

**GEL-16120 Systèmes de communications**  
**Examen partiel II (Automne 2003)**

*Enseignant : Jean-Yves Chouinard*

*Durée : 1 heure 50 minutes*

---

**Remarques importantes :** Les notes de cours (notes du cours GEL-16120) et le manuel de cours ("Digital and Analog Communications systems", 6<sup>e</sup> édition de Leon Couch) sont autorisés. Tous les autres documents sont interdits (devoirs, solutions de devoirs, manuel de laboratoire, etc.). Les calculatrices sont permises.

---

**Question 1 :** (10 points)

Le signal  $m(t) = 8 \sin(4\pi t) - 3 \cos(12\pi t)$  doit être transmis en utilisant la modulation d'angle avec une porteuse de 5 kHz.

- a) En premier lieu, on utilise la modulation de phase pour moduler  $m(t)$  avec  $A_c = 4$  et  $D_p = 10^{-2}$ . Donnez (indiquez clairement le détail de vos calculs) : (5 points)
    - i) l'expression du signal modulé en phase  $s_{PM}(t)$ ,
    - ii) la déviation maximale de phase  $\Delta\Theta_{\max}$ ,
    - iii) la déviation maximale de fréquence  $\Delta f_{\max}$ ,
    - iv) la fréquence instantanée  $f_i(t)$ , et
    - v) la largeur de bande de transmission (effective)  $B_T$ .
  - b) Maintenant, on utilise la modulation de fréquence, avec  $A_c = 7$  et  $D_f = 12$ , pour moduler ce même message  $m(t)$ . Donnez : (5 points)
    - i) l'expression du signal modulé en fréquence  $s_{FM}(t)$ ,
    - ii) la déviation maximale de phase  $\Delta\Theta_{\max}$ ,
    - iii) la déviation maximale de fréquence  $\Delta f_{\max}$ ,
    - iv) la fréquence instantanée  $f_i(t)$ , et
    - v) la largeur de bande de transmission (effective)  $B_T$ .
- 

**Question 2 :** (9 points)

Une source d'information binaire génère des bits aléatoires (i.e. source binaire équiprobable) à tous les  $T_b = 10^{-5}$  seconde. Calculez la fonction d'autocorrélation  $R(k)$  et la densité spectrale de puissance  $\mathcal{P}(f)$  pour les codes de ligne suivants :

- a) code de ligne NRZ (non retour à zéro, NRZ-L) unipolaire, (3 points)
  - b) code de ligne NRZ (NRZ-L) bipolaire, (3 points)
  - c) code de ligne RZ (retour à zéro RZ-L) unipolaire avec une durée d'impulsion  $\tau = 0.8T_b$ . (3 points)
-

---

**Question 3 :****(9 points)**

Un récepteur superhétérodyne est utilisé pour recevoir des signaux modulés en fréquence dans la bande de fréquence : 122 MHz à 170 MHz. Pour des raisons de coût de conception, ce récepteur superhétérodyne est réalisé afin de faire une double conversion de fréquence : il doit premièrement ramener les signaux RF (fréquence radio) à une première fréquence intermédiaire  $f_{IF_1} = 10.7$  MHz, puis ramener le signal résultant à une seconde fréquence intermédiaire  $f_{IF_2} = 455$  kHz. La largeur de bande des messages  $m(t)$  en bande de base est de 20 kHz et les signaux modulés ont une déviation maximale de fréquence  $\Delta f_{max} = 100$  kHz.

- a) Faites le schéma bloc au complet de ce récepteur superhétérodyne et y identifiant **clairement** les diverses composantes (e.g., filtres passe-bande, oscillateurs, type de détecteur, etc.) et en indiquant la fréquence (ou plage de fréquences) des signaux à chaque point dans le schéma bloc. (4 points)
- b) Déterminez la largeur de bande effective  $B_T$  d'un signal modulé FM. (2 points)
- c) Considérant leur largeur de bande effective, combien de signaux ainsi modulés peut-on ainsi multiplexer en fréquence ? (Justifiez votre réponse). (3 points)

---

**Question 4 :****(12 points)**

On veut transmettre le message  $m(t) = 12 \cos(2 \times 10^4 \pi t) + 5 \sin(6 \times 10^4 \pi t)$  sous forme numérique, en utilisant la modulation par impulsions codées (modulation PCM).

- a) Quelle est la fréquence d'échantillonnage minimale à laquelle doit être échantillonné le message  $m(t)$  afin de pouvoir le reconstituer à la réception ? (3 points)
- b) Les échantillons sont quantifiés à l'aide d'un quantificateur uniforme avec  $L$  niveaux de quantification sur la plage de valeurs allant de  $-m_{max} = -20$  à  $+m_{max} = +20$ . Le rapport signal-à-bruit de quantification SQNR (en supposant une distribution uniforme du bruit de quantification) est donné par :

$$SQNR = 3L^2 \frac{P_{\text{signal}}}{m_{\text{max}}^2}$$

Si on suppose que les signaux sont tels que leur puissance  $P_{\text{signal}} = \frac{m_{\text{max}}^2}{24}$ , déterminez le nombre minimal de niveaux  $L = 2^n$  afin que le SQNR soit d'au moins 120 dB. (3 points)

- c) Pour cette valeur du nombre de niveaux  $L$ , à quel taux moyen générera-t-on les bits (i.e., débit binaire) en PCM ? (3 points)
  - d) Si on module ce train binaire avec la modulation QAM à 64 niveaux (64-QAM), quel sera le débit de symboles 64-QAM nécessaire pour transmettre ce signal ? (3 points)
-