

Approche documentaire

Le LASER, un système bouclé auto-oscillant

Spé 2 – PSI

Lycée Naval, Brest

17 mars 2020

Q1. Acronyme

L'acronyme « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation » signifie que l'amplification de la lumière est basée sur le phénomène d'émission stimulée qui émet des photons dans le même état que les photons incidents ce qui renforce l'onde de façon cohérente



Q2. Lancement des oscillations

L'**émission spontanée** émet des photons de direction aléatoire. Parmi ces nombreux photons, l'un d'entre eux peut posséder la direction et la fréquence qui lui permettent d'être amplifié dans la cavité résonante grâce au phénomène d'émission stimulée.



Q3. Laser multimode

- $\lambda_p = 2L_0/p$ entraîne $\nu_p = \frac{pc}{2L_0}$ donc $\Delta\nu_L = \frac{c}{2L_0} = 250 \text{ MHz}$
- Pour une bande passante de 1 GHz, on obtient 4 modes.
- $\lambda_p = 2L_0/p$ donc $p = \frac{2L_0}{\lambda}$ donc $p \approx 1,9 \times 10^6$.



Q4. Largeur de la raie atomique

- Gaz monoatomique : $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}k_B T$, $v \approx 500$ m/s
- Effet Doppler $\frac{\Delta f}{f} = \frac{v}{c}$ avec $f = c/\lambda$, donc :

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda} = \frac{500}{632 \times 10^{-9}} \Rightarrow \boxed{\Delta f \approx 8 \times 10^8 \text{ Hz}}$$



Q5. Facteur de qualité (1)

- $W = u \times L_0 S$

- Énergie pouvant sortir pendant T contenue dans un cylindre de section S et de longueur cT

$$W_{\text{cylindre}} = u \times S \times cT$$

- Seule la moitié des photons se dirige vers le miroir ($R = 0,98$) et seule la proportion $(1-R)$ quitte la cavité :

$$W_{\text{perdue}} = \frac{W_{\text{cylindre}}(1 - R)}{2}$$



Q5. Facteur de qualité (2)

- Facteur de qualité (avec $\lambda = cT$) :

$$Q = 2\pi \frac{uL_0 S}{uScT(1-R)/2} \Rightarrow Q = \frac{4\pi L_0}{\lambda(1-R)}$$

$$Q \approx 10^9$$

- Largeur d'un mode de cavité :

$$\Delta\nu_c = \frac{\nu}{Q} \approx 0,5 \text{ MHz}$$



Q5. Facteur de qualité (3)

- $\Delta\nu \approx 1$ GHz, largeur de la raie atomique,
- $\Delta\nu_L \approx 150$ MHz, espacement entre mode,
- $\Delta\nu_c \approx 1$ MHz, largeur d'un mode de cavité.

