

Correction

L1 – 03 Impossibilité de l'inversion de population à deux niveaux

1) La population d'atomes interagit avec la lumière par les trois mécanismes fondamentaux d'émission spontanée, d'absorption et d'émission stimulée. En se concentrant sur la population d'atomes dans le niveau 2, on peut écrire que la variation du nombre d'atomes dans ce niveau est

$$dN_2 = dN_2^{\text{spont}} + dN_2^{\text{abs}} + dN_2^{\text{stim}}$$

et en utilisant les lois d'évolutions on précise

$$dN_2 = -A_{21} N_2 dt + B_{12} u(\nu_{12}) N_1 dt - B_{21} u(\nu_{12}) N_2 dt$$

On obtient finalement

$$\frac{dN_2}{dt} = -A_{21} N_2 + B_{12} u(\nu_{12}) N_1 - B_{21} u(\nu_{12}) N_2$$

2) À l'équilibre, on a

$$\frac{dN_2}{dt} = 0$$

d'où on tire directement la relation suivante entre N_1 et N_2

$$(B_{21} u(\nu_{12}) + A_{21}) N_2 = B_{12} u(\nu_{12}) N_1$$

3) À partir de l'égalité précédente et puisque $B_{12} = B_{21} = B$, on déduit

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{B u(\nu_{12})}{B u(\nu_{12}) + A_{21}}$$

or $A_{21} > 0$, $B > 0$ et $u(\nu) > 0$ donc

$$\frac{B u(\nu_{12})}{B u(\nu_{12}) + A_{21}} < 1 \quad \text{et par conséquent} \quad N_2 < N_1$$

À l'équilibre, il est ainsi impossible de réaliser une inversion de population pour un système à deux niveaux à partir seulement des interactions lumière/matière. Le pompage optique est donc inefficace dans ce cas.

On peut néanmoins essayer d'obtenir l'inversion par une méthode non optique, par exemple par décharge électrique. Sinon, on peut utiliser un système à 3 niveaux (voir TD L1-04), ou 4, ou 5, ... !