

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE - PARIS VI
Interaction milieux dilués et rayonnement

Effet de saturation de l'absorption.

On étudie une collection de molécules (iode I_2) de concentration N par unité de volume, sous faible pression. Chaque molécule a 2 niveaux d'énergie non-dégénérés, ε_a et $\varepsilon_b > \varepsilon_a$, avec $\varepsilon_b - \varepsilon_a = h \nu_0$. Ces niveaux ont pour populations respectives N_a et N_b , avec $N_a + N_b = N = \text{Cte}$.

Le niveau inférieur ε_a est stable, sans relaxation.

Le niveau supérieur ε_b se dépeuple, sous effet de l'émission spontanée et de causes annexes, vers le niveau ε_a . Les vitesses de variation de N_b et N_a qui en résulteraient si ces processus étaient seuls sont:

$$\left(\frac{dN_b}{dt}\right)_{\text{rel}} = -\left(\frac{dN_a}{dt}\right)_{\text{rel}} = -\frac{N_b}{T_r}$$

Les molécules sont soumises à une onde laser progressive de fréquence ν_L , de densité d'énergie U_1 . Le facteur de forme (normalisé à 1) de leur réponse est donné par:

$$g(\nu) = \frac{1}{\pi\tau} \frac{1}{(\nu - \nu_0)^2 + \left(\frac{1}{\tau}\right)^2}$$

en supposant ici que la vitesse de la molécule est nulle.

1. Faire l'inventaire de toutes les causes de variation de N_a et N_b et en déduire les expressions de $\frac{dN_a}{dt}$ et $\frac{dN_b}{dt}$ en fonction de U_1 , $g(\nu)$, N_a , N_b , T_r et d'un coefficient

d'Einstein B relatif à l'absorption et l'émission induite.

2. En déduire les expressions de N_a et N_b en régime permanent en fonction de U_1 , B , $g(\nu)$, N , T_r .

3. Le coefficient d'absorption des molécules à la fréquence ν_L vaut:

$$k(\nu_L) = \frac{2\pi \nu_0}{c} \chi'' = B \frac{h \nu_0}{c} g(\nu_L) (N_a - N_b)$$

Représenter sommairement les variations de N_b , N_a , $k(\nu_L)$ en fonction de ν_L .

4.a. Quel est le comportement de $k(\nu_L)$ pour U_1 faible?

Expliquer l'expression "*absorption linéaire*" utilisée dans ce cas.

4.b. Quel est le comportement de $k(\nu_L)$ pour U_1 élevé?

Montrer dans ce cas que l'amplitude de $k(\nu_L)$ diminue, alors que la largeur de la courbe $\nu_L \mapsto k(\nu_L)$ croît lorsque U_1 croît.

Ce phénomène est appelé *saturation de l'absorption* à la fréquence ν_L .