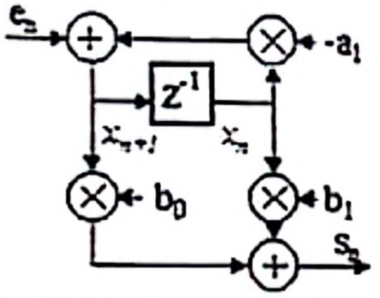
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
Faculté d'Electronique et d'Informatique
Département Télécommunications

Concours d'accès au Doctorat 3ème cycle LMD (20 Mars 2021)
Epreuve 1 : Traitement du Signal (Durée 1H30)

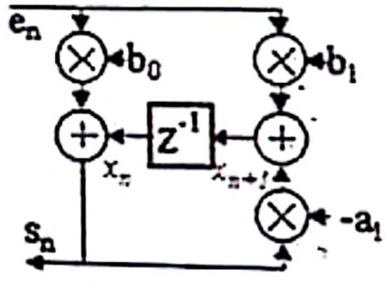
<u>Sujet N°1</u>

Exercice N°1 : (5 pts)
Donner la ou les bonnes réponses aux questions suivantes :

1. Le signal $x(t) = 2\cos(100\pi t) - 5\sin(250\pi t + \pi/6)$ est échantillonné sans perte si :
   a. Te = 12ms b. Te = 0.2s c. Fe = 150Hz d. Fe = 1KHz
2. Le signal $x(t) = 2\cos(150\pi t).\cos(50\pi t)$ est correctement échantillonné si :
   a. Te = 4ms b. Te = 3ms c. Fe = 50Hz d. Fe = 150Hz
3. Le spectre $Xe(f)$ d'un signal échantillonné est défini par :
   a. $X(f) * \frac{1}{T_e}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}\delta(f-\frac{n}{T_e})$ b. $\frac{1}{T_e}\sum_{n=0}^{+\infty}X(f-\frac{n}{T_e})$
   c. $\frac{1}{T_e}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}X(f) * \delta(t-\frac{n}{F_e})$ d. $X(f) * TF\{\text{Ш}_{T_e}(t-Te)\}$
4. La reconstruction parfaite d'un signal idéalement échantillonné se fait par :
   a. interpolation de Shannon b. filtrage par $h(t) = \mathrm{sinc}(\pi F_e t)$
   c. Bloqueur d'ordre 0 d. Interpolation d'ordre 1
5. $H(p) = \frac{1}{p-0.9}$ est la fonction de transfert d'un filtre analogique.
   a. 0,9 est un zéro b. 0,9 est un pôle c. Ce filtre est stable d. Ce filtre est instable
6. La résolution spectrale d'une TFD sur une acquisition de N points avec un pas d'échantillonnage Δt est de :
   a. N.Δt b. Δt/N c. N/Δt d. 1/(N.Δt)
7. Un filtre numérique caractérisé par $s[n] = 0.5 \cdot e[n] - 0.5 \cdot e[n-1]$.
   a. Son $H[z] = 0.5(1 - z^{-1})$ b. Son $h[n] = 0.5\delta(n) - 0.5\delta(n-1)$
   c. est un filtre RIF c. est un filtre dérivateur
8. Un filtre RIF.
   a. sa réponse impulsionnelle est la suite de ses coefficients b. son gain en continu est nul
   c. ne permet pas la réalisation d'un passe bande d. possède des zéros multiple à l'origine
9. Le filtre caractérisé par l'équation : $s[n] = b_0 e[n] + b_1 e[n-1] - a_1 s[n-1]$
   a. possède la structure :



   b. possède la structure :

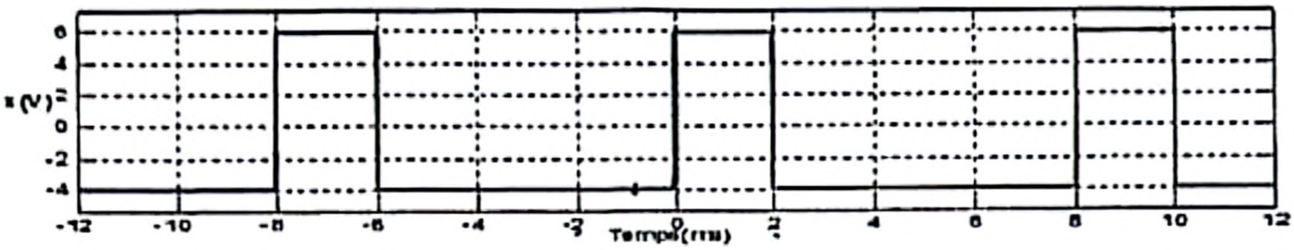


   c. est un RIF d. est un RII du second ordre
10. La TFD de la suite temporelle discrète [1, 0, 1, 0], est égale à :
   a. [2, 1+j, 0, 1-j] b. [2, 0, 2, 0] c. [2, 1-j, 0, 1+j] d. [2, 1-j, j, 1-j]

Exercice N°2 : (6 pts)

Considérons le signal périodique $x(t)$ représenté à la figure ci-dessous.

1. Calculer et représenter la Transformée de Fourier $X(f)$ du signal $x(t)$ sur l'intervalle [-1Khz, 1Khz]
2. Calculer le pourcentage de puissance comprise dans l'intervalle [-500Hz, 500Hz]. Où se situe cette fraction de puissance ? Conclusion.
3. En admettant que ce signal est appliqué à l'entrée d'un filtre passe bas idéale de fréquence de coupure égale à 200Hz, donner le spectre $Y(f)$ à la sortie du filtre. Esquisser le signal $y(t)$ sur l'intervalle [0, 16ms].
4. On échantillonne le signal $y(t)$ à raison de 250 échantillons par seconde, cette fréquence d'échantillonnage est-elle correcte ?
   Représenter le signal $y_e(t)$ sur l'intervalle [0, 16ms], ainsi que son spectre $Y_e(f)$ sur l'intervalle [-500Hz, 500Hz].



Exercice N°3 : (9 pts)

Il s'agit dans ce problème de concevoir un filtre numérique RII. Le filtre analogique pris comme référence pour la synthèse possède la fonction de transfert suivante:

$$H(p) = \frac{2.25}{p^2 + 0.3p + 2.25}$$

1. Déterminer les pôles et les zéros du filtre. Est-il stable ? (justifier). Donner sa nature et son ordre. Calculer sa pulsation caractéristique ω_0.
2. Sachant que la periode d'échantillonnage est T=1s, déterminer l'expression de la transmittance $G(z)$ du filtre numérique RII équivalent en utilisant la transformation bilinéaire sans pré-compensation. Donner ses pôles et zéros. Calculer sa pulsation caractéristique ω_n. Conclusion.
3. Une pré-compensation étant considérée, calculer la pulsation de pré-decalage. Déterminer la fonction de transfert $H_p(p)$ du nouveau filtre analogique de référence. Déteminer la transmittance $G_p(z)$ de son équivalent numérique RII en utilisant la transformation bilinéaire. Donner les nouveaux pôles et zéros puis calculer la nouvelle pulsation caractéristique ω_n^*. Conclusion.

Deuxième Epreuve (Durée 2h00) – Sujet 2 Année 2021

Partie I : Communication Numérique Avancée

Cocher la/les bonnes réponses (0.5 pt/question).

1/ Dans les modulations M-aires, le nombre de bits par symbole est donné par :

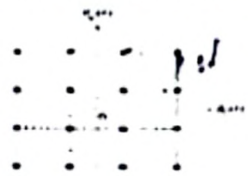
a) $\log_2(M)$. b) M^2. c) M.

2/ Avec la même puissance et la même bande passante, la QPSK comparée à la BPSK a :

a) la même efficacité spectrale.
b) la moitié de l'efficacité spectrale
c) le double de l'efficacité spectrale.

3/ Quelle est l'énergie moyenne des symboles de cette constellation (la distance entre symboles = 2d) :

a) $E=10d^2$ b) $E=160d^2$ c) $E=2.5d^2$



4/ Le canal de transmission sans fils est :

a) invariant par rapport au temps.
b) variant par rapport au temps.
c) indépendant par rapport au temps.

5/ Si la bande passante du canal de transmission alloué par le système est inférieure à la bande passante du signal à transmettre, cela engendre :

a) une perte d'efficacité en puissance de la transmission.
b) des interférences sur le canal de transmission.
c) des interférences sur les bandes adjacentes à la bande allouée.

6/ Dans un canal AWGN, le bruit a une densité spectrale de puissance (DSP) :

a) constante. b) gaussienne. c) variable.

7/ Avec une largeur de bande du canal B et un rapport signal à bruit SNR, l'expression de la capacité maximum C du canal AWGN est donnée par :

a) $C=B\log_2(1+SNR)$. b) $C=B\log_{10}(1+SNR)$. c) $C=\log_{10}(1+SNR)$.

8/ L'évanouissement rapide "Fast fading" signifie :

a) un temps de cohérence inferieur à la période symbole.
b) un canal variant lentement dans le temps.
c) un canal variant rapidement dans le temps.

9/ Le _______ fading affecte toutes les fréquences de la même façon.

a) slow "lent". b) flat "plat" c) selective "sélectif"

10/ Dans le ______ les composantes fréquentielles sont affectées différemment.

a) fast fading. b) slow fading. c) selective fading.

11/ Le fading résulte :

a) des multi-trajets. b) des obstacles. c) des variations fréquentielles à la source.

12/ En CDMA, donnez la séquence étalée du signal d=1-1, générée par le code d'étalement : -1-111.

a) -1-11111-1-1 b) 11-1-1-1-111 c) -1-111-1-111

13/ La TDMA est une technique d'accès multiple qui :

a) assigne à chaque usager un slot fréquentielle unique.
✓b) assigne à différents usagers des slots de temps différents.
c) assigne à chaque usager un code unique.

Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
Faculté d'Electronique et d'Informatique, Département de Télécommunications
Concours d'accès au Doctorat 3ème Cycle LMD

14/ La CDMA:

a) est une technologie d'étalement de spectre.
b) permet à chaque usager d'utiliser une période spécifique de temps.
c) affecte à chaque usager un code unique.

15/ L'usage de la CDMA aide dans :

a) l'augmentation de l'immunité par rapport aux interférences.
b) l'augmentation de l'immunité par rapport à l'interception des signaux.
c) l'allocation de différents spectres en différent time slots.

16/ Les codes PN (Pseudo-Noise) utilisés en CDMA ont une :

a) intercorrélation faible entre les différents codes.
b) intercorrélation élevée entre les différents codes.
c) autocorrélation très faible.

17/ L'intervalle de garde, en OFDM, permet :

a) d'éliminer l'orthogonalité des sous porteuses.
b) de réduire les ISI.
c) d'avoir un débit symbole élevé.

18/ En diversité temporelle:

a) des versions multiples du signal sont transmises à différents instants temporels.
b) les signaux sont transmis en utilisant différents canaux.
c) les signaux sont transmis avec des polarisations différentes.

19/ L'avantage de l'OFDM réside :

a) dans l'utilisation de récepteurs peu complexes.
b) dans la réduction des ISI "interférences entre symboles".
c) dans l'utilisation de plusieurs usagers à la même fréquence.

20/ Les inconvénients de l'OFDM sont :

a) une faible afficacité de puissance.
b) une réduction de la bande passante.
c) une réduction de l'efficacité spectrale à cause de l'intervalle de garde.

Exercice 1 (4pts) :

Un système de communication transmet avec une modulation 2-PAM, les symboles S[n]= ±1 à travers le canal discret équivalent suivant : $h[n] = -0.3\delta[n] + 0.8\delta[n-1] - 0.2\delta[n-2]$

En supposant une détection symbole par symbole, tracer la constellation des symboles à la sortie du canal en considérant un bruit nul.

Exercice 2 (4pts) :

Dans la modulation M-PSK, la phase de la porteuse peut prendre une valeur parmi les *M* possibles.

L'expression de l'onde modulée est : $m(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}}\cos(2\pi f_c t + \theta_i)$ $pour\ 0 \le t \le T_s$.

Ou E_s est l'énergie par symbole et T_s est la période symbole.

1-Donner l'expression des phases θ_i .**(1pt)**
2-Donner l'expression de E_s en fonction de E_b , l'énergie par bit. **(1pt)**
3-Ecrire l'expression des signaux pour chacune des voies : en phase et en quadrature. **(2pts)**

Exercice 3 (2pts) :

Soit un système de communication numérique utilisant une modulation BPSK avec $\sqrt{E_b} = 2$ et le mapping suivant : $0 \rightarrow -\sqrt{E_b}$, $1 \rightarrow +\sqrt{E_b}$. Deux symboles sont transmis à travers un canal, les signaux reçus (en bande base) au niveau du récepteur sont : $y(0) = -0.3 + 0.1j$ et $y(1) = -0.1 - 0.4j$.
En supposant une détection optimale, quel serait la séquence binaire détectée.

Partie II : Codage et théorie de l'information

Exercice 1 (6 points)
On souhaite sélectionner un code binaire pour l'utiliser dans la transmission de l'information dans un canal de communication numérique pouvant transmettre 6 symboles. Pour cela, on considère deux codes reportés dans le tableau suivant avec les probabilités respectives :

Symbole	A	B	C	D	E	F
Probabilité	0.30	0.23	0.17	0.15	0.10	0.05
Code 1	00	010	011	110	1110	11111
Code 2	00	01	10	110	1110	1111

Le système de communication est modélisé par une matrice de transmission définie par :

$$T(X,Y) = \begin{bmatrix} 1-\varepsilon & \varepsilon & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1-\varepsilon & \varepsilon & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1-\varepsilon & \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1-\varepsilon & \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\varepsilon \end{bmatrix}$$

avec $\varepsilon = 0.10$. La source d'informations débite 1500 symboles/s alors que le canal peut transmettre 1800 symboles/s.

1. Montrer que le canal est symétrique.
2. Calculer la capacité du canal.
3. Est-il possible de transmettre théoriquement l'information dans le canal ? Justifier votre réponse.
4. A votre avis, quel est le code le plus approprié pour transmettre l'information dans le canal ? Justifier votre réponse.
5. Pour protéger l'information contre les erreurs de transmission, on rajoute un bit de parité, la transmission est-elle toujours possible ? Justifier votre réponse.

Exercice 2 (4 points) : Soit une séquence de valeurs entières décrite comme suit :

Symboles	2	4	6	8	9
Fréquences	10	20	40	6	3

1. Quelle est la valeur de l'entropie, **(1 point)**
2. Coder cette séquence en utilisant le codage de Huffman, **(2 points)**
3. Quelle est la longueur moyenne. **(1 point)**

Exercice 3 (4 points) : Le codage d'une séquence de valeurs entière en utilisant le codeur LZW a donné : 3 4 3 <256><257> <259> <258> <261> T N.B. T pour terminer.
Décoder la séquence, donner le tableau de décodage ainsi que la séquence décodée.

Exercice 4 (6 points) La matrice de vérification d'un codeur canal linéaire systématique est donnée par :

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

1) Préciser la taille du mot de code d'entrée et celle du mot de code de sortie.
2) Donner une matrice génératrice.
3) Coder les 3 premiers mots de code de la séquence :0001111001100101111 0000
4) Décoder après une éventuelle correction les 3 premiers mots de code : 000010100111101010101111111001110.