

Exercice 1 : BTS 2012

La diode laser utilisée émet en continu, elle est collimatée par une optique intégrée. Son faisceau gaussien est alors à section circulaire.

Données :

Diode laser collimatée :

- Longueur d'onde dans le vide $\lambda = 405 \text{ nm}$
- Puissance $P = 50,0 \text{ mW}$
- Diamètre du faisceau $1,00 \text{ mm}$ à $1,00 \text{ m}$ de distance
- Divergence totale $\alpha = 1,00 \text{ mrad}$
- Vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Faisceau gaussien :

- Variation de la largeur du faisceau :

$$w(z) = w_0 \cdot \left[1 + \left(\frac{z}{z_R} \right)^2 \right]^{1/2} \text{ avec } z_R \text{ distance de Rayleigh } z_R = \frac{\pi \cdot w_0^2}{\lambda}$$

- Divergence de la diode laser : $\alpha = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot w_0}$ avec w_0 waist de la diode laser

1. Faisceau laser

- 1.1 Quelle est la couleur du rayonnement émis par la diode laser ?
- 1.2 Exprimer l'énergie E d'un photon en fonction des données de l'exercice, puis calculer le nombre de photons N émis par seconde par la diode laser.
- 1.3 Calculer le waist w_0 de la diode laser.
- 1.4 Calculer la distance de Rayleigh z_R .

2. Focalisation du faisceau

La lentille L_1 permet de focaliser le faisceau laser sur le cristal de BBO.

Données :

Lentille mince convergente L_1 :

- Centre optique O_1
- Distance focale de la lentille $f_1' = 50,0 \text{ mm}$

Relations des faisceaux gaussiens :

- $z = \overline{OA}$, A position du waist objet et $z' = \overline{OA'}$, A' position du waist image
- $z' = f' \frac{z (f' + z) + z_R^2}{(f' + z)^2 + z_R^2}$ avec z_R distance de Rayleigh $z_R = \frac{\pi \cdot w_0^2}{\lambda}$
- $\frac{w_0'}{w_0} = \frac{f'}{\sqrt{(f' + z)^2 + z_R^2}}$ avec w_0' waist image

Le waist objet est situé au foyer objet de la lentille.

- 2.1 Où se trouve le waist image ?
- 2.2 Calculer la valeur du waist image w_0' .

Exercice 2 : Faisceau gaussien et afocal

Un laser émet un faisceau gaussien de longueur d'onde $\lambda=633$ nm dont le waist a pour rayon $w_0=0,45$ mm.

- 1) On souhaite obtenir un faisceau gaussien de waist $w'_0=4,5$ mm. On utilise pour cela un système afocal constitué de deux lentilles convergentes de focales f'_1 et f'_2 . Réaliser un schéma du montage en faisant figurer les foyers objet et image de chaque lentille. Quelle est la distance entre les lentilles ?
- 2) Quel doit être le rapport des distances focales des lentilles ?
- 3) Quelle est la divergence totale du faisceau gaussien en sortie de l'afocal, sachant que la divergence du faisceau laser incident est de 0,896 mrad ?
- 4) On s'intéresse maintenant à la réalisation pratique de l'afocal. La première lentille est un objectif de microscope de distance focale $f'_1 = 16$ mm, et le waist w_1 image de w_0 par L_1 se trouve au foyer image de L_1 . On place un petit trou appelé pinhole au niveau de w_1 . Quel est son rôle ? Comment choisir son diamètre ?
- 5) On s'intéresse à présent à la densité surfacique de puissance du faisceau. Le faisceau issu du laser possède une puissance de 15 mW qu'on supposera répartie uniformément à l'intérieur du rayon du waist. Déterminer sa puissance par unité de surface en W/cm^2 . Déterminer de même la puissance par unité de surface du faisceau issu de l'afocal, toujours en W/cm^2 . Comparer les deux valeurs.

Exercice 3 : Intensité d'un faisceau gaussien

L'intensité d'un faisceau gaussien de rayon w , dans un plan perpendiculaire à sa direction de propagation, est $I = I_0 e^{-2r^2/w^2}$ où r est la distance au centre.

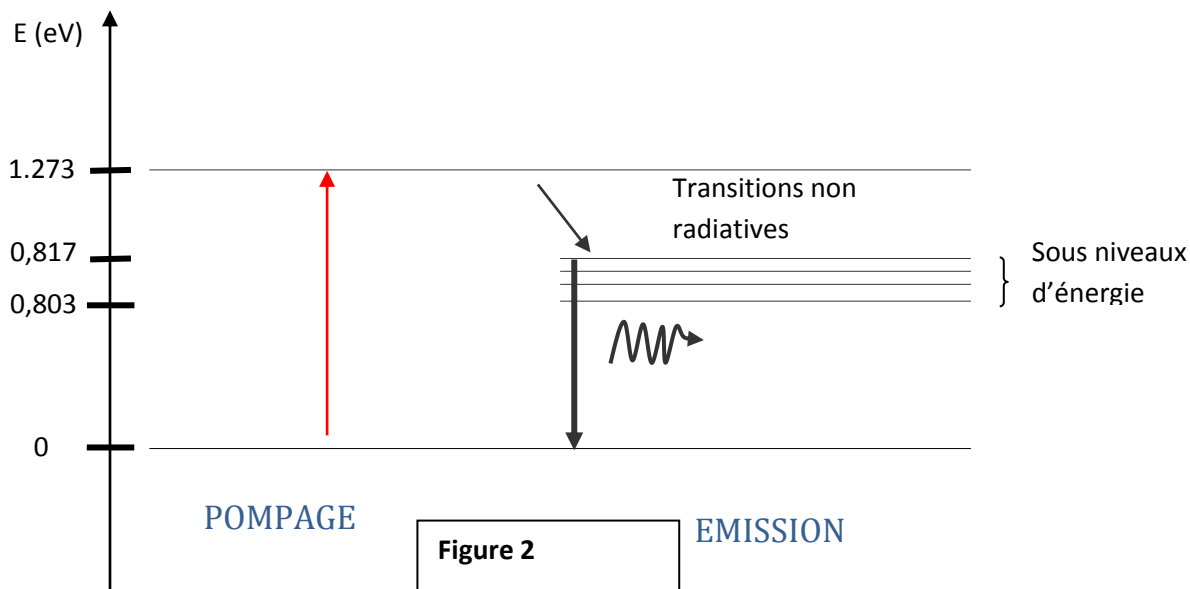
- 1) On souhaite que pour $r=2,00$ mm, l'intensité soit égale à 90% de sa valeur maximale. Déterminer la valeur correspondante de w .
- 2) Si on dispose d'un faisceau laser de waist $w_0=8,70$ mm, à quelle distance du waist faudra-t-il se placer pour obtenir la bonne valeur de w ? On donne $w(z) = w_0 \sqrt{1 + z^2/z_R^2}$ avec $z_R = \pi w_0^2 / \lambda$ et $\lambda=633$ nm.
- 3) Commenter la valeur de cette distance.

Exercice 4 : BTS 2005

A1) LE MILIEU ACTIF : FIBRE DOPEE A L'ERBIUM :

La fibre dopée à l'erbium est un système de pompage à 3 niveaux d'énergie. Son diagramme d'énergie est le suivant (figure 2) :

La transition laser s'effectue entre les niveaux (0,803 eV ; 0,817 eV) et le niveau fondamental.



A1.a) Déterminer la longueur d'onde de pompe λ_{pompe} . (constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s ; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J)

A1.b) Le spectre d'émission possède une bande passante plus large du fait de la présence de sous niveaux d'énergie. Déterminer les longueurs d'onde extrêmes λ_1 et λ_2 du spectre d'émission.

A1.c) Sachant que l'atténuation de la puissance de pompe injectée dans la fibre vérifie une loi de Beer :

$$P = P_0 \exp(-\alpha L)$$

, calculer la longueur de fibre nécessaire pour que 90% de la puissance soit absorbée.

P : puissance de pompe restant dans la fibre au bout d'une distance L .

P_0 : puissance de pompe injectée dans la fibre.

α : coefficient d'absorption de la fibre à erbium en cm^{-1} , $\alpha = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ à 975 nm.

A1.d) Le spectre d'émission de la fibre dopée à l'erbium présente l'aspect suivant : (figure 3)

Déterminer, à partir du spectre précédent, la longueur d'onde centrale λ_0 émise par la fibre à erbium ainsi que la largeur à mi-hauteur de la raie.

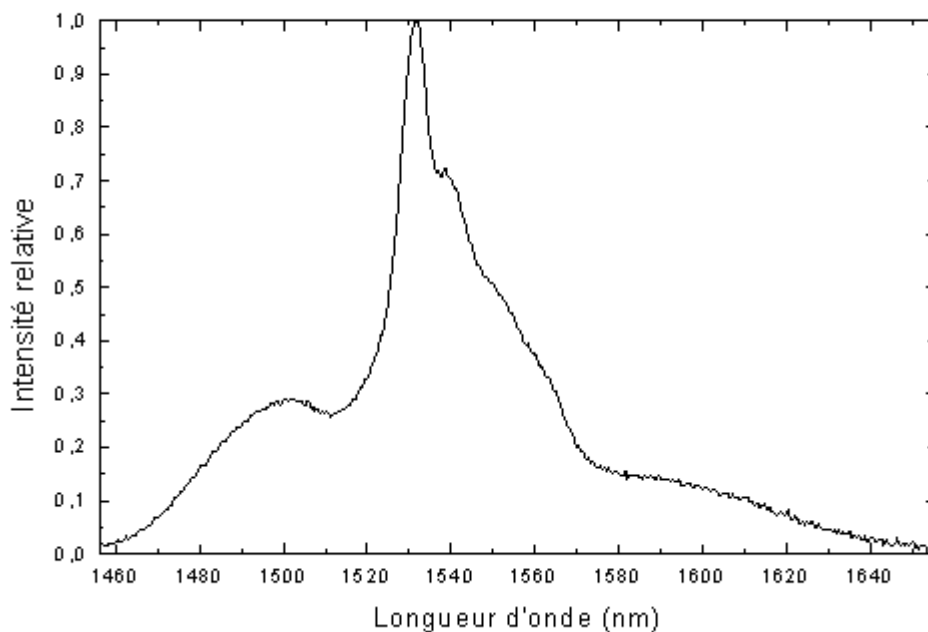


Figure 3

Exercice 5 : Une diode laser contient une cavité en AsGa d'indice $n = 3,6$ et de longueur L .

- 1) Déterminer l'expression des longueurs d'onde et fréquences des modes longitudinaux de cette cavité en fonction de n et L .
- 2) En déduire l'écart en fréquence entre deux modes longitudinaux successifs. Quel nom porte cet écart ?
- 3) La figure 4 représente l'intensité émise par la diode laser en fonction de la longueur d'onde. En déduire une valeur numérique de l'écart en longueur d'onde entre deux modes longitudinaux consécutifs pour une puissance de sortie de 1 mW.

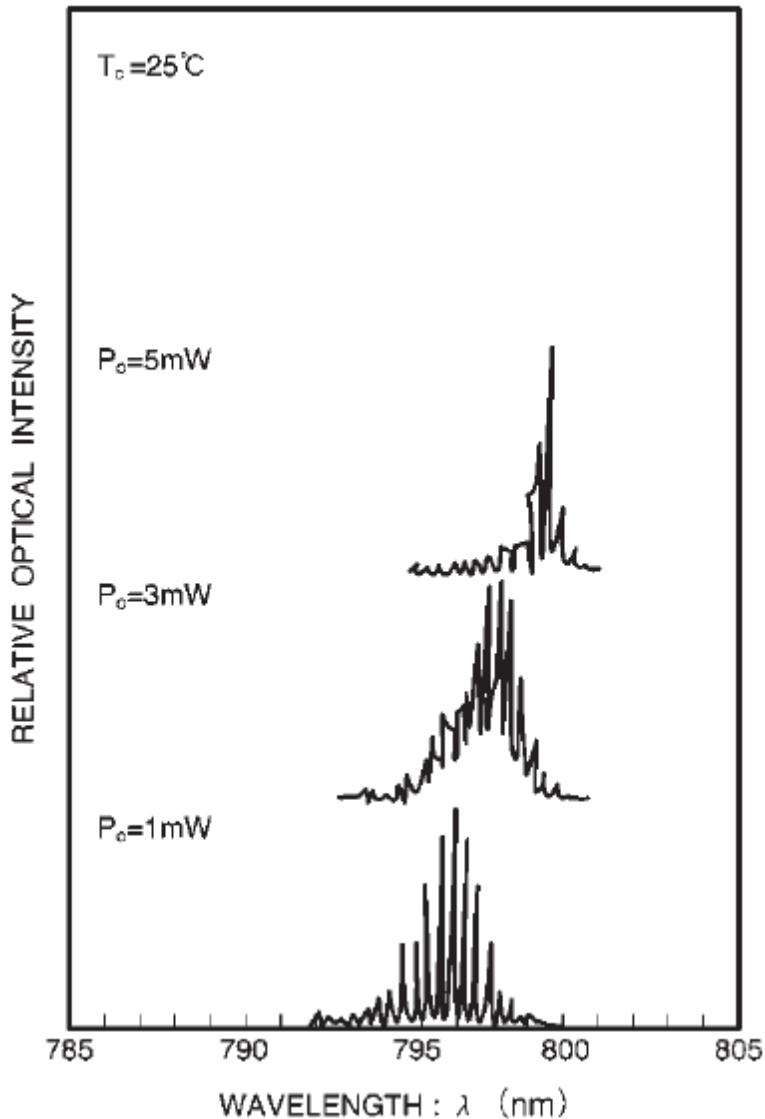


FIGURE 4

- 4) En déduire la valeur numérique de l'écart en fréquence entre deux modes longitudinaux consécutifs. On démontrera que $\Delta\nu = c \Delta\lambda/\lambda^2$.
- 5) En déduire la longueur de la cavité de la diode laser.