



Epreuve 2 : Théorie du signal

Durée : 01h 30

Exercice 1 : (6,5 pts)

On considère une information analogique  $x(t)$  à temps continu qui subit les opérations suivantes:

- Conversion Analogique Numérique (Echantillonnage + Quantification), Mise en forme, Modulation,

Bruit additif Gaussien, Démodulation, Conversion Numérique-Analogique.

Expliquer brièvement l'intérêt de chacune de ces opérations. Préciser ensuite l'effet de ces transformations sur le signal d'entrée (en d'autres termes, comment le signal ou/et son spectre sont-ils modifiés par chaque opération ?).

Exercice 2 : (6,5 pts)

Considérant une SIR (Suite d'Impulsions Rectangulaires) centrée de période  $T=100\mu s$ , de largeur  $t=20\mu s$  et d'amplitude  $A=10V$ ,

- 1) Déterminez les raies spectrales qui constituent le premier lobe du sinus cardinal.
- 2) calculez le pourcentage de puissance comprise dans ce premier lobe;
- 3) On applique cette SIR à un filtre passe-bas d'ordre 1 dont la fonction de transfert est

$$H(j.f) = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_c}}$$

Pour  $f_c = 10$  kHz ; que valent l'amplitude et la phase des composantes 10 kHz, 40 kHz et 150 kHz ?

Exercice 3 : (7 pts)

On considère le signal  $x(t) = \Pi(t/T)$ .

- 1) Tracer le graphe de  $y(t) = x(t) + x(t - \frac{T}{2})$  et calculer sa Transformée de Fourier (TF).

On introduit le signal de période  $2T$  défini par  $z(t) \triangleq \sum_{n=-\infty}^{\infty} y(t - 2nT)$  et on décompose  $z(t)$  en série de Fourier sous la forme :

$$z(t) \triangleq \sum_{n=-\infty}^{\infty} Z_n e^{j2\pi \frac{n}{2T} t}$$

- 1) Exprimer le coefficient  $Z_n$  en fonction d'une intégrale faisant apparaître le signal  $y(t)$ .
- 2) Donner l'expression de  $Z_n$  en fonction de la T.F de  $y(t)$  en un point particulier que l'on précisera et calculer  $Z_n$ .



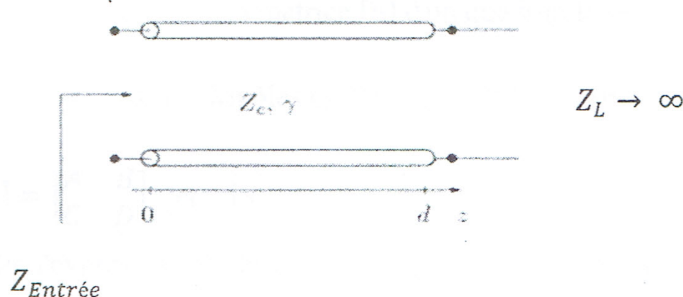
## Epreuve 2 : Micro-ondes et Optoélectroniques

Durée 2 h 00

### Partie I: Micro-ondes

#### Exercice N° 1 : (4 points)

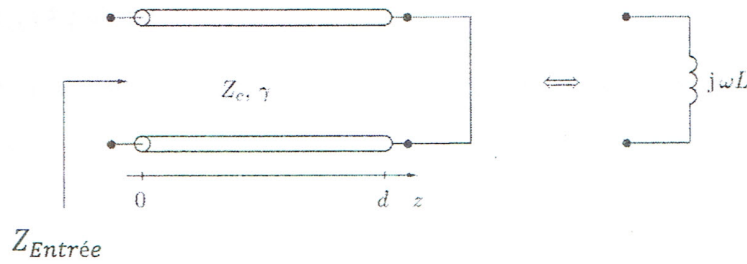
On considère une ligne de transmission sans pertes de longueur  $d$  avec des paramètres  $Z_c$  et  $\gamma = j\beta$



- L'onde incidente est une onde progressive de la forme :  $V_i(z, t) = V_i e^{j(\omega t - \beta z)}$
- L'onde réfléchie est une onde régressive de la forme :  $V_r(z, t) = V_r e^{j(\omega t + \beta z)}$

1. Calculer le coefficient de réflexion à la charge
2. Vérifier que la tension aux bornes de cette ligne s'écrit :  
 $V(z, t) = 2V_i e^{j\omega t} \cos(\beta z)$ .

L'impédance d'entrée d'une ligne sans pertes terminée par un court circuit est  $Z_{Entrée} = j\omega L$ , si l'inductance  $L = 10 \text{ nH}$  à  $1 \text{ GHz}$  avec une ligne d'impédance caractéristique  $Z_c = 50 \Omega$



3. Déterminer la longueur de la ligne  $d$ .

### Exercice N° 2 : (6 points)

Soit un quadripôle dont la matrice  $[S]$  est donnée par :

$$[S] = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$$

1. Quelles relations vérifient les coefficients de la matrice  $[S]$  si le quadripôle est :

- réciproque
- symétrique

Ecrire la forme simplifiée de la matrice  $[S]$  d'un quadripôle réciproque et symétrique.

On monte en cascade deux quadripôles  $Q$  ( $[S]$ ) et  $Q'$  ( $[S']$ ) réciproques et symétriques :

$$[S] = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \text{ et } [S'] = \begin{bmatrix} A' & B' \\ C' & D' \end{bmatrix}$$

2. Etablir l'expression de la matrice  $[S_R]$  du quadripôle résultant  $Q_R$  (on utilisera la forme simplifiée de la matrice établie à la question précédente).

Ce quadripôle est-il réciproque ?

3. Si  $Q$  et  $Q'$  sont identiques quelle condition doivent vérifier les coefficients de la matrice  $[S]$  de  $Q$  pour que le quadripôle résultant  $Q_R$  soit adapté sur tous ses accès.

## Partie II : Optoélectronique

### Exercice N°1 : (4 points)

On compare deux structures de photodiodes en InGaAs, une photodiode PIN et une photodiode PDA à avalanche de gain  $M$  et de facteur de bruit  $F(M) = M^{1/2}$ . Un signal optique arrive sur la photodiode en sortie d'une fibre optique. Sa puissance optique moyenne est  $P_s$  et sa fréquence maximale 1 GHz.

1. Pour un rendement quantique du détecteur de  $\eta = 80\%$ , exprimer la sensibilité et la calculer dans la troisième fenêtre spectrale d'une fibre optique en silice à  $\lambda_{III} = 1550$  nm.
2. Exprimer le courant moyen du signal optique pour les deux photodiodes.

### Exercice N°2 : (6 points)

Soit une fibre optique monomode à saut d'indice de diamètre de cœur  $d = 8.5$   $\mu\text{m}$ , avec un indice de cœur  $n_1 = 1.48$  et un indice de gaine  $n_2 = 1.475$ .

1. Calculer l'ouverture numérique  $ON$  et en déduire l'angle de divergence  $\theta_G$  du faisceau gaussien de sortie de la fibre optique.
2. Quel doit être le diamètre de cœur maximum pour que cette fibre optique soit en fonctionnement monomode à partir de  $\lambda = 1200$  nm ?
3. Pour  $\lambda_{II} = 1300$  nm et  $\lambda_{III} = 1550$  nm, calculer la fréquence normalisée  $V$ .
4. Donner une expression approchée du rayon du mode optique  $W_0$  et le calculer.

Les dispersions chromatiques dans les deux fenêtres de transmission de la fibre optique à saut d'indice  $\lambda_{II}$  et  $\lambda_{III}$  sont  $D_{1300} = 3$  ps.km<sup>-1</sup>.nm<sup>-1</sup> et  $D_{1550} = 18$  ps.km<sup>-1</sup>.nm<sup>-1</sup>.

5. Si l'on considère une DEL émettant à  $\lambda_{II} = 1300$  nm et ayant une largeur spectrale  $\Delta\lambda = 50$  nm, déterminer l'étalement d'une impulsion sur longueur de 10 km.
6. Si l'on considère une diode laser émettant à  $\lambda_{III} = 1550$  nm et ayant un spectre sous modulation de largeur  $\Delta\nu = 10$  GHz, quel est l'étalement sur une longueur  $L = 100$  km ?