

Date : 11/02/2023

Durée : 01H30

Epreuve commune : Communications Numériques Avancées (Sujet 2)

Coefficient : 01

Concours d'accès en Doctorat Troisième Cycle (LMD)

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes de Télécommunications/ Réseaux et Télécommunications

Exercice 1 : (07 pts)

On souhaite mettre en œuvre un système numérique en bande de base de débit binaire $D = 15 \text{ Mbits/s}$. Le système utilise un codage NRZ à 8 états avec un filtre global (émission/réception) de réponse impulsionnelle $p(t)$ de forme cosinus surélevé avec un facteur de retombée $\alpha = 0.4$. Le canal de transmission introduit un bruit additif blanc et gaussien de densité spectrale de puissance $\frac{N_0}{2} = 10^{-9} \text{ W/Hz}$.

- 1- Préciser la forme du filtre d'émission et celle du filtre de réception ;
- 2- Calculer la rapidité de modulation, la largeur de bande occupée et l'efficacité spectrale du système ;
- 3- Si la probabilité d'erreur par symbole d'un système NRZ M -aire est donnée par : $P_{es} = 2 \frac{M-1}{M} Q \left(\sqrt{\frac{6 \log_2(M)}{M^2-1} \cdot \frac{E_b}{N_0}} \right)$, avec E_b est l'énergie par bit :
 - 3.1- Donner l'expression de la probabilité d'erreur par bit P_{eb} en fonction de D , N_0 , la puissance d'émission P et la fonction Q ;
 - 3.2- Pour $P = 150 \text{ mW}$, calculer P_{eb} en utilisant l'approximation :

$$Q(x) \approx \frac{1}{2} e^{-\frac{x^2}{2}} ;$$
- 4- Nous voulons maintenant améliorer la qualité de transmission en réduisant la probabilité d'erreur par bit et ce sans modifier l'efficacité spectrale du système.
 - 4.1- Identifier le paramètre de transmission à modifier ;
 - 4.2- Calculer la valeur de ce paramètre pour atteindre une probabilité d'erreur par bit $P_{eb} = 3 \cdot 10^{-3}$.

Exercice 2 : (06 pts)

On veut transmettre des données binaires, de largeur de bande de fréquences B , égale à 1 GHz , sur un canal à évanouissement. Ce dernier est caractérisé par une réponse impulsionnelle contenant des pics de puissance aux instants suivants : -25 dB à $0 \mu\text{s}$, -15 dB à $1 \mu\text{s}$, 0 dB à $3 \mu\text{s}$, -15 dB à $5 \mu\text{s}$, -15 dB à $7 \mu\text{s}$. On suppose que les niveaux des puissances des différents trajets sont au-dessus du seuil caractérisant la sensibilité du récepteur.

- 1- Représenter graphiquement le profil de retard en puissance (Power Delay Profile PDP) ;
- 2- Déterminer le délai maximal (l'étalement maximal des retards) T_m ;
- 3- Déterminer la dispersion temporelle τ_{RMS} ;
- 4- Donner une estimation de la bande de cohérence du canal B_{coh} ;
- 5- Que signifie la bande de cohérence du canal ?
- 6- Quel est le type d'évanouissement de ce canal ?
- 7- Quelles sont les conséquences de cet évanouissement sur le signal ?

8- Est-ce qu'on peut utiliser la modulation OFDM pour régler ce problème ?

Exercice 3 : (07 pts)

Soit un signal $x(t) = a_1 p_1(t) + a_2 p_2(t)$ avec $a_1 = \pm \sqrt{E_b}$ et $a_2 = \pm \sqrt{E_b}$ sont les symboles transmis, $p_1(t)$ et $p_2(t)$ sont les impulsions orthogonales de mise en forme ($E_{p_1} = E_{p_2} = E_p = 1$). Ce signal est transmis à travers un canal AWGN avec $n(t) \sim \mathcal{N}(0, \frac{N_0}{2})$ comme le montre la figure (1).

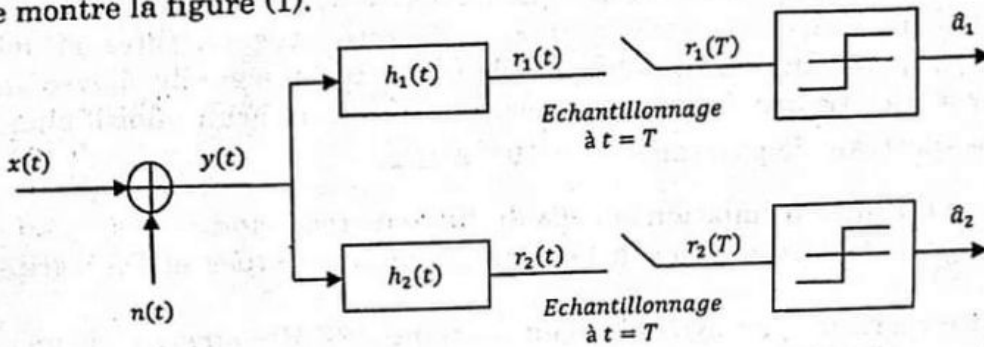


Figure (1)

- 1- Trouver les expressions de $r_1(T)$ et de $r_2(T)$. Identifier la partie signal (\tilde{x}) et la partie bruit (\tilde{n}) pour chacune des expressions finales ;
- 2- Comment peut-on choisir les filtres $h_1(t)$ et $h_2(t)$ afin de maximiser le SNR ;
- 3- Ecrire les nouvelles expressions de $r_1(T)$ et $r_2(T)$ en fonction de E_p , \tilde{n}_1 et \tilde{n}_2 après maximisation de SNR ;
- 4- Donner les expressions des probabilités d'erreur correspondant aux symboles a_1 et a_2 ;
- 5- Démontrer que la probabilité d'erreur totale de ce système est donnée par :

$$P_e = 2Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) - Q^2\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right).$$

Aide : Les deux branches sont indépendantes.