

INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS  
EXERCICES CORRIGES  
Première année télécommunications et réseaux  
2022 – 2023

**TD3**

**Impact du bruit - Filtrage adapté - Calcul de TEB - Efficacité en puissance**

I. EXERCICE 1 : ÉTUDE DE CHAINES DE TRANSMISSION EN BANDE DE BASE SUR CANAL AWGN

Soit le système de transmission donné par la figure 1. On considèrera un mapping binaire à moyenne nulle (symboles  $a_k \in \{-1, 1\}$  indépendants et équiprobables) et un bruit  $n(t)$  supposé additif, blanc et gaussien, de densité spectrale de puissance égale à  $\frac{N_0}{2}$  quelle que soit la fréquence.

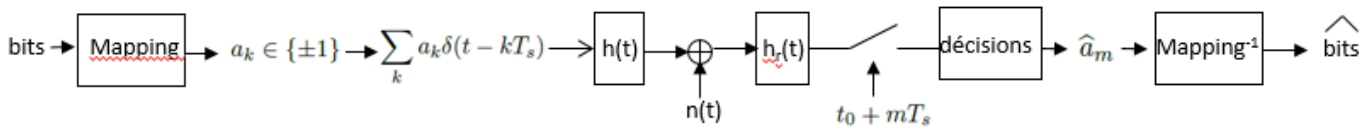


Fig. 1. chaîne de transmission considérée dans l'exercice 1

- 1) Identifier sur la figure le modulateur, le canal de propagation et le démodulateur.
- 2) On considèrera les deux chaines de transmissions suivantes :
  - Chaîne 1 : réponses impulsionnelles des filtres de mise en forme et de réception,  $h(t)$  et  $h_r(t)$ , rectangulaires de durée  $T_s$  et de hauteur 1,  $T_s$  représentant la durée symbole.
  - Chaîne 2 : réponse impulsionnelle du filtre de mise en forme,  $h(t)$ , rectangulaire de durée  $T_s$  et de hauteur 1 et réponse impulsionnelle du filtre de réception,  $h_r(t)$ , rectangulaire de durée  $\frac{T_s}{2}$  et de hauteur 1,  $T_s$  représentant la durée symbole.

Pour chacune de ces chaines de transmissions répondre aux questions suivantes :

- a) A quelle condition la chaîne de communication peut-elle vérifier le critère de Nyquist ?
  - b) En supposant que l'on vérifie le critère de Nyquist sur la transmission, calculer le rapport signal sur bruit aux instants d'échantillonnage (on admettra que la puissance du bruit échantillonné et filtré est identique à celle du bruit filtré et on calculera donc cette puissance en sortie du filtre de réception).
  - c) On choisira d'utiliser un détecteur à seuil pour prendre les décisions sur les symboles. Déterminer le seuil optimal à utiliser en expliquant votre choix.
  - d) En supposant que l'on échantillonne aux instants optimaux et que l'on utilise le seuil optimal de décision, donner le taux d'erreur binaire de la transmission en fonction de  $T_s$  et  $\sigma_w$ ,  $\sigma_w^2$  représentant la puissance du bruit en sortie du filtre de réception  $h_r(t)$ .
  - e) Calculer la puissance du bruit en sortie du filtre de réception,  $\sigma_w^2$ , en fonction de  $N_0$  et de  $T_s$ .
  - f) Calculer l'énergie des symboles à l'entrée du récepteur,  $E_s$ , en fonction de  $T_s$ .
  - g) Dédire des questions précédentes l'expression du taux d'erreur binaire (TEB) en fonction de  $E_b/N_0$ , rapport signal sur bruit par bit à l'entrée du récepteur pour la chaîne étudiée.
- 3) Comparer le TEB obtenu dans les deux chaines de transmission étudiées. Pouvait-on s'attendre à ce résultat ? Expliquer votre réponse.

## II. EXERCICE 2 : ETUDE DU MAPPING

On transmet une suite de bits équiprobables et indépendants à travers un canal de transmission à bruit  $n(t)$  additif, blanc et gaussien de densité spectrale de puissance  $S_n(f) = N_0/2 \forall f \in \mathbb{R}$ . Le modulateur utilisé est de type NRZ à 4 niveaux et utilise le mapping suivant : 00 :  $-3$ , 01 :  $-1$ , 11 :  $+1$ , 10 :  $+3$ . Le filtre de réception est adapté à la forme d'onde reçue et on suppose que l'on échantillonne aux instants optimaux.

- 1) Calculer la probabilité de détecter (en sortie du bloc décision) le symbole  $-1$  alors que l'on a émis  $-3$ .
- 2) Calculer la probabilité de détecter (en sortie du bloc décision) le symbole  $+1$  alors que l'on a émis  $-3$ .
- 3) Calculer la probabilité de détecter (en sortie du bloc décision) le symbole  $+3V$  alors que l'on a émis  $-3V$ .
- 4) AN :  $V = 1$ ,  $N_0 = 10^{-3} V^2 / \text{Hz}$ ,  $R_b = 1 \text{ kbps}$
- 5) La règle de codage choisie vous paraît-elle intéressante ? Si oui, quel est son intérêt ?
- 6) Sachant que le taux d'erreur symbole de la liaison est donné par :

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

Avec la règle de codage choisie pour le mapping donnez le taux d'erreur binaire (TEB) de la liaison, en expliquant votre réponse.

La fonction  $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{+\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$  est donnée par la figure 2.

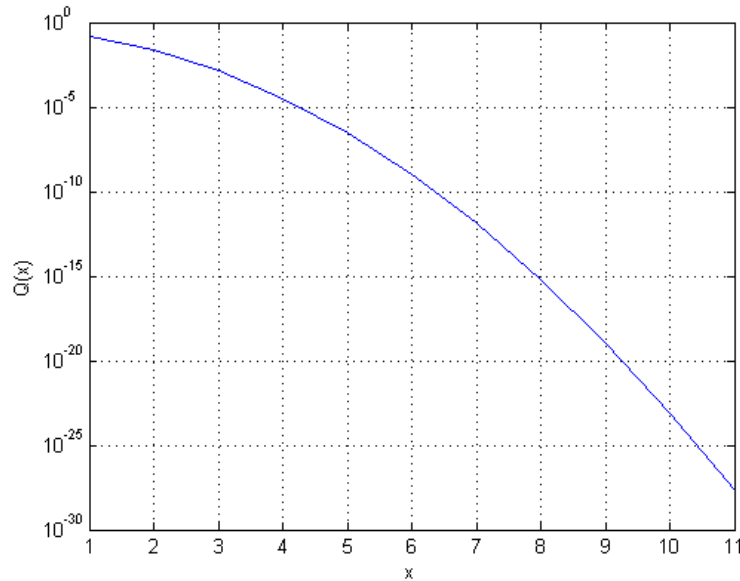


Fig. 2. Fonction  $Q(x)$