

Université des Sciences et de la Technologie
Houari Boumédiène

Faculté de Génie Electrique - Département de Télécommunication

Licence de Télécommunications

Matière

Communications Numériques

TP #4

Transmission numérique en bande de base

Année universitaire 2024/2025

1. Objectif du TP

L'objectif du TP est d'analyser la transmission d'une séquence binaire dans un canal dans différentes conditions. Dans le cadre de ce TP, l'analyse de la transmission est étudiée dans les deux cas suivants :

bande passante illimitée ;

bande passante limitée.

Pour les deux cas, les symboles sont transmis en utilisant le filtre émetteur NRZ polaire.

2. Préparation théorique

Afin de préparer les schémas de simulation pour la transmission d'une séquence binaire, en utilisant l'application GNU Radio Companion (GRC), une étude théorique est utile pour mener à bien le TP.

Dans ce TP, les symboles sont transmis avec un débit de 100 bits/s, le nombre d'échantillons par symbole noté sps est fixé à 10 et la fréquence est égale à sps multiplié par le débit binaire pour visualiser les effets du canal dans la transmission d'une séquence. Dans ce cas, la séquence binaire composée de 24 bits est définie par :

$$d = 001000010011101110111010$$

1. Transmission dans un canal à bande passante illimitée
 - a. Quelle devrait être la condition de récupération des symboles en réception pour éviter les interférences inter-symboles (ISI) ?
 - b. Pourquoi utilise-t-on un filtre adapté en réception ?
 - c. Quelle devrait être la réponse impulsionnelle du canal dans le cas où le signal émis traverse le canal à bande passante illimitée ? Justifier votre réponse des équations.
2. Transmission dans un canal à bande passante limitée
 1. Quelle est la condition de transmission des symboles binaires dans un canal à bande passante limitée sans provoquer les interférences inter-symboles ?
 2. On suppose que la bande passante du canal est liée au débit de symboles par l'équation suivante :

$$B = \beta D_s$$

β est un paramètre positif permettant de fixer la largeur de la bande passante du canal. Quelle est la valeur minimale de β pour éviter l'interférence inter-symboles ?

3. Calculer la valeur de β pour assurer un débit binaire sans erreur pour un SNR = 1.
4. Quel est le rôle du filtre en Cosinus Surélevé ?
5. Déterminer la relation entre le paramètre du filtre surélevé et la valeur de β .

3. Transmission dans un canal à bande illimitée

On considère le schéma de simulation représenté dans Fig. 4.1. Les nouvelles variables définies dans ce TP sont les suivantes :

- h_e : filtre émetteur de type NRZ défini par $h_e = \text{sps} * [1]$ où sps est le nombre d'échantillons représentant un symbole. sps est lié à la période symbole par $T_s = \text{sps}/\text{sample_rate}$.
- h_r : filtre récepteur inversé par rapport au filtre émetteur défini par $h_r = h_e[:: -1]$
- $n_samples = k_bits * \text{sps}$; nombre d'échantillons à afficher.
- $n_eyes = 100 * \text{sps}$: nombre d'œil à afficher dans le diagramme de l'œil.

1. Réaliser le schéma de simulation de la chaîne de communication numérique.
2. En supposant que le SNR soit défini par l'équation suivante :

$$SNR = \frac{A_x^2}{A_b^2}$$

Etudier l'influence du bruit en traçant le BER en fonction de l'amplitude du SNR en utilisant le bloc BER. Les valeurs générées sont comprises entre -4 et 0 en utilisant le logarithme décimal. Une valeur proche de -4 indique qu'il n'y a pas d'erreurs de transmission. En revanche, une valeur proche de zéro indique beaucoup d'erreurs.

3. A partir de la courbe, déterminer la valeur maximale du SNR pour éviter les erreurs de transmission.

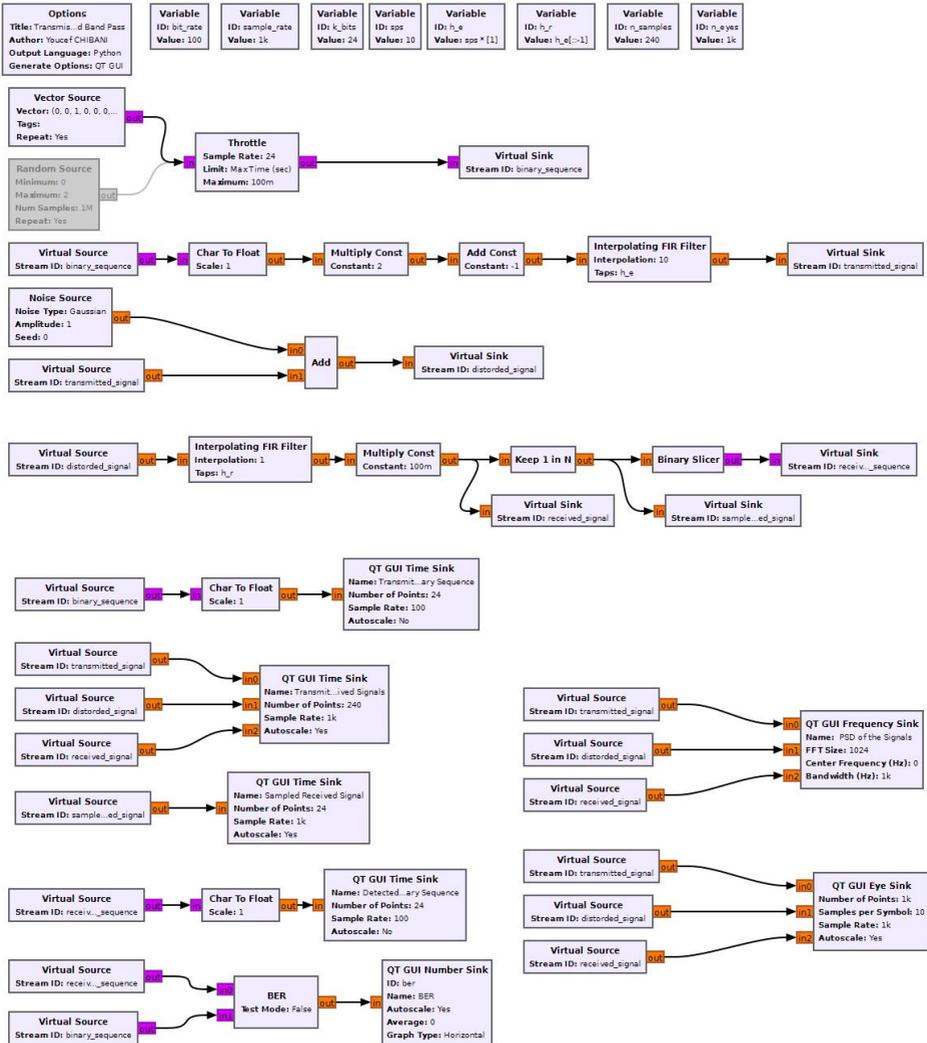


Fig. 4.1. Schéma de simulation d'une chaîne de transmission dans un canal à bande passante illimitée.

4. Transmission dans un canal à bande limitée

On considère le schéma de simulation représenté dans Fig. 4.2. Les nouvelles variables définies dans ce TP sont les suivantes :

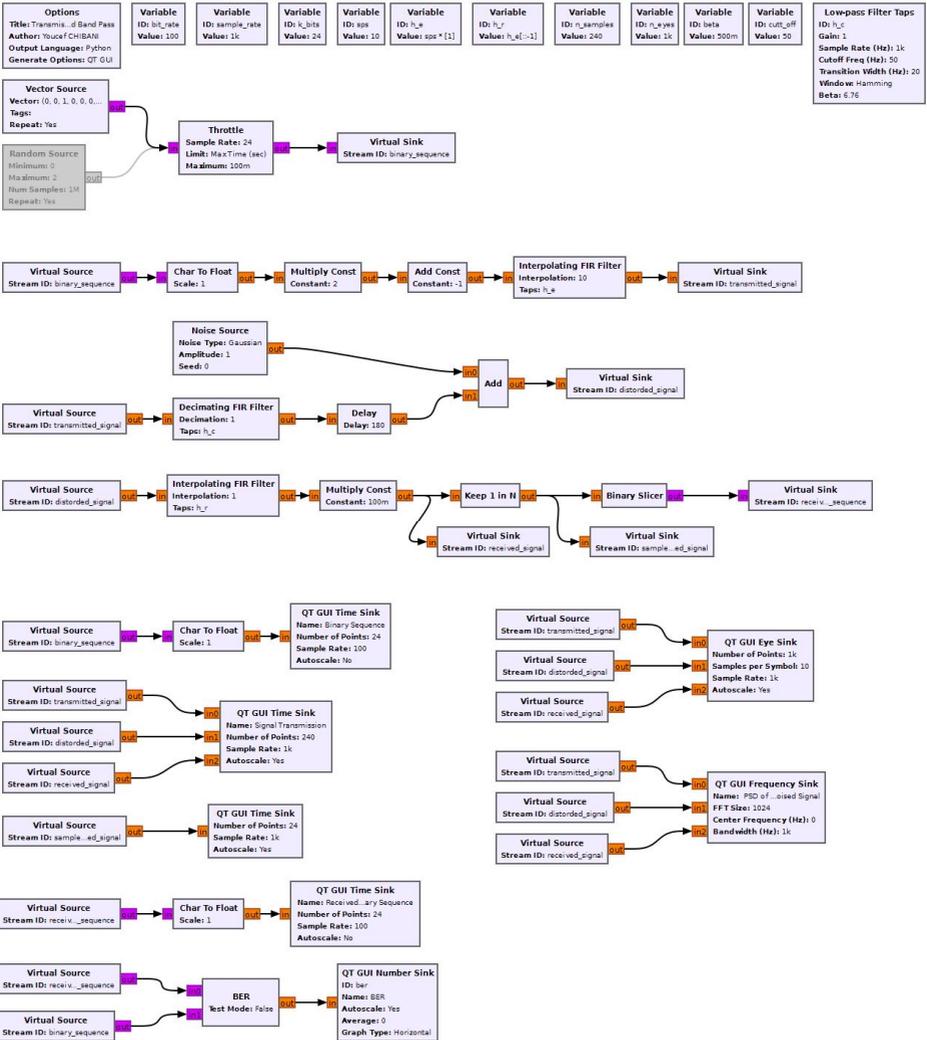


Fig. 4.2. Schéma de simulation d'une chaîne de transmission dans un canal à bande passante limitée.

Le canal de transmission est modélisé par un filtre passe-bas de réponse impulsionnelle notée h_c dont les coefficients sont calculés par le bloc Low Pass Filter Taps. La fréquence de coupure du filtre de canal est notée $cutoff$ qui définit la bande passante du canal dépendante de β et du débit binaire (voir préparation théorique).

1. En observant les spectres des signaux NRZ avant et après passage dans le canal, que peut-on dire ?
2. En observant les diagrammes de l'œil, que pouvez-vous dire de leurs formes ?
3. En l'absence du bruit, quelle est la valeur minimale de la bande passante du canal pour éviter les interférences inter-symboles ?
4. Pour cette valeur minimale de la bande passante du canal, quelle est la valeur maximale de l'amplitude du bruit pour éviter l'ISI ?

5. Transmission dans un canal à bande limitée avec mise en forme en cosinus surélevé

On considère le schéma de simulation représenté dans Fig. 4.3. Dans ce schéma, le filtre de mise en forme en cosinus surélevé est réparti entre émetteur et récepteur en utilisant le bloc Root Raised Cosine (RRC) Filter. Les paramètres de ce filtre sont :

- Sample Rate : Fréquence d'échantillonnage
- Symbol Rate : Débit de Symboles
- Alpha : paramètre pour contrôler la largeur du spectre du filtre.
On rappelle que la largeur du spectre est définie par :

$$W_{RRC} = \frac{1 + \alpha}{2} D_s$$

α est un paramètre variant entre 0 et 1.

1. En faisant varier la valeur de α , que peut-on observer sur les spectres et les diagrammes d'œil des signaux ?
2. D'après les expériences réalisées sur la transmission des symboles, quel est le rôle exacte du filtre RRC ?

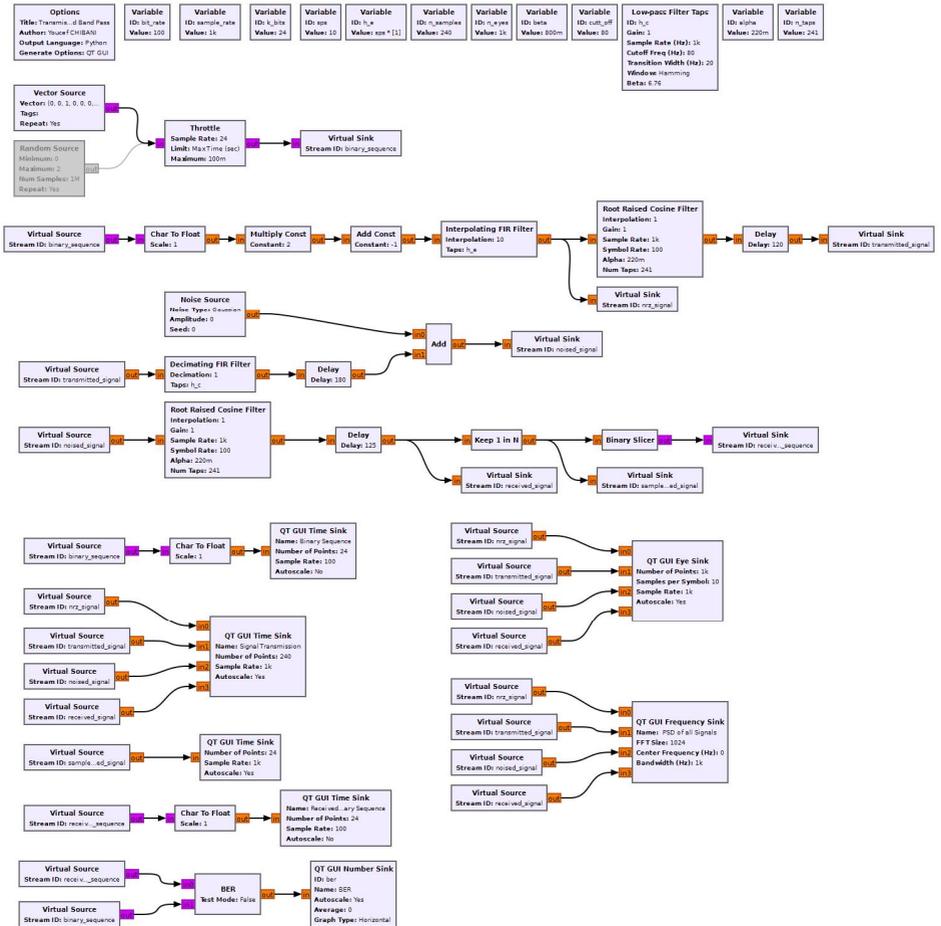


Fig. 4.3. Schéma de simulation d'une chaîne de transmission dans un canal à bande passante limitée avec mise en forme en cosinus surélevé.