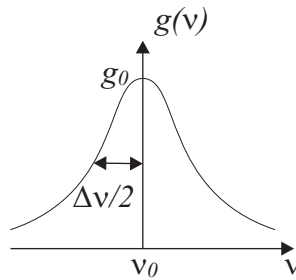


# Ingénierie optique, série d'exercices 12, du 9 décembre 2024

## Exercice 1

On considère un milieu actif caractérisé par un coefficient de pertes  $\alpha = 0.05 \text{ cm}^{-1}$  et un gain  $\gamma = 0.3 \text{ cm}^{-1}$ . Quelle longueur  $L$  de ce milieu faut-il utiliser pour amplifier un signal par un facteur de 30 dB ?

## Exercice 2



Pour réaliser une cavité laser, on considère un milieu actif avec un gain  $g(\nu)$  qui est une fonction lorentzienne de la fréquence, dont la formule

$$g(\nu) = g_0 \frac{(\Delta\nu/2)^2}{(\nu - \nu_0)^2 + (\Delta\nu/2)^2} \quad (1)$$

est illustrée sur la figure ci-dessus.

Le gain maximal est  $g_0 = 50 \text{ cm}^{-1}$  pour une fréquence de  $\nu_0 = 460 \text{ THz}$  et une largeur à mi-hauteur de  $\Delta\nu = 30 \text{ THz}$ . La cavité d'indice de réfraction  $n = 1$  et de longueur  $d$  est constituée à ses extrémités de miroirs avec une réflectivité parfaite  $R = 1$ .

a) Donner l'intervalle de fréquence  $\nu_F$  entre deux modes résonnant à l'intérieur de la cavité. Par quel moyen peut-on faire varier cet espacement ?

b) On désire fabriquer avec cette cavité un laser à la longueur d'onde 650 nm de seuil  $g_0/2$ , on supposera que le matériau dans la cavité a un indice de réfraction  $n = 1$ . Donner la longueur de la cavité pour être certain qu'un seul mode lase. La fréquence  $\nu$  de ce mode est telle que  $g(\nu)$  est au-dessus du seuil.

## Exercice 3

- Le coefficient d'absorption du ruby à l'équilibre thermique (i.e. sans pompage) à  $T = 300^\circ \text{ K}$ , au centre de la résonance à  $\lambda = 694.3 \text{ nm}$ , vaut  $\alpha(\nu_0) \equiv -\gamma(\nu_0) \approx 0.2 \text{ cm}^{-1}$ . Si la concentration d'ions  $\text{Cr}^{3+}$  qui sont responsables de cette transition d'absorption est de  $N_a = 1.58 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , déterminer la section efficace de transition  $\sigma_0 = \sigma(\nu_0)$ .
- Un laser à ruby utilise un barreau de ruby (indice de réfraction  $n = 1.76$ ) de 10 cm de long ayant une section de  $1 \text{ cm}^2$  et fonctionne à la transition correspondant à  $\lambda = 694.3 \text{ nm}$ . Les deux extrémités du barreau ont une réflectance de 80%. En supposant que le seul mécanisme de perte soit l'absorption susmentionnée, déterminer le coefficient

de perte  $\alpha_r$  du résonateur ainsi que le temps de vie  $\tau_p = 1/(\alpha_r c)$  d'un photon dans le résonateur.

- c) Quand le laser est pompé,  $\gamma(\nu_0)$  augmente et passe de sa valeur initiale de  $-0.2 \text{ cm}^{-1}$  à une valeur positive qui correspond donc à un gain. Déterminer le seuil d'inversion de population  $N_t$  pour lequel on obtient une oscillation laser.

#### Exercice 4

On considère un cristal de rubis avec deux niveaux d'énergie 1 et 2 séparés par une différence d'énergie correspondant à une longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0 = 694.3 \text{ nm}$  et une ligne spectrale de forme Lorentzienne avec une largeur  $\Delta\nu = 330 \text{ THz}$ . La durée de vie pour l'émission spontanée est  $t_{sp} = 3 \text{ ms}$  et l'indice de réfraction du rubis est  $n = 1.76$ . Si  $N_1 + N_2 = N_a = 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ , calculer la différence de population  $N = N_2 - N_1$  et le coefficient de gain  $\gamma(\nu_0)$  à l'équilibre thermique à une température  $T = 300^\circ \text{ K}$  (on suppose que la distribution de Boltzmann illustrée Fig. 6.14 est valable).

Quelle devrait être la différence de population  $N$  pour obtenir un coefficient de gain  $\gamma(\nu_0) = 0.5 \text{ cm}^{-1}$ ? Quelle devrait être dans ce cas la longueur du crystal pour obtenir un gain de 4 à la fréquence centrale  $\nu_0$ ?