ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

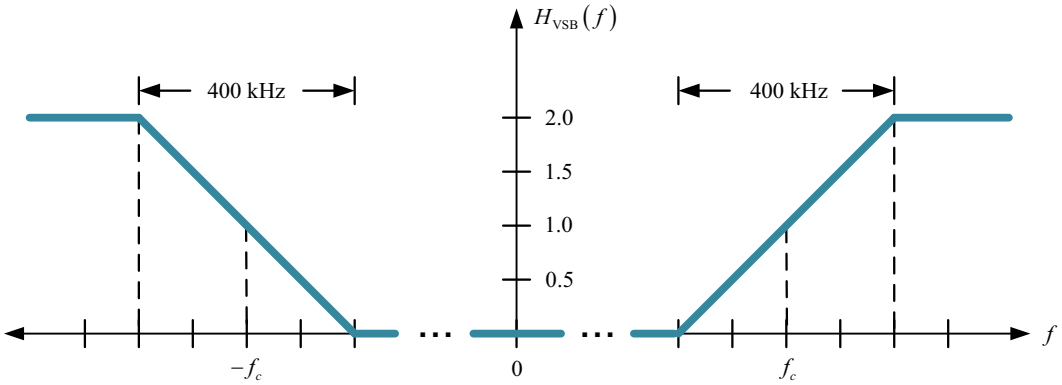
SESSION DE NOVEMBRE 2012

Toute documentation permise Les calculatrices programmables, les calculatrices communicantes et les ordinateurs sont interdits Durée de l'examen : 3 heures

07-ÉLEC-A3 Signaux et communications

Question 1 : **(20 points)**

Soit le message $m(t) = 2\cos(2 \times 10^5 \pi t) + 5\cos(6 \times 10^5 \pi t)$. On transmet $m(t)$ en modulation à bande latérale résiduelle (modulation VSB : vestigial sideband) avec une fréquence porteuse de 10 MHz avec $A_c = 1$. Les caractéristiques du filtre VSB sont montrées ci-dessous.



a) Donnez l'expression du spectre $M(f)$ en indiquant clairement la valeur de chacune des composantes spectrales. *(5 points)*

b) Donnez l'expression du spectre d'amplitude du signal VSB $S_{\text{VSB}}(f)$ en indiquant les composantes spectrales. *(5 points)*

c) Donnez l'expression de la densité spectrale de puissance $\mathcal{P}_{\text{VSB}}(f)$ du signal VSB en indiquant les composantes spectrales. *(5 points)*

d) Quelle est la puissance moyenne du signal VSB, P_{VSB} ? *(5 points)*

Question 2 : **(20 points)**

En radiodiffusion FM, la porteuse RF se situe dans la plage de fréquences :

$$88.1 \text{ MHz} \leq f_c \leq 107.9 \text{ MHz}$$

et la largeur de bande dédiée à chaque station radiophonique est de 200 kHz. La fréquence intermédiaire f_{IF} est 10.7 MHz. Les messages en bande de base ont une largeur de bande $B = 15$ kHz et la déviation maximale de fréquence $\Delta f_{\text{max}} = 75$ kHz.

a) S'agit-il d'une modulation FM à bande étroite ou à bande large ? *(5 points)*

b) En utilisant la règle de Carson, évaluez la largeur de bande de transmission effective B_T de chaque station de radiodiffusion. *(5 points)*

c) Faites le schéma-bloc d'un récepteur superhétérodyne permettant de démoduler le signal FM. Décrivez clairement et brièvement chacune de ses composantes, du signal RF reçu au message démodulé. *(5 points)*

d) On désire syntoniser le signal provenant d'une station de radio de fréquence porteuse $f_c = 106.3$ MHz. Quelle doit-être la fréquence de l'oscillateur local au récepteur ? *(5 points)*

Question 3 : **(20 points)**

On désire transmettre 24 signaux analogiques, $m_1(t), \cdots, m_{24}(t)$ de largeur de bande de 100 kHz chacun en utilisant la modulation PCM.

a) Quelle est la fréquence minimale d'échantillonnage de chacun de ces 24 signaux afin de pouvoir les récupérer correctement au récepteur ? *(5 points)*

b) Ces 24 signaux sont multiplexés en temps (multiplexage *TDM*). Dessinez la trame temporelle en indiquant clairement la position et la durée des échantillons multiplexés. *(5 points)*

c) Si on un quantificateur uniforme à $L = 2^{24}$ niveaux, quel sera le débit binaire R_b du signal PCM multiplexé ? *(5 points)*

d) Pour transmettre le signal PCM multiplexé en bande passante, on utilise la modulation de phase à 16 niveaux (16-PSK) ainsi qu'un filtre à cosinus surélevé avec un facteur $\alpha = 0.35$ (*roll-off factor*). Quelle est la largeur de bande du signal modulé ? *(5 points)*

Question 4 : **(20 points)**

Le message $m(t) = \cos(200\pi t) + \cos(1200\pi t)$ est transmis en utilisant la modulation de fréquence avec une porteuse de 140 kHz et une constante de déviation $D_f = 10$ [radians/volt-second]. La puissance du signal modulé est $P = 50$ [Watts] (normalisée à 1 Ω).

a) Écrivez l'expression du signal modulé en fréquence $s_{\mathrm{FM}}(t)$ en indiquant les valeurs numériques. *(5 points)*

b) Quelle est la déviation maximale de fréquence $\Delta f_{\max}$? *(5 points)*

c) Quelle est la déviation maximale de phase $\Delta\Theta_{\max}$? *(5 points)*

d) Donnez l'expression de la fréquence instantanée $f_i(t)$. *(5 points)*

Question 5 : **(20 points)**

Un message $m(t)$, de largeur de bande $B = 200$ kHz, est modulé en modulation DSB (porteuse supprimée) et transmis dans un canal avec bruit blanc additif gaussien. La densité spectrale de puissance du bruit gaussien est $\frac{N_0}{2} = 10^{-12}$ [W/Hz]. Les pertes de propagation dans le canal sont de 70 dB. Le rapport signal-à-bruit à la sortie du récepteur, $\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{sortie}}$ doit être d'au moins 50 dB.

a) Quelle est la largeur de bande, B_T, du signal transmis dans le canal ? *(4 points)*

b) Quelle est la puissance du bruit à l'entrée du récepteur $P_{n_{\text{entrée}}}$? *(4 points)*

c) Quel est le rapport signal-à-bruit à l'entrée du récepteur $\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{entrée}}$? *(4 points)*

d) Quelle est la puissance minimale du signal à l'entrée du récepteur $P_{s_{\text{entrée}}}$? *(4 points)*

e) Quelle est la puissance minimale du signal à l'émetteur $P_{s_{\text{transmetteur}}}$? *(4 points)*