

République Tunisienne

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université de Gabès

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès

Indice: 3

Page: 1/3

Réf: DE-EX-01

EPREUVE D'EVALUATION

Date: 02/12/2019

Année Universitaire : 2022/2023	Date de l'Examen : 13/01/2022
Nature: □ DC ☑ Examen □ DR	Durée : □ 1h □ 1h30min ☑ 2h
Diplôme : ☐ Mastère ☐ Ingénieur	Nombre de pages : 03
Section: ☐ GCP ☐ GCV ☐ GEA Ø GCR ☐ GM	Enseignant : M. Abdelhakim KHLIFI
Niveau d'étude : 🗖 1 ère 🗹 2 ème 🗖 3 ème année	Documents Autorisés : Oui Non
Matière : Communications numériques	Remarque : Calculatrice autorisée

Exercice 1 : Seuil de détection (7.5 points)

On note $\{a_k\}_{k=0,1,\ldots,N-1}$ 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.

- 1. Quelles sont les critères à atteindre lors de la conception d'une chaine 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 chaine 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.



Réf : DE-EX-01

Indice: 3

Date: 02/12/2019

Page : 2/3

7. Donnez, avec démonstration, l'expression de seuil de décision optimal λ_{opt} qui

- 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.

minimise la probabilité d'erreur Pe

- 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 : 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 $D_2 = 28 \, Mbit/s$

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

$$P_{s-QAM-M} \approx 2 \frac{\sqrt{M} - 1}{\sqrt{M}} erfc \left(\sqrt{\frac{3}{N_0}} \cdot \frac{E_s}{N_0} \right)$$
In OAM-16.

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



République Tunisienne Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université de Gabès

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès

Réf: DE-EX-01

Indice: 3

Date: 02/12/2019

Page: 3/3

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 chaine de transmission numérique.
 - b. Calculer le rapport SINR à la sortie de l'égaliseur et sans égalisation. Conclure.
 - La puissance reçue est atténuée d'ordre 3 dB. Recalculer le nouveau SINR. Conclure

& signal Fortogene le Noise Patie Bonne chance @ SINK = TS T(8) = No + W18-1



Devoir de Contrôle : Communications Numériques

2022/2023

Date: 14/06/2023

Durée: 2H

Exercice 1: (3 points)

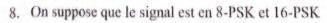
- 1. Quelle est la fonction du codage en ligne ? مرموع
- 2. Dans un tableau, comparez les trois codes en ligne NRZ unipolaire, RZ-1/2.
- 3. Quel est l'objectif de la modulation analogique ?

Exercice 2: (9pts)

Soit un signal NRZ unipolaire transmis à travers un canal BBAG.

- 1. Donnez l'expression de la probabilité d'erreur Pe en fonction de p_0, p_1, p_{01} et p_{10}
- 2. Donnez l'expression de seuil de décision optimal qui minimise la probabilité d'erreur.
- 3. Sachant que « 1 » et « 0 » sont équiprobables, vérifiez que $\lambda_{opt} = A/2$.
- 4. Déterminer dans ce cas l'expression de la probabilité d'erreur Pe,
- 5. On considère une transmission NRZ unipolaire à travers un canal BBAG dont le rapport signal sur bruit vaut $10 \ dB$. Calculer la probabilité d'erreur P_e .
- 6. On suppose que la densité spectrale de puissance du bruit vaut $0.5.10^{-10} W/Hz$ et l'amplitude A = 1mV. Calculer la rapidité de modulation R.
- 7. On suppose que $R = 10 \ Kbayds$. Le signal est maintenant modulé en M-PSK transmis à travers un canal de bande passante $B = 5 \ KHz$.
 - a. Vérifier si ce système respecte le critère de Nyquist
 - b. Montrer que la probabilité d'erreur du symbole M-PSK est donnée par :

$$Ps \approx erfc\left(\sqrt{\frac{E_S}{N_0}}.sin\left(\frac{\pi}{M}\right)\right)$$



- a. Calculer dans les deux cas le débit binaire
- b. Calculer dans les deux cas la probabilité d'erreur Ps
- 9. En gardant la valeur de M = 16,



Proposition of

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

Exercice 3: (8pts)

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



- 2. Que signifie le signal u_k ?
- 3. Quel est le rôle de l'égaliseur du canal?
- 4. 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 N₀ = 0,2. Les données c_k ∈ {-1; 1} appliquées à l'entrée du canal ne sont pas corrélées. Un égaliseur MMSE de longueur N = 3 est utilisé.
 - a. Rappelez comment les coefficients du filtre MMSE sont obtenus ?
 - b. Calculer la matrice d'autocorrélation R de taille 4×4 du signal à l'entrée de l'égaliseur.
 - c. Sachant que l'inverse de la matrice d'autocorrélation R^{-1} est :

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

Vérifier que $RR^{-1} = I$.

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

RIA) RIEN