

Professeur : K. GHOUMID

Année universitaire 2019 – 2020

5^{ème} année, Ingénieur

GTR & GSEIR

Communications par Fibre Optique

Contrôle # 1

Durée d'examen 1 heure 30 min : 8 h 30 min - 10 h

(Documents autorisés)

Novembre 2019

Exercice - 1 -	Exercice - 2 -	Total
/ 9	/ 11	/ 20

Bonne chance ...

Exercice -1- : Transmission numérique par F.O, Probabilité d'erreur, Diagramme de l'œil

On considère dans la troisième fenêtre des télécoms optiques $\lambda = 1550 \text{ nm}$ la transmission d'un signal numérique via une fibre optique monomode à saut d'indice. Cette transmission est caractérisée par les données suivantes :

- * F.O d'indice de cœur $n_c = 1.45$ et d'indice de la gaine $n_g = 1.43$;
- * Longueur de la F.O $L = 100 \text{ km}$;
- * Coefficient de dispersion chromatique $D_{chr}(\lambda) = 13 \text{ ps.nm}^{-1}.\text{km}^{-1}$;
- * Puissance émise $P_e = 10 \text{ mW}$;
- * Diode laser (D.L) de largeur spectrale $\Delta\lambda = 2 \text{ nm}$;
- * Encodage utilisé :
 - émission du bit '0' correspond à un courant $I_0 = 0 \text{ A}$;
 - émission du bit '1' correspond à un courant $I_1 = 5 \text{ mA}$;
- * Probabilité d'erreur binaire exigée $P_e = 10^{-9}$;

1. Citer les types de dispersions rencontrées lors de la propagation dans une fibre optique, puis donner les équations mathématiques et les origines physiques relatifs à chaque type de dispersion.
2. Calculer l'ouverture numérique et l'angle d'acceptance de cette fibre optique.
3. Calculer la plus grande valeur que peut avoir le rayon de la fibre optique pour qu'elle soit monomode à $\lambda = 1550 \text{ nm}$.
4. Calculer la largeur totale de la bande passante.
5. Calculer la puissance du bruit qui débouche à la probabilité d'erreur binaire demandée $P_e = 10^{-9}$. (On donne $\text{erfc}(4, 24) = 2 \cdot 10^{-9}$, où $\text{erfc}(x)$ est la fonction erreur de Gauss complémentaire).

Supposant qu'à la réception et après utilisation d'un oscilloscope (comme on a vu en TP), on visualise le diagramme de l'œil suivant.

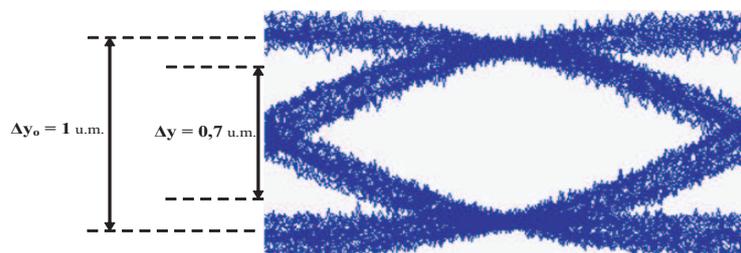


FIGURE 1 – diagramme de l'œil visualisé à la réception ($\Delta y_o = 1 \text{ u.m.}$ et $\Delta y = 0,7 \text{ u.m.}$).

6. Quel est le pourcentage des interférences entre symbole IES ?
7. Quel serait l'étalement de l'impulsion à la sortie de la F.O si le système utilisait une modulation 8 – PSK avec un débit symbole $R_s = 100 \text{ MBaud}$?

Exercice -2- : Transmission Numérique via un Fibre Optique.

On se propose d'étudier une liaison numérique sur une fibre optique monomode à la longueur d'onde de transmission de la troisième fenêtre des télécommunications optiques $\lambda = 1550 \text{ nm}$. Le signal numérique a un débit $R_b = 120 \text{ Mbit/s}$ et le codage utilisé est de type 12B1P1C (12 bits de données, 1 bit de parité et 1 bit de contrôle).

La bande passante requise pour cette liaison est $B = 0,7 R_s$, où R_s est la rapidité de modulation du code utilisé.

La liaison est caractérisée par :

★ Fibre optique : monomode à saut d'indice :

- Atténuation de propagation $\alpha = 0,17 \text{ dB/km}$.
- Coefficient de dispersion chromatique $M = 20 \text{ ps/(nm.km)}$.

★ Émetteur optique : diode laser 'DL' :

- Puissance d'émission $P_e = 8 \text{ dBm}$.
- Largeur spectrale $\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$.

★ Récepteur optique : photodiode à avalanche 'PDA' :

- Puissance seuil $P_{seuil} = -47 \text{ dBm}$.
- Puissance de saturation $P_{sat} = -13 \text{ dBm}$.

★ Pertes à prendre en compte (en plus de l'atténuation) :

- Chaque connecteur d'extrémité $Los_{con} = 0,4 \text{ dB}$.
- Épissures pour relier les fibres $Los_{epis} = 0,14 \text{ dB/km}$.
- Marge prévisionnelle moyenne de coupure $M_{prev} = 0,18 \text{ dB/km}$.
- Marge de vieillissement $M_{vieil} = 4 \text{ dB}$.

1. Calculer le débit symbole puis en déduire la valeur de la bande passante requise pour cette transmission numérique.
2. En faisant un bilan de puissance convenable, donner la longueur de régénération maximale autorisée L_{1Max} .
3. En faisant un bilan de bande passante convenable, donner la longueur de régénération maximale autorisée L_{2Max} .
4. Quelle longueur de régénération maximale doit être choisie ? Pourquoi ?
5. Existe-t-il une longueur de régénération minimale pour ce système ? Si oui calculer sa valeur.
6. Peut-on augmenter le débit binaire du système ? Si oui calculer sa valeur maximale R_{bMax} .

7. Calculer la valeur du rapport signal sur bruit au niveau du récepteur supposant que ce rapport est donné par l'expression suivante :

$$\frac{S}{N} = \frac{0,2 P^2}{2 \cdot 10^{-10} P + 1,2 \cdot 10^{-18}}$$

8. Sachant que le système exige un rapport signal sur bruit $\frac{S}{N} = 24 \text{ dB}$, Quelle est la nouvelle longueur de régénération maximale autorisée $L_{3_{max}}$.