

EPREUVE D'EVALUATION

Année Universitaire : 2022/2023	Date de l'Examen : 13/01/2022
Nature : <input type="checkbox"/> DC <input checked="" type="checkbox"/> Examen <input type="checkbox"/> DR	Durée : <input type="checkbox"/> 1h <input type="checkbox"/> 1h30min <input checked="" type="checkbox"/> 2h
Diplôme : <input type="checkbox"/> Mastère <input checked="" type="checkbox"/> Ingénieur	Nombre de pages : 03
Section : <input type="checkbox"/> GCP <input type="checkbox"/> GCV <input type="checkbox"/> GEA <input checked="" type="checkbox"/> GCR <input type="checkbox"/> GM	Enseignant : M. Abdelhakim KHLIFI
Niveau d'étude : <input type="checkbox"/> 1 ^{ère} <input checked="" type="checkbox"/> 2 ^{ème} <input type="checkbox"/> 3 ^{ème} année	Documents Autorisés : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
Matière : Communications numériques	Remarque : Calculatrice autorisée

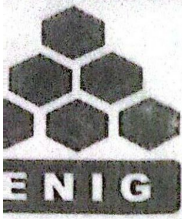
Exercice 1 : Seuil de détection (7.5 points)

On note $\{a_k\}_{k=0,1,\dots,N-1}$ la suite binaire à transmettre avec un débit binaire D_1 . On désire étudier la performance d'un signal NRZ bipolaire de puissance $P = 10^{-4}W$. Ce signal est transmis à travers un canal BBAG dont la DSP du bruit vaut $1.125 \times 10^{-12}W$. La source est considérée non équiprobable et $p_0 = \frac{3}{4}$. Le rapport signal sur bruit à la sortie du filtre de réception vaut

10.45 dB.

SRB = 10.45 dB

1. Quelles sont les critères à atteindre lors de la conception d'une chaîne de transmission numérique ?
2. Donnez avec démonstration, l'expression de la DSP du code NRZ bipolaire et NRZ unipolaire (cas équiprobable).
3. Dans un tableau, comparez les deux codes en ligne
4. Schématiser la chaîne de transmission numérique complète et donner la fonction de chaque bloc.
5. Ecrire l'expression du signal reçu $y(t)$ à la sortie du filtre de réception.
6. Donnez, avec démonstration, l'expression de la probabilité d'erreur P_e en fonction de A, σ, p_0, p_1 et λ le seuil de détection.



EPREUVE D'EVALUATION

7. Donnez, avec démonstration, l'expression de seuil de décision optimal λ_{opt} qui minimise la probabilité d'erreur P_e .
8. Déterminer la valeur du débit binaire et en déduire la valeur de λ_{opt}
9. Calculer dans ce cas la probabilité d'erreur P_e .
10. Proposez des solutions pour améliorer la performance du système.
11. Montrer les deux critères de Nyquist idéal et pourquoi le filtre est non réalisable dans la pratique ?
12. Calculer la bande passante minimale du système B respectant le critère de Nyquist sachant que le facteur roll-off du filtre cosinus surélevé $\alpha = 0.3$. Schématisez ce filtre.
13. A quoi sert le diagramme de l'œil ? Que signifie un œil ouvert ou fermé ? De quels paramètres dépend le diagramme de l'œil. ?
14. Tracez le diagramme d'œil dans le cas d'un canal bruité et la présence d'une forte mobilité.

Exercice 3 : Modulation QAM-M (5.5 points)

On considère maintenant que les signaux sont modulés en **QAM-M** et transmis à travers un canal. Dans cette partie, on suppose que les symboles sont équiprobables. Le nouvel débit atteint est $D_2 = 28 \text{ Mbit/s}$

1. Vérifier que la valeur de la valence $M = 16$.
2. Montrer que la probabilité d'erreur du symbole QAM-M est donnée par :

$$P_{s-QAM-M} \approx 2 \frac{\sqrt{M} - 1}{\sqrt{M}} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{3}{4} \frac{E_s}{N_0}} \right)$$

3. Tracez la constellation QAM-16.
4. Sachant que le rapport $\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{db} = 10 \text{ dB}$, calculer la probabilité d'erreur binaire P_b .
5. Si le canal est fortement bruité, quelle solution proposez-vous?

EPREUVE D'EVALUATION

Exercice 3 : Egalisation du canal (7 points)

1. Le canal est initialement inconnu à la réception. Donnez alors le schéma équivalent d'une chaîne de transmission numérique et donnez le rôle de chaque bloc.
2. Quelle est la différence entre un égaliseur ZF et un égaliseur MMSE ?
3. Maintenant, on suppose que le canal est parfaitement connu. On suppose la fonction de transfert $F(z) = 1 + 0.5z^{-1} + 0.25z^{-2}$. Le bruit blanc gaussien a une densité de spectre de puissance d'ordre 0.4. Les données appliquées à l'entrée du canal ne sont pas corrélées. Un égaliseur ZF de longueur $N = 3$ est utilisé.
 - a. Donnez alors le nouveau schéma équivalent d'une chaîne de transmission numérique.
 - b. Calculer le rapport $SINR$ à la sortie de l'égaliseur et sans égalisation. Conclure.
 - c. La puissance reçue est atténuée d'ordre 3 dB. Recalculer le nouveau $SINR$. Conclure.

→ signal Interface Noise Active

Bonne chance ☺

$$SINR = \frac{P_s}{P_n + P_{\text{interface}}}$$

$$\frac{P_s}{\frac{N_0}{2} + \frac{W_1 \cdot z^{-1}}{W_1 \cdot z^{-1}}}$$

$$T(z) = W_0 + W_1 z^{-1}$$

- Chercher la nouvelle de $\frac{E_b}{N_0}$ (en dB) permettant d'avoir $P_b \leq 10^{-5}$. a. En déduire la nouvelle valeur du débit binaire
- Vérifier si ce système respecte encore le critère de Nyquist ? Sinon, quelle solution proposez-vous ?

Exercice 3 : (8pts)

- Montrez qu'un système de communication numérique peut être modélisé comme suit :



- Que signifie le signal u_k ?
- Quel est le rôle de l'égaliseur du canal ?
- Quelle est la différence entre un égaliseur ZF et un égaliseur MMSE ?
- On suppose la fonction de transfert $F(z) = 1 + 0.8z^{-1} + 0.6z^{-2}$. Le bruit blanc gaussien a une densité de spectre de puissance $N_0 = 0.2$. Les données $c_k \in \{-1; 1\}$ appliquées à l'entrée du canal ne sont pas corrélées. Un égaliseur MMSE de longueur $N = 3$ est utilisé.
 - Rappelez comment les coefficients du filtre MMSE sont obtenus ?
 - Calculer la matrice d'autocorrélation R de taille 4×4 du signal à l'entrée de l'égaliseur.
 - Sachant que l'inverse de la matrice d'autocorrélation R^{-1} est :

$$R^{-1} = \begin{pmatrix} 0.7167 & -0.4458 & -0.0103 & 0.1276 \\ -0.4458 & 0.9713 & -0.4375 & -0.0103 \\ -0.0103 & -0.4375 & 0.9713 & -0.4458 \\ 0.1276 & -0.0103 & -0.4458 & 0.7167 \end{pmatrix}$$

Vérifier que $RR^{-1} = I$.

- Calculer le rapport signal sur bruit à la sortie de l'égaliseur et sans égalisation.