

LASER

EIDD 2A GP
2024-2025

TD 8 Révisions

Exercice 1 : Gain non saturé du laser à quatre niveaux

La région active de plusieurs lasers peut être schématisée par un système à quatre niveaux.

- 1- Expliquer pourquoi il n'est pas possible de réaliser un laser utilisant comme milieu actif un système à deux niveaux.
- 2- Expliquer qualitativement le fonctionnement d'un laser à quatre niveaux.
- 3- Après avoir défini les grandeurs appropriées, établir les équations bilan dans le cas d'un laser à quatre niveaux.
- 4- Exprimer l'intensité lumineuse I , c'est à dire le débit de puissance lumineuse par unité de surface, en fonction de ϕ le nombre de photons en cavité, h la constante de Planck, ν la fréquence des photons considérés, c la vitesse de la lumière et V_a le volume de mode.
- 5- On appellera D_0 la différence de population lorsque l'intensité intracavité est nulle. Dans le cas du laser fonctionnant en régime continu (pas d'évolution temporelle de l'inversion de population), montrer que l'on peut exprimer D sous la forme

$$D = \frac{D_0}{1 + \frac{I}{I_{\text{sat}}}}$$

où l'on exprimera l'intensité de saturation I_{sat} en fonction des paramètres du problème.

- 6- Lorsque la lumière traverse le milieu amplificateur (situé entre $z = 0$ et $z = L$) elle est amplifiée. On appelle $I(z)$ l'intensité optique dépendant de la cote z . On définit le gain linéique en intensité g tel que

$$I(z) = I_0 e^{gz}$$

et on a $g = D\sigma$ où D est l'inversion de population et σ la section efficace d'absorption. En déduire que g peut s'exprimer sous la forme

$$g = \frac{g_0}{1 + \frac{I}{I_{\text{sat}}}}$$

où g_0 est le gain non saturé, que l'on exprimera.

- 7- Établir l'expression de l'intensité totale intracavité I en fonction du gain g , du gain non saturé et de l'intensité de saturation

Exercice 2 : Une cavité plan-convexe

On considère une cavité plan-convexe de taille d , aux extrémités de laquelle sont situés d'une part un miroir plan et d'autre part un miroir sphérique de rayon de courbure R , tel que $R = 5d$.

- 1- Faire un schéma représentant la situation.
- 2- On considère dans cette cavité la propagation d'un faisceau gaussien. Décrire en quoi cela consiste et pourquoi on les utilise pour décrire la lumière laser.
- 3- Un faisceau gaussien admet un rayon de courbure complexe $q(z)$ vérifiant

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{R(z)} - \frac{2i}{kw(z)^2}$$

Donner une interprétation physique des quantités R et w .

- 4- Quelle est la matrice ABCD représentant un trajet d'un aller-retour dans la cavité, en partant du miroir plan ?
- 5- Cette cavité est-elle stable ?
- 6- Déterminer la longueur de Rayleigh du faisceau gaussien dont le mode TEM_{00} est stable en fonction de d .
- 7- En déduire la taille du waist de ce faisceau en fonction de λ et de d .

Données : On rappelle les matrices ABCD associées aux principales transformations

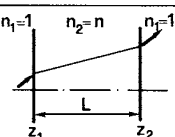
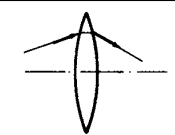
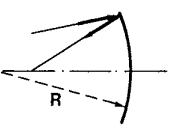
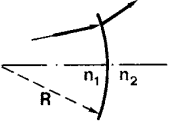
Free space propagation		$\begin{bmatrix} 1 & \frac{L}{n} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
Thin lens		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{bmatrix}$
Spherical mirror		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & 1 \end{bmatrix}$
Spherical dielectric interface		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n_2-n_1}{n_2} & \frac{1}{R} \frac{n_1}{n_2} \end{bmatrix}$

Figure 1: Matrices ABCD courantes, d'après O. Svelto.