

Description par équation pilote T-129

Description quantique la plus courante d'un processus dissipatif

La condition $T_R \gg T_c$ permet de faire une approximation de Markov et d'obtenir une équation différentielle pour l'opérateur densité réduit $\hat{\rho}$ décrivant le système subissant la relaxation

Exemple : Oscillateur harmonique amorti [Ref. 1 - Complément Biv)

$$\frac{d}{dt} \hat{\rho} = -i\omega_0 [\hat{b}^\dagger \hat{b}, \hat{\rho}] - \frac{\Gamma}{2} [\hat{b}^\dagger \hat{b} \hat{\rho} + \hat{\rho} \hat{b}^\dagger \hat{b}] + \Gamma \hat{b}^\dagger \hat{\rho} \hat{b}$$

1^{ère} ligne : Evolution libre de fréquence ω_0

\hat{b}^\dagger (\hat{b}) : Opérateurs de création (destruction) de l'oscillateur

2^{ème} ligne : Amortissement avec un taux Γ

Par exemple pour $\hat{\rho}_{nn} = \langle n | \hat{\rho} | n \rangle$, on a

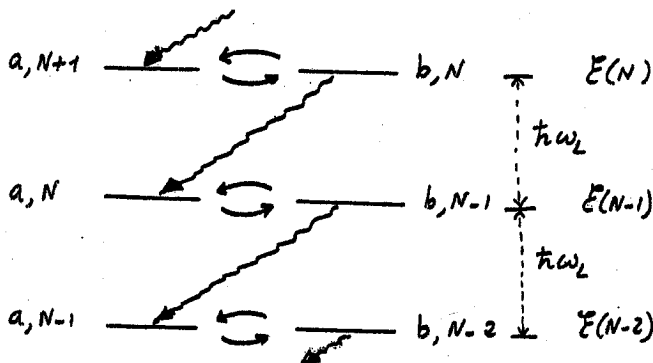
$$\frac{d}{dt} \hat{\rho}_{nn} = -n\Gamma \hat{\rho}_{nn} + (n+1)\Gamma \hat{\rho}_{n+1, n+1}$$

Description en termes de sauts quantiques T-130

- L'équation pilote décrit l'évolution moyenne d'un ensemble statistique de systèmes préparés tous dans les mêmes conditions
 - L'observation de sauts quantiques sur la lumière de fluorescence émise par un ion unique piégé a stimulé le développement d'autres approches théoriques permettant de décrire l'évolution d'un seul système
 - Description de l'évolution de ce système comme formée d'une suite de périodes d'évolution cohérente, où l'évolution de la fonction d'onde est régie par un hamiltonien effectif non hermitique, séparées par des sauts quantiques se produisant à des instants aléatoires
- Fonction délai, Wave Function Monte Carlo, Stochastic wave functions, Quantum trajectories, Voir Refs. 2 à 7

Un exemple simple : Cascade radiative de l'atome habillé (Ref. 1, Chap. VI) T-131

- Atome à 2 niveaux a, b, dans un champ laser monomode de fréquence ω_L .
N : Nombre de photons laser
- Les états non couplés du système se groupent en multiplicités $E(N)$ de 2 états très proches $\{|a, N+1\rangle, |b, N\rangle\}$, la distance entre 2 multiplicités adjacentes étant $\hbar\omega_L$



Couplages $\hbar\Omega_1/2$ entre $|a, N+1\rangle$ et $|b, N\rangle$ (Ω_1 : fréquence de Rabi) décrivant les processus d'absorption et d'émission stimulée de photons laser

Description de la cascade radiative T-132

- L'atome entre dans $E(N)$ à un certain instant ($t=0$) après émission spontanée d'un photon qui le projette dans $|a, N+1\rangle$
 - Il évolue ensuite pendant un certain temps dans $E(N)$ en oscillant entre $|a, N+1\rangle$ et $|b, N\rangle$ (précession de Rabi)
- Evolution décrite par l'opérateur d'évolution restreint à l'intérieur de E_N
 $P_N e^{-i\hat{H}t/\hbar} P_N$ P_N : Projecteur sur E_N
- Equivalence avec l'évolution régie par un hamiltonien effectif \hat{H}_{eff} non hermitique (la norme n'est pas conservée car le système ne reste pas indéfiniment dans $E(N)$)
 $\hat{H}_{eff} = \hbar \begin{pmatrix} \omega_L - \omega_A & \Omega_1/2 \\ \Omega_1/2 & -i\Gamma/2 \end{pmatrix}$ Γ : Taux de départ de $|b, N\rangle$ par émission spontanée
- Probabilité d'effectuer un saut quantique vers $|a, N\rangle$ par émission spontanée à partir de $|b, N\rangle$
 $K(t) dt = \Gamma | \langle b, N | e^{-i\hat{H}_{eff} t/\hbar} | a, N+1 \rangle |^2$
 $K(t)$: Fonction délai