differences between the TES-sim and TES-the, TEB-sim and TEB-the are small.

That means the validates the correct operation of the chain of transmission.