



## Télécommunication optique ( ELE107)

Examen Partiel Semestre II 2012-2013

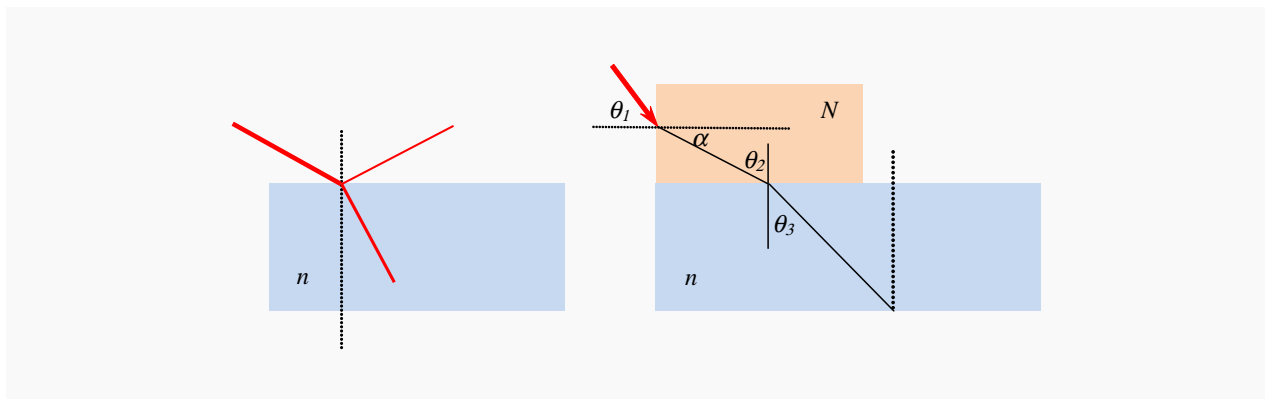
Lundi 27 Mai 2013 13h :00→15h :00

Documents et téléphones : STRICTEMENT INTERDITS

**Exercice 1** Répondre très brièvement aux questions suivantes :

1. Quelles sont les 2 aspects physiques de la lumière ?
2. Que signifie la notion de longueur d'onde ?
3. Quelle est la relation entre la puissance optique et l'intensité de la lumière. ?
4. Tracer les trois axes des directions des vecteurs  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  et  $\vec{k}$  d'une onde TEM.
5. Dans quelles conditions on aura une réflexion interne totale de la lumière ?
6. Quelle est la polarisation d'une onde électromagnétique, qui se propage dans un guide d'onde planaire, dont le plan de propagation est le plan  $(xOz)$  et les vecteurs du champ électromagnétique sont tels que :  $\vec{E}(E_x, 0, E_z)$  et  $\vec{H}(0, H_y, 0)$  ?
7. Quelles sont les deux grandes catégories des fibres optiques ?
8. Quelles sont les causes principales de dégradation du signal dans une fibre optique
9. Quelle est l'influence de la dispersion sur la qualité de transmission dans fibre optique ?
10. Quelle est la relation entre la dispersion et la bande passante ?

**Exercice 2** Une lame de verre d'épaisseur  $h = 2 \mu\text{m}$ , d'indice de réfraction  $n$  est plongée dans l'air. Le rayon incident supposé cylindrique de section circulaire de rayon  $\rho = 2 \text{ mm}$  fait un angle de  $30^\circ$  avec la face avant de la lame, il subit une réflexion partielle et une réfraction, tel que le rayon réfléchi est perpendiculaire au rayon réfracté.



1. Calculer l'indice de réfraction du verre, en déduire l'angle limite sur l'interface lame-air.

2. L'onde incidente est non polarisée, sa puissance est  $P_i = 1 \text{ mW}$ , calculer les intensités des ondes incidente, réfléchie et réfractée.
3. Une deuxième lame, d'indice  $N = \frac{3}{2}$ , est collée sur la face supérieure de la lame d'indice  $n$ , la lumière est injectée du côté de l'air vers une face verticale de  $N$ , sous l'incidence  $\theta_1$ . On choisit  $\theta_1$  tel que l'angle de réfraction  $\alpha$  dans  $N$  soit  $30^\circ$ .
  - (a) Calculer les angles  $\theta_1, \theta_2$  et  $\theta_3$
  - (b) Que se passe-t-il lorsque la lumière tombe sur la face inférieure de la lame  $n$ .
4. Dans ce cas la lame joue le rôle d'un guide d'onde plan avec la longueur d'onde  $\lambda = \sqrt{2} \mu\text{m}$ 
  - (a) Calculer le nombre maximal des modes guidés
  - (b) Calculer l'épaisseur effective pour le mode  $TE_0$

**Exercice 3** Soit une fibre optique à saut d'indice de longueur  $L = 10 \text{ km}$ , de rayon du coeur  $a = 40 \mu\text{m}$  et de différence relative d'indice  $\Delta = 1\%$ . Cette fibre peut guider au maximum 1000 modes de longueur d'onde  $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$

1. Calculer les indices des couches coeur ( $n$ ) et gaine ( $n_1$ ).
2. Montrer qu'il faut injecter la lumière dans la fibre à l'intérieur d'une cône de révolution d'angle au sommet  $\alpha_c$  pour avoir de modes guidés. Exprimer  $\alpha_c$  en fonction des indices  $n_1$  et  $n$ . Calculer  $\alpha_c$ .
3. Etablir l'expression de la dispersion intermodale. En négligeant les dispersions intramodales et chromatiques, de combien s'étale l'impulsion à la sortie de la fibre.
4. On suppose que toute la puissance optique initiale  $P_0 = 10 \text{ mW}$  est équi-distribuée entre les modes de la fibre, quelle est la puissance portée par chaque mode à la sortie de la fibre d'atténuation linéaire  $\alpha_{dB} = 0.3 \text{ dB/km}$ .

## Formulaires :

### Fibre optique :

$$\text{Différence d'indice } \Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2}$$

$$\text{Ouverture Numérique : } ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\text{Nombre de modes } M = \frac{V^2}{2} \frac{\alpha}{\alpha + 2}$$

Fibre monomode pour  $V < 2$ .

$$\text{Dispersion intermodale } \Delta\tau_n = \frac{L}{2cn_1} (ON)^2$$

$$\text{Dispersion du guide } \Delta\tau_g = D_g L \Delta\lambda$$

$$\text{Dispersion du matériau } \Delta\tau_m = M_d L \Delta\lambda$$

$$M_d = -\frac{\lambda}{c} \frac{d^2 n}{d\lambda^2}$$

### Guide d'onde plan :

$$\beta_m = \sqrt{k^2 n^2 - (m+1)^2 \frac{\pi^2}{h^2}}$$

$$x_m = \frac{1}{\sqrt{\beta_m^2 - k^2 n_1^2}}$$

$$M = \frac{2\pi}{\lambda} h \sqrt{n^2 - 1}$$

$$r_{\perp} = \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}$$

$$r_{//} = \frac{n_1 \cos \theta_2 - n_2 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_2 + n_2 \cos \theta_1}$$