

**Exercice 1 : longueurs d'onde d'émission**

- 1) On fabrique une diode laser en AsGa, dont la gap vaut  $E_g = 1,424$  eV. Autour de quelle longueur d'onde émet-elle ? Dans quel domaine se trouve son rayonnement ?
- 2) Une DEL en GaP peut émettre dans le visible. Le gap de GaP est  $E_g = 2,26$  eV. Calculer la longueur d'onde émise et préciser la couleur correspondante.

**Exercice 2 : nombre de modes d'une diode laser**

L'enveloppe du spectre d'émission d'une diode laser a une largeur à mi-hauteur de 2 nm centrée sur  $\lambda = 0,87 \mu\text{m}$ . La cavité mesure 380  $\mu\text{m}$  de long et son indice est 3,5. Combien de modes sont compris dans la largeur à mi-hauteur du spectre ?

**Exercice 3 : caractéristique d'une diode laser**

Tracer la courbe  $P=f(i)$  d'une diode laser pour deux températures  $T_1$  et  $T_2 > T_1$ , où  $P$  est la puissance lumineuse émise et  $i$  l'intensité du courant traversant la diode.

Expliquer à partir du graphe le fonctionnement d'une diode laser

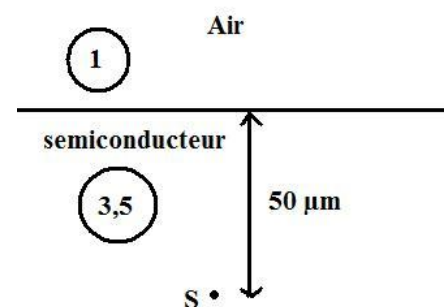
- a) réglée en courant
- b) réglée en puissance
- c) réglée en température et courant

**Exercice 4 : transmission de la lumière de l'intérieur vers l'extérieur d'une DEL**

Une source ponctuelle émet en S de manière isotrope (voir figure ci-contre) une puissance de 200 mW dans un milieu d'indice  $n=3,5$  et de coefficient d'absorption  $\alpha = 120 \text{ cm}^{-1}$ . Calculer la puissance qui sort dans l'air par la face plane.

On tiendra compte de ce que l'angle d'incidence sur le dioptre doit être inférieur à l'incidence limite au-delà de laquelle il y a réflexion totale. On calculera la probabilité que l'émission soit dans le bon angle par un calcul d'angle solide.

On tiendra aussi compte de la réflexion avec un coefficient  $R=(n-1)^2/(n+1)^2$  sur le dioptre pour la lumière arrivant avec une incidence inférieure à celle de réflexion totale.

**Exercice 5 : longueur d'onde de coupure d'un récepteur**

- 1) Le silicium possède une largeur de bande interdite de 1,12 eV. En déduire le domaine de longueur d'onde qu'un capteur au silicium peut détecter.
- 2) Le gap du germanium est de 0,66 eV. En déduire sa longueur d'onde de coupure. Quel est l'intérêt d'un capteur au germanium par rapport à un capteur au silicium ?

**Exercice 6 : quelques caractéristiques d'un détecteur**

- 1) Quelle doit être l'épaisseur d'un cristal qui absorbe 80% du flux incident, si son coefficient d'absorption vaut  $800 \text{ cm}^{-1}$  ?
- 2) Avantage et inconvénient d'une grande surface sensible ?
- 3) Comparer, à l'aide du cours, une PDA au Si et une PDA au Ge.
- 4) A quels phénomènes est dû le bruit d'une PDA ?

## Exercice 7 : Bilan de bande passante d'une liaison optique

On souhaite transmettre sous forme numérique un signal vidéo à 4,2 MHz. La fréquence d'échantillonnage doit être au moins le double de la fréquence du signal. On choisit une fréquence d'échantillonnage de 11 MHz. On code le signal sur 10 bits par échantillon (8 bits pour reproduire le signal avec une bonne fidélité et 2 supplémentaires pour la synchronisation et la détection d'erreurs). On a donc un débit de 110 Mbits/s.

- 1) Quel est le temps de montée  $T_s$  nécessaire ? On supposera un codage RZ.
- 2) On souhaite faire une connexion par fibre optique à  $0,85 \mu\text{m}$  avec une fibre de 1,2 km. On se demande si une fibre à saut d'indice conviendrait. Calculer la dispersion modale  $\Delta t_m$  pour une fibre ayant un indice de cœur  $n_1=1,46$ , d'ouverture numérique 0,25 et de 1,2 km de longueur. On rappelle que  $\Delta t_m = n_1 L \Delta / c$  avec  $O.N. = n_1 \sqrt{2\Delta}$ . Conclure.
- 3) On se propose d'utiliser une fibre à gradient d'indice ayant une bande passante optique à -3 dB de 600 MHz.km et une ouverture numérique de 0,25. Calculer le temps de montée  $\Delta t_m = 0,44/BP$  dû à la dispersion modale.
- 4) La diode laser émet à  $\lambda = 0,85 \mu\text{m}$  avec  $\Delta\lambda/\lambda=4.10^{-3}$ . Le coefficient de dispersion chromatique de la fibre est  $M=0,12 \text{ ns/nm/km}$ . Calculer la dispersion chromatique pour une fibre de 1,2 km. En déduire le temps de montée total  $T_{fo}$  de la fibre.
- 5) Le temps de montée  $T_{so}$  de la source est de 1 ns. En déduire le temps de montée maximal autorisé pour le détecteur.
- 6) Ce temps de montée est réalisable avec une photodiode PIN ou une PDA. ON choisit une PIN ayant un temps de montée de 1 ns (indiqué par le fabricant, déterminé pour une résistance de charge  $R=50 \Omega$ ) et une capacité de 8 pF.  
Calculer le temps de montée dû à l'effet capacitif pour une résistance de 50  $\Omega$ , et en déduire que le temps de transit peut être négligé si on choisit une résistance de charge  $R$  supérieure à 50  $\Omega$ . On souhaite faire ce choix car on a de la marge pour augmenter le temps de réponse du détecteur et cela fera baisser le bruit.  
Calculer la valeur maximale de la résistance de charge (bruit minimal).

## Exercice 8 : Bilan énergétique d'une liaison optique

### Première installation :

- 1) Une diode laser émet un signal numérique (0 mW – 80 mW) avec un débit de 50 Mbits/s à la longueur d'onde de 1300 nm. Elle est couplée à une fibre amorce et les pertes de couplage valent 12 dB. Exprimer la puissance moyenne  $P_1$  à la sortie de la fibre amorce en mW et en dBm.
- 2) Le récepteur est une photodiode PIN, de sensibilité 0,5 A/W, de capacité  $C'=1\text{pF}$  (voir la figure donnant le seuil de détection en fonction du débit pour différents capteurs). On admet un TEB de  $10^{-9}$ . Quel est le seuil de détection  $P_2$  en mW et dBm ?
- 3) On décide de prendre une marge de sécurité de 4 dB. On dispose de bobines de fibre de 5 km de longueur et d'atténuation linéique 0,6 dB/km. Chaque connecteur a une perte moyenne de 0,2 dB. Quelle longueur de liaison peut-on installer ?

### Deuxième installation :

- 1) Une diode laser émet un signal numérique (0mW – 20 mW) à la longueur d'onde de 1300 nm. Elle est couplée à une fibre amorce et les pertes de couplage valent 15 dB. Exprimer la puissance moyenne  $P_1$  à la sortie de la fibre amorce en mW et en dBm.
- 2) On installe une longueur de liaison de 62 km. On dispose de bobines de fibre de 8 km de longueur et d'atténuation linéique 0,7 dB/km. Chaque connecteur a une perte moyenne de 0,15 dB. Exprimer la puissance moyenne  $P_2$  à l'entrée du détecteur en mW et en dBm.
- 3) On décide de prendre une marge de sécurité de 4 dB. Le récepteur est une photodiode PDA, de sensibilité 0,5 A/W, de capacité  $C'=10\text{pF}$  (voir la figure donnant le seuil de détection en fonction du débit et du détecteur). On admet un TEB de  $10^{-9}$ . A quel débit maximal d'informations peut-on travailler ?