

INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS - EXAMEN
Première année Sciences du Numérique
2017 – 2018

Documents autorisés :

Support de cours (qui peut-être annoté) + Feuille A4 recto verso manuscrite de synthèse.

Téléphones portables interdits.

Durée : 1h30.

I. QUESTIONS - 10 POINTS

Pour les questions à choix multiples : reportez sur votre copie le numéro de la question et la réponse choisie. **Attention votre réponse devra être justifiée.** Il n'y aura pas de points négatifs mais une note de 0 si la réponse n'est pas justifiée ou si la justification est incorrecte.

A. Question 1

La Fig. 1 trace le signal $x(t)$ généré par un modulateur bande de base pour la suite de bits à transmettre 1001100. T_s représente la durée symbole. Proposez un mapping et une réponse impulsionnelle du filtre de mise en forme permettant de générer $x(t)$.

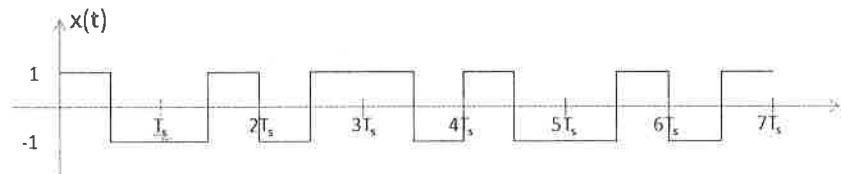


Fig. 1.

B. Question 2

La Fig. 2 trace le signal $x(t)$ généré par un modulateur bande de base pour la suite de bits à transmettre 1001100. T_s y représente la durée symbole. Le débit symbole transmis sera :

- Réponse A : égal au débit binaire.
- Réponse B : plus grand que le débit binaire.
- Réponse C : plus petit que le débit binaire.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

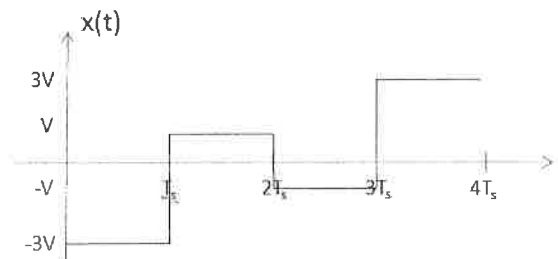


Fig. 2.

C. Question 3

La Fig. 3 trace deux signaux, $x_1(t)$ et $x_2(t)$, générés par un modulateur bande de base pour la suite de bits à transmettre 00100111. T_s y représente la durée symbole. Pour un débit binaire R_b donné, l'efficacité spectrale de la transmission sera :

- Réponse A : meilleure si je transmets le signal $x_1(t)$.
- Réponse B : meilleure si je transmets le signal $x_2(t)$.
- Réponse C : identique pour la transmission des deux signaux.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

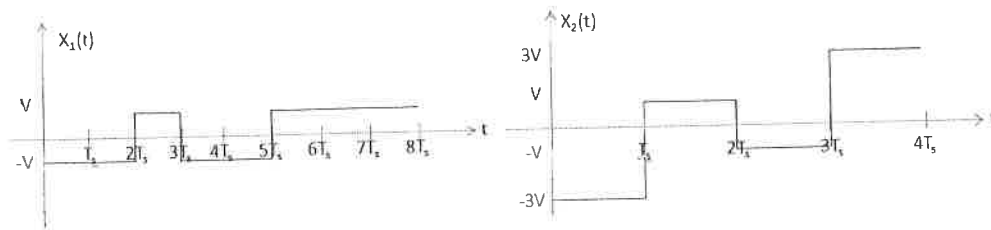


Fig. 3.

D. Question 4

On suppose, dans tous les cas, des symboles indépendants, équiprobables, à moyenne nulle. À débit binaire R_b fixé, une transmission utilisant la modulation 8-PSK avec un filtre de mise de forme en racine de cosinus surélevé de roll off égal à 0.2 sera plus efficace spectralement :

- Réponse A : qu'une transmission utilisant la modulation 8-PSK avec un filtre de mise de forme en racine de cosinus surélevé de roll off égal à 0.35.
- Réponse B : qu'une transmission utilisant la modulation 8-PSK avec un filtre de mise en forme en racine de cosinus surélevé de roll off égal à 0.15.
- Réponse C : qu'une transmission utilisant la modulation QPSK avec un filtre de mise en forme en racine de cosinus surélevé de roll off égal à 0.20.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

E. Question 5

On suppose, dans tous les cas, des symboles indépendants, équiprobables, à moyenne nulle. À débit binaire R_b fixé, une transmission utilisant la modulation 8-PSK avec un filtre de mise en forme rectangulaire sera plus efficace spectralement :

- Réponse A : qu'une transmission utilisant la modulation QPSK avec le même filtre de mise en forme en rectangulaire.
- Réponse B : qu'une transmission utilisant la modulation 8-PSK avec un filtre de mise en forme en racine de cosinus surélevé.
- Réponse C : qu'une transmission utilisant la modulation 16-QAM avec le même filtre de mise en forme en rectangulaire.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

F. Question 6

La Fig. 4 trace les courbes de TEB en fonction de E_b/N_0 pour deux chaînes de transmission. La transmission 1 est :

- Réponse A : Plus efficace en puissance que la transmission 2.
- Réponse B : Moins efficace en puissance que la transmission 2.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

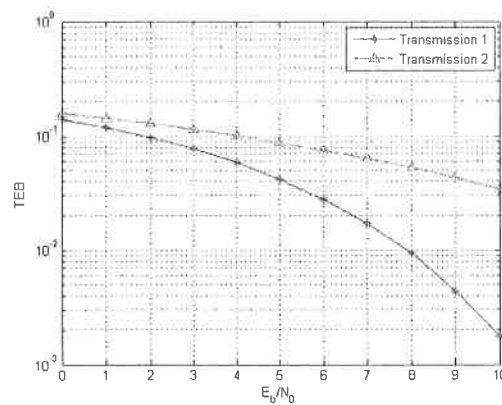


Fig. 4.

G. Question 7

Soit $H(f)$ la réponse en fréquence du filtre de mise en forme, $H_r(f)$ la réponse en fréquence du filtre de réception et $H_c(f)$ la réponse en fréquence du canal de propagation. La Fig. 5 trace le produit $H(f)H_r(f)$, où T_s représente la durée symbole, et $H_c(f)$. La chaîne de transmission :

- Réponse A : Peut respecter le critère de Nyquist.
- Réponse B : Ne peut pas respecter le critère de Nyquist.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

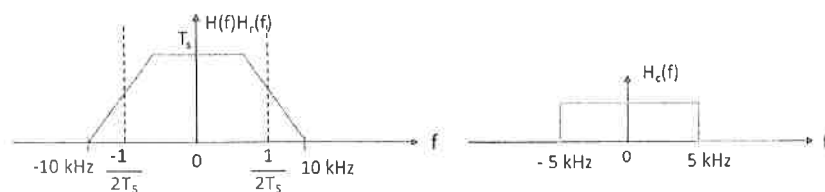


Fig. 5.

H. Question 8

Soit $H(f)$ la réponse en fréquence du filtre de mise en forme, $H_r(f)$ la réponse en fréquence du filtre de réception et $H_c(f)$ la réponse en fréquence du canal de propagation. La Fig. 5 trace le produit $H(f)H_r(f)$, où T_s représente la durée symbole, et $H_c(f)$. La chaîne de transmission :

- Réponse A : Peut respecter le critère de Nyquist.
- Réponse B : Ne peut pas respecter le critère de Nyquist.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

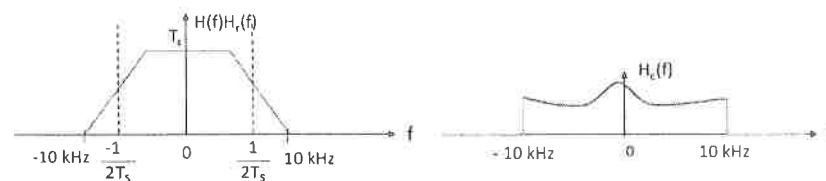


Fig. 6.

I. Question 9

La Fig. 7 trace les réponses impulsionnelles du filtre de mise en forme, $h(t)$, et du filtre de réception, $h_r(t)$, pour une chaîne de transmission bande de base. On suppose que le canal ne fait qu'ajouter un bruit blanc et Gaussien au signal émis (canal AWGN). Le rapport signal sur bruit aux instants de décision sera maximisé sur cette chaîne de transmission :

- Réponse A : VRAI.
- Réponse B : FAUX.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.

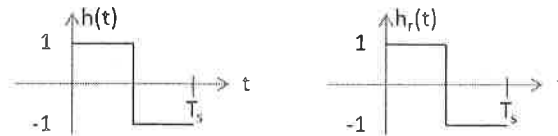


Fig. 7.

J. Question 10

Soit une chaîne de transmission bande de base transportant les symboles $-3V, -V, +V, +3V$, codant respectivement les groupes de deux bits suivants : 00, 01, 10, 11. La Fig. 8 trace les réponses impulsionnelles du filtre de mise en forme, $h(t)$, et du filtre de réception, $h_r(t)$, utilisés. On suppose que le canal ne fait qu'ajouter un bruit blanc et Gaussien au signal émis (canal AWGN). On suppose également que les instants d'échantillonnage et les seuils de décision sont optimaux en réception. Le taux d'erreur binaire est minimisé sur cette chaîne de transmission :

- Réponse A : VRAI.
- Réponse B : FAUX.
- Réponse D : Vous n'avez pas assez d'éléments pour répondre à la question.



Fig. 8.

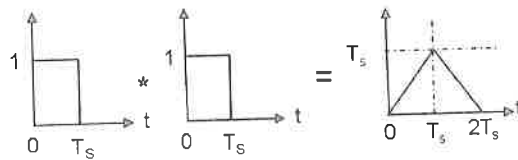
II. EXERCICE - 10 POINTS

Soit une transmission en bande de base. Les symboles, générés au débit $1/T_s$, seront considérés comme indépendants, équiprobables et appartenant à l'alphabet $\{0, V\}$. Le filtre de mise en forme est un filtre de réponse impulsionnelle $h(t)$ rectangulaire de durée T_s . Le canal de transmission ne fait qu'ajouter un bruit $n(t)$ au signal transmis. On supposera ce bruit gaussien et blanc (densité spectrale de puissance $S_n(f) = N_0/2$ quelle que soit la fréquence). Le filtre de réception est un filtre de réponse impulsionnelle $h_r(t)$ rectangulaire de durée T_s . L'échantillonnage sera effectué aux instants $t_0 + mT_s$ et sera suivi d'un détecteur à seuil, pour prendre les décisions, puis d'un demapping.

- 1) Tracer le signal $x(t)$ en sortie du modulateur pour la suite de bits à transmettre 01100011.
- 2) Déterminer et tracer la densité spectrale de puissance de $x(t)$: $S_x(f)$.
- 3) Cette chaîne de transmission peut-elle respecter le critère de Nyquist ? Justifiez votre réponse.
- 4) Sans bruit, tracer le signal $r(t)$ obtenu sans bruit en sortie du filtre de réception pour la même suite de bits émise : 01100011.
- 5) Tracer le diagramme de l'oeil sans bruit en sortie du filtre de réception avec une base de temps de T_s .

- 6) Proposer un instant optimal t_0 pour démarrer l'échantillonnage en expliquant votre choix. On échantillonnera alors aux instants optimaux $t_0 + mT_s$, $m = 0, 1, 2, \dots$
- 7) En supposant que l'on échantillonne aux instants optimaux, quelle est la distance minimale entre deux symboles reçus sans bruit ?
- 8) On choisira d'utiliser un détecteur à seuil. Déterminer le seuil optimal à utiliser en expliquant votre choix.
- 9) 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 V , T_s et σ , σ^2 représentant la puissance du bruit en sortie du filtre de réception $h_r(t)$.
- 10) Calculer la puissance du bruit en sortie du filtre de réception σ^2 en fonction de N_0 et de T_s .
- 11) Calculer l'énergie moyenne des symboles à l'entrée du récepteur E_s en fonction de V et T_s .
- 12) Dédire des questions précédentes l'expression du taux d'erreur binaire en fonction de E_b/N_0 .
- 13) Expliquer pourquoi le taux d'erreur binaire obtenu est supérieur à $Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$.

Remarque : on donne le résultat du produit de convolution nécessaire à cet exercice dans la figure suivante :



$$Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{V^2 T_s^3}{N_0}}\right)$$