

## EPREUVE D'EVALUATION

Année Universitaire : 2023/2024	Date de l'Examen : 27/11/2023
Nature : <input checked="" type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> Examen <input type="checkbox"/> DR	Durée : <input type="checkbox"/> 1h <input checked="" type="checkbox"/> 1h30min <input type="checkbox"/> 2h
Diplôme : <input type="checkbox"/> Mastère <input checked="" type="checkbox"/> Ingénieur	Nombre de pages : 04
Section : <input type="checkbox"/> GCP <input type="checkbox"/> GCV <input type="checkbox"/> GEA <input checked="" type="checkbox"/> GCR <input type="checkbox"/> GM	Enseignant (e) : Mme. Chayma BAHAR
Niveau d'étude : <input type="checkbox"/> 1 <sup>ère</sup> <input checked="" type="checkbox"/> 2 <sup>ème</sup> <input type="checkbox"/> 3 <sup>ème</sup> année	Documents Autorisés : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
Matière : Communications Optiques	Remarque : Calculatrice autorisée

N.B : La présentation, la lisibilité, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

### Exercice 1 : (Atténuations et dispersions d'une communication optique)

La propagation d'un rayon lumineux à l'aide d'une fibre optique à saut d'indice peut être schématisée par la figure ci-dessous :

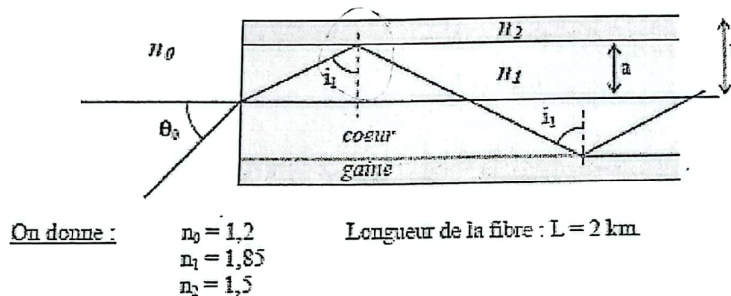
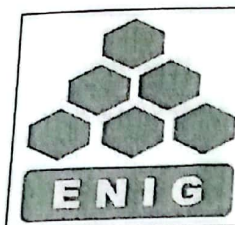


Figure.1

- 1- Calculer l'angle minimal  $i_{1R}$  qui permet la réflexion totale du rayon dans la fibre.
- 2- Calculer l'angle maximal  $\theta_{0\max}$  qui autorise la propagation du signal dans la fibre.
- 3- Pour le mode de propagation fondamental sans réflexions, calculer le temps de transmission d'une information dans cette fibre.
- 4- Pour un mode de transmission correspondant à des réflexions successives de  $i_1 = 70^\circ$ , calculer le temps de transmission de l'information.
- 5- Une fibre optique monomode à saut d'indice possède un cœur d'indice  $n_1=1.48$ , un indice de gaine  $n_2=1.475$  et un diamètre de cœur  $\phi=7.5\mu\text{m}$ .
  - a) Calculer l'ouverture numérique ON.
  - b) Pour  $\lambda_1=1300\text{nm}$  et  $\lambda_2=1550\text{nm}$ , calculer la fréquence normalisée.
- 6- Une fibre optique à gradient d'indice possède un cœur de diamètre  $\phi=62.5\mu\text{m}$ , un indice de réfraction maximale  $n_1=1.48$  et une différence d'indice  $\Delta=1.5\%$ .

Ms 2490N  
1



## EPREUVE D'EVALUATION

- a) Dans le cas d'un profil parabolique, ( $\alpha=2$ ), quelle est l'ouverture numérique et l'angle d'acceptance maximum de la fibre optique ? Calculer le nombre de modes se propageant dans la fibre pour  $\lambda=1300\text{nm}$ .
- b) L'affaiblissement est de  $0,5\text{dB/km}$  à  $\lambda=1300\text{nm}$ . Une source injecte une puissance optique de  $P_s=-10\text{dB}$  à une extrémité. Un récepteur de sensibilité  $P_r=-35\text{dB}$  est connecté à l'autre extrémité. En négligeant les autres causes d'affaiblissement, donner la portée de la liaison  $L_{\max}$ .

7- Soit une fibre monomode d'atténuation  $\alpha = 2.1\text{dB/km}$  et une diode laser à  $\lambda = 0.85\mu\text{m}$  émettant une puissance moyenne  $P_e = 2\text{mW}$ . Les pertes de connectique :  $0.6\text{dB}$  à chaque extrémité et une photodiode PIN de sensibilité  $S = 0.53\text{mA/mW}$  et de courant d'obscurité négligeable.

Quelle est la portée maximale  $L_{\max}$  de la liaison pour obtenir un courant de sortie minimal de PIN de  $5\mu\text{A}$ , avec une marge de sécurité de  $3\text{dB}$  sur d'éventuelles pertes optiques supplémentaires ?

### Exercice 2 : (Bilan de liaison)

#### Partie I

On désire transmettre 32 voies téléphoniques de 64 kbits/s au moyen d'une fibre optique sur une distance de 10 km. Pour réaliser la liaison, on se propose d'utiliser une fibre optique multimode à saut d'indice possédant les caractéristiques suivantes :

Indice de cœur  $n_1=1,51$ ,  $ON=0,17$ ; atténuation  $A=5\text{ dB/km}$ .

1) En tenant compte uniquement de la dispersion intermodale  $\Delta\tau$ , le choix de la fibre optique est-il réaliste ?

Pour les composants d'extrémité, on a les choix suivants

#### • Sources d'émission

$S_1$  : Diode électroluminescente émettant une puissance totale de  $3\text{mW}$ . La DEL étant placée dans l'air ( $n_0=1$ ) face à l'extrémité de la fibre optique. L'efficacité de couplage  $\eta_c$  est donnée par :

$$\eta_c = (ON)^2$$

$S_2$  : Diode laser, puissance totale  $5\text{mW}$ , rendement de couplage diode-fibre 60%.

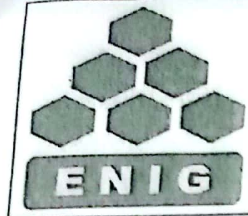
#### • Récepteurs

$D_1$  : Photodiode PIN, sensibilité  $0,5\text{ A/W}$ .

$D_2$  : Photodiode à avalanche, sensibilité  $50\text{ A/W}$ .

Afin d'assurer le taux d'erreur spécifié, la puissance minimale du signal au détecteur est  $P_{\min} = 10\text{ nW}$  dans les deux cas.





## EPREUVE D'EVALUATION

2) Calculer l'atténuation totale due au couplage et aux pertes par absorption pour les deux sources.

3) En prenant une marge de sécurité  $M = 4\text{dB}$ , quelles sont les combinaisons utilisables.

### Partie II

Pour réaliser une liaison de 12km par fibres optiques entre deux stations avec un débit minimum exigé de 2 Mbits/s et un taux d'erreur admis de  $10^{-8}$ , vous disposez du choix des composants suivants :

#### Fibres optiques :

→ fibre à saut d'indice (FSI) : diamètre de cœur  $100\mu\text{m}$ , bande passante 100MHz pour 100m, atténuation 5dB/km, livrée par rouleaux de 1 km.

→ fibre à gradient d'indice (FGI) : diamètre de cœur  $50\mu\text{m}$ , bande passante 100MHz pour 1km, atténuation 3dB/km, livrée par rouleaux de 1 km.

#### Emetteurs :

→ LED : puissance moyenne d'émission 1mW, bande passante 60MHz, perte de couplage -17 dB.

→ LASER : puissance moyenne d'émission 10mW, bande passante 600MHz, perte de couplage -3dB.

#### Détecteurs :

→ Photodiode PIN : sensibilité 0.5 A/W, bande passante 1GHz. Niveau minimum de détection à 2 Mbits/s avec taux d'erreur  $10^{-8}$  : -52 dBm.

→ Photodiode PPPN : sensibilité 50 A/W, bande passante 1GHz. Niveau minimum de détection à 2 Mbits/s avec taux d'erreur  $10^{-8}$  : -64 dBm.

#### Connectique :

→ Connecteur à l'émetteur : pertes de 1 dB.

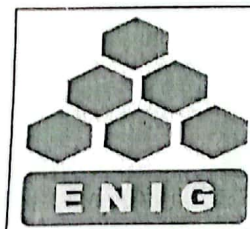
→ Connecteur au récepteur : pertes de 1 dB.

→ Epissure par soudage : pertes de 0.3dB.

On désire comparer les deux solutions suivantes :

Première solution : LASER+FGI+PIN.

Deuxième solution : LED+FGI+PPPN.



République Tunisienne  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Gabès  
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès

## EPREUVE D'EVALUATION

Réf : DE-EX-01

Indice : 3

Date : 27/11/2023

Page : 4/4

1. Donner un schéma de liaison optique pour les deux solutions.
2. Établir le bilan de liaison pour chaque solution sachant qu'on ajoute une marge de 2dB.
3. Comparer les deux solutions en termes d'atténuation disponible.