

Action d'une onde électromagnétique sur un milieu laser formé par une assemblée d'atomes

- Différence de population
- Coefficient d'amplification

1. Différence de population

Considérons une onde électromagnétique (EM) plane, progressive et monochromatique de fréquence ν très voisine de la fréquence de résonance ν_0 des atomes. Cette ^{onde} tombe sur un milieu laser formé par une assemblée d'atomes insérée dans un espace de section droite S et d'épaisseur dz si l'on considère que le sens de propagation de l'onde EM est suivant z pris par convention selon l'horizontale.

Soit $I(z)$ l'intensité lumineuse de cette onde à l'abscisse z . Cette interaction Onde - milieu laser est schématisée sur le schéma ci-après :

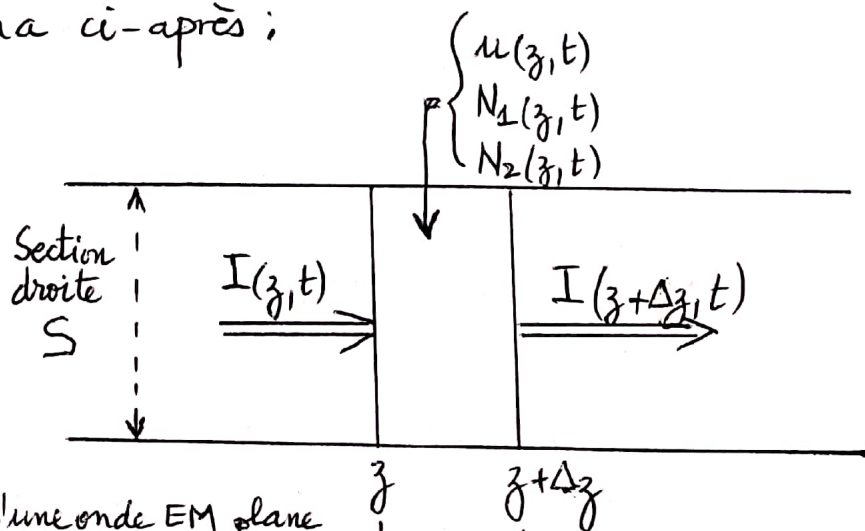


Schéma d'une onde EM plane interagissant avec un volume $\Delta V = S \Delta z$ d'un milieu amplificateur ou absorbant

Le volume $S \Delta z$ contient des atomes dans le niveau 1 avec une densité de population N_1 et des atomes dans le niveau 2 avec une densité de population N_2 . Soit $u(z, t)$ la densité d'énergie de l'onde EM dans cette tranche de milieu de volume $S \Delta z$.

Appliquons dans l'intervalle de temps $[t, t + \Delta t]$ la conservation de l'énergie pour le faisceau dans la tranche comprise entre les deux plans d'onde d'abscisse z et $z + \Delta z$.

Soit ΔE la variation de l'énergie de l'onde durant le laps de temps Δt . ΔE s'écrit comme suit:

$$\begin{aligned}\Delta E &= \Delta u \times S \Delta z \\ &= [u(z, t + \Delta t) - u(z, t)] S \Delta z\end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se rappeler de } u = \frac{dE}{dV} \\ dE = u dV \text{ lorsque } u = c^{\text{ste}} \\ \text{Lorsque } u \text{ varie au cours} \\ \text{du temps } \Delta E = \Delta u \cdot \Delta V \end{array} \right.$$

Il y a 4 phénomènes qui sont à l'origine de cette variation de l'énergie de l'onde

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4$$

avec: ΔE_1 est la variation d'énergie du faisceau entrant dans la tranche: $\Delta E_1 = [I(z, t) - I(z + \Delta z, t)] S \Delta t$

ΔE_2 est la variation d'énergie dans la tranche due à l'émission induite: $\Delta E_2 = W_{21} N_2 h \nu \times S \Delta z \times \Delta t$

ΔE_3 est la variation d'énergie dans la tranche due à l'absorption: $\Delta E_3 = W_{12} N_1 h \nu \times S \Delta z \times \Delta t$

ΔE_4 est la variation d'énergie due à l'émission spontanée dans le mode du faisceau incident: $\Delta E_4 = A_{21} N_2 h \nu \times S \Delta z \times \Delta t$