

Cycle d'ingénieurs INE1

Filière : SUD

Communications analogiques et numériques

Examen écrit (Durée : 1h40)

- ✓ L'épreuve est composée de trois exercices répartis sur deux pages
- ✓ Le seul document autorisé est celui des formules utiles
- ✓ Toute rédaction en crayon ou stylo rouge sera rejetée

Exercice 1 : Modulations analogiques*** (6 points)**

Considérons le message analogique $m(t)$ défini par :

$$m(t) = 3 \cdot \cos(10\pi t) \quad t \in \mathbb{R}$$

Nous voulons transmettre le message $m(t)$ avec une modulation analogique d'amplitude pure (MA) dont la sensibilité d'amplitude est notée k_a . Pour cela, nous utilisons un signal porteuse $c(t)$, d'amplitude A_c , qui s'exprime :

$$c(t) = A_c \cos(50\pi t) \quad t \in \mathbb{R}$$

- 1) Donner l'expression du signal modulé $x_{MA}(t)$? En déduire la quantité représentant son enveloppe ? **(1 pt.)**
- 2) Trouver l'indice de modulation μ en fonction de k_a ? Quelle est la condition sur la sensibilité d'amplitude pour que l'enveloppe soit détectable ? **(1 pt.)**
- 3) Déterminer l'expression du spectre $X_{MA}(f)$ de $x_{MA}(t)$ en fonction de μ , A_c , et $M(f)$? **(1.5 pt.)**
- 4) Tracer le spectre $X_{MA}(f)$ pour $\mu = 0.2$ et $A_c = 10 \text{ Volts}$? En déduire l'effet de la modulation sur le spectre de $m(t)$? **(1.5 pt.)**
- 5) Calculer la bande spectrale w_{MA} occupée par le signal $x_{MA}(t)$? Conclure ? **(1 pt.)**

Exercice 2 : Echantillonnage*** (7 points)**

Soit le signal analogique $s(t)$ qui s'exprime par :

$$s(t) = 2 + \sin(10\pi t) + 2 \cdot \cos^2(10\pi t), \quad t \in \mathbb{R}$$

On s'intéresse à l'échantillonnage idéal de $s(t)$ à une fréquence d'échantillonnage $F_e = \frac{1}{T_e}$.

- 1) Trouver l'expression du spectre $S(f)$ du signal $s(t)$? Le signal est-il à bande limitée ? **(1.5 pt.)**
- 2) Quelles sont les fréquences contenues dans le signal $s(t)$? En déduire la fréquence de Nyquist F_N ? **(1 pt.)**

- 3) Vérifier la possibilité d'échantillonner $s(t)$, sans perte d'information, avec les périodes d'échantillonnage $T_{e1} = 100 \text{ ms}$, et $T_{e2} = 40 \text{ ms}$? **(1 pt.)**
- 4) Déterminer l'expression du signal échantillonné $s_e(t)$? **(1 pt.)**
- 5) Trouver le spectre $S_e(f)$ du signal échantillonné ? Interpréter ce résultat ? **(1.5 pt.)**
- 6) Tracer le spectre $S_e(f)$ pour $T_{e2} = 40 \text{ ms}$? **(1 pt.)**

Exercice 3 : Modulation numérique***** (7 points)

Soit un système de modulation numérique, à $M = 4$ états, et dont les signaux en sortie s'expriment de la manière suivante :

$$s_m(t) = A_m \varphi_1(t) \text{ pour } m = 0, 1, \dots, M - 1 \text{ et } t \in [0, T_s[$$

où $A_m = \frac{3}{2}(2m + 1 - M)$ et T_s désigne la durée symbole. De plus, $\varphi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}} \cos(2\pi f_c t)$ est une fonction d'une base orthonormée, et f_c est la fréquence porteuse.

- 1) De quel type de modulation s'agit-il ? Justifier votre réponse? **(1 pt.)**
- 2) Tracer la structure du modulateur pour cette technique de modulation? **(1 pt.)**
- 3) Trouver le nombre de bits K contenu dans un symbole pour cette technique de modulation? **(1 pt.)**
- 4) Déterminer les expressions des quatre signaux possibles en sortie de la modulation en fonction de $\varphi_1(t)$? **(1.5 pt.)**
- 5) Tracer la constellation pour cette technique de modulation en spécifiant les zones de décision? **(1.5 pt.)**
- 6) Calculer l'énergie moyenne par symbole E_s ? En déduire l'énergie moyenne par bit E_b ? **(1 pt.)**