ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2019

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-EL-B4 – INGÉNIERIE OPTOÉLECTRONIQUE

Question 1 (25 points)

Ci-dessous, les spécifications de deux fibres optiques à base de silice et à profil de saut d'indice.

	Fibre #1	**Fibre #2**
Diamètre du cœur	8 µm	8 µm
Ouverture numérique (NA)	0.12	-
Indice de réfraction du cœur	-	1.51
Indice de réfraction de la gaine	-	1.47
Diamètre de champ du mode fondamental (MFD)	9 µm	11 µm
Longueur de la fibre	400 m	500 m

a) Pour chacune des fibres, calculez sa *longueur d'onde de coupure* et indiquez si la fibre est *monomode* ou *multimode* à 1550 nm de longueur d'onde.

b) Au moins une de ces fibres est multimode à 1550 nm. Pour cette fibre multimode <u>donnez une estimation</u> du *nombre de modes guidés* et du *délai de groupe maximum* en secondes (causé par la dispersion modale).

c) <u>Indiquez</u> deux types d'atténuation couramment rencontrés dans les fibres optiques.

Question 2 (25 points)

Un laser submersible de couleur verte (λ=532 nm) est placé dans un bassin d'eau (tel qu'illustré dans la figure 1 ci-dessous) et émet des impulsions lumineuses ayant un angle d'incidence θ sur l'interface avec l'air.

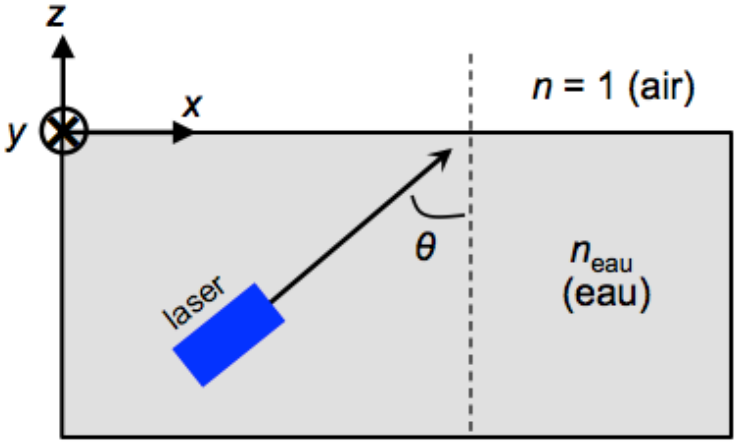

Figure 1 : Laser en opération dans un bassin d'eau

L'indice de réfraction de l'eau est donné par l'équation de Cauchy suivante :

$$n_{eau} = 1.32 + \frac{5200}{\lambda^2}$$, où les unités de longueur d'onde (λ) sont en <u>nanomètres</u> : λ = [nm]

a) Quelle est la valeur de l'indice de réfraction de l'eau à la longueur d'onde du laser ?

b) Si on veut optimiser la transmission du laser à travers l'interface eau-air, la polarisation du laser doit être alignée selon <u>quel plan</u> (x-y, y-z, x-z) et avec quel <u>angle d'incidence</u> ?

c) À l'opposé, si on désire maximiser la réflexion du laser, quels doivent être la polarisation linéaire (plan x-y, y-z ou x-z ?) et l'angle d'incidence appropriés.

Question 3 (20 points)

a) Un journaliste vous demande : « *C'est quoi un laser et comment ça fonctionne ?* ». Résumez en quelques phrases les propriétés clés d'un laser, ainsi que son mode de fonctionnement.

b) Les systèmes de transmission à fibre optique sont à la base des télécommunications modernes. Indiquez <u>2 obstacles différents</u> qui interviennent dans la transmission des données via une fibre optique. Pour chaque obstacle, <u>indiquez au moins une méthode</u> permettant de compenser ou éliminer l'obstacle en question.

Question 4 (10 points)

Soit les matériaux semiconducteurs X, Y, Z caractérisés par les niveaux d'énergie (des électrons) avec les valeurs indiquées dans le tableau suivant.

	Matériau « X »	Matériau « Y »	Matériau «Z »
Energie de Fermi (E_F)	5.5×10^{-19} J	3.90 eV	2.5×10^{-19} J
Energie de valence (E_V)	2.76×10^{-19} J	2.20 eV	1.24 eV
Energie de conduction (E_C)	5.1×10^{-19} J	4.44 eV	4.0×10^{-19} J

a) Parmi ces matériaux, lesquels peuvent être employés dans la construction d'un photodétecteur opérant dans <u>tout</u> le spectre de la lumière visible (400-700 nm) ?

Question 5 (20 points)

Soit une diode laser à rétroaction distribuée (DFB) possédant une période de corrugation de 0.22 micromètres et de longueur de cavité L=400 micromètres dans un milieu semiconducteur (GaAs) tel que l'indice de réfraction effectif du mode guidé est n_{eff} = 3.5. Assumez que la condition de Bragg du réseau DFB est du premier ordre.

a) Quelle est la longueur d'onde émise par le laser ?

b) Quel est le numéro du mode longitudinal principal dans cette cavité laser?

c) Quelle est la séparation spectrale entre deux modes de cavité adjacents ?