

TABLE DES MATIERES

<u>RESUME DU COURS 1977-1978</u>	I-1
Rappel de quelques résultats	I-3
Objet du cours 1978-79	I-8
<u>L'EQUATION PILOTE ET LES EQUATIONS DE LANGEVIN-MORI POUR UN PETIT SYSTEME S COUPLE A UN GRAND RESERVOIR R</u>	II-1
1 - Réduction, au moyen de projecteurs, des équations du mouvement	II-2
<i>a - réduction des équations de Heisenberg pour les observables</i>	II-2
<i>b - réduction correspondante de l'équation de Schrödinger pour l'opérateur densité <math>\rho(t)</math></i>	II-2
<i>c - identité des prédictions concernant les valeurs moyennes</i>	II-3
2 - Choix des projecteurs - Contenu physique des équations	II-3
<i>a - système physique étudié - hypothèses sur l'état initial</i>	II-3
<i>b - choix du projecteur <math>P^+</math> conduisant à l'équation pilote</i>	II-3
<i>c - conséquences sur le projecteur à utiliser pour réduire les équations de Heisenberg</i>	II-6
Appendice A : Espace de Liouville	II-8
<u>LES EQUATIONS DE LANGEVIN-MORI D'UN PETIT SYSTEME S COUPLE A UN GRAND RESERVOIR R - ETUDES PERTURBATIVES</u>	III-1
A - Hypothèses sur l'interaction entre S et R - Notations	III-1
<i>1 - hamiltonien <math>H</math> du système global</i>	III-1
<i>2 - commutateurs des opérateurs de Liouville <math>\mathcal{L}_R, \mathcal{L}_S, \mathcal{L}_1</math>, avec <math>P</math></i>	III-2
<i>3 - simplification des notations pour les opérateurs de <math>S</math></i>	III-2
<i>4 - réécriture des équations de Langevin-Mori sous une forme toujours exacte mais plus simple</i>	III-3
B - Discussion d'un certain nombre d'approximations	III-4
<i>1 - traitement perturbatif de l'interaction <math>V</math> entre <math>S</math> et <math>R</math></i>	III-4
<i>2 - approximation de mémoire courte dans l'évolution des valeurs moyennes des opérateurs de <math>S</math></i>	III-7
<i>3 - approximation séculaire</i>	III-7
Appendice B	III-8
<u>THEOREME DE REGRESSION QUANTIQUE - RELATIONS D'EINSTEIN GENERALISEES</u>	IV-1
1 - Introduction - Buts de ce chapitre	IV-1
2 - Hypothèses de départ	IV-2

3 - Lissage partiel du bruit par une moyenne temporelle ("coarse-grained" average)	IV-3
<i>a - définition de la moyenne temporelle</i>	IV-3
<i>b - transformation des équations de L.M. en équations différentielles</i>	IV-3
<i>c - propriétés des forces de Langevin moyennées</i>	IV-4
<i>d - une opération de lissage particulièrement simple</i>	IV-4
4 - Calcul des corrélations entre opérateurs de S et forces de Langevin	IV-5
5 - Interprétation de $D_{\alpha\beta}(t)$ comme un coefficient de diffusion	IV-6
6 - Lien entre fluctuation et dissipation - Relations d'Einstein généralisées	IV-7
<i>a - vitesse d'entravement (drift)</i>	IV-7
<i>b - établissement des relations d'Einstein généralisées</i>	IV-7
<i>c - discussion physique</i>	IV-8
7 - Fonctions de corrélation des observables de S - Théorème de régression quantique	IV-9

#### EXEMPLES D'APPLICATION DES RELATIONS D'EINSTEIN GENERALISEES V-1

1 - Système à deux niveaux "fermé"	V-1
<i>a - définition - équations de relaxation phénoménologiques</i>	V-1
<i>b - exemples physiques de tels systèmes</i>	V-2
<i>c - calcul des coefficients de diffusion</i>	V-2
<i>d - discussion physique</i>	V-4
2 - Système à deux niveaux ouvert	V-5
<i>a - définition - équations de relaxation phénoménologiques</i>	V-5
<i>b - matrice des coefficients de diffusion</i>	V-6
3 - Oscillateur harmonique amorti	V-6
<i>a - définition - équations de relaxation phénoménologiques</i>	V-6
<i>b - calcul de quelques coefficients de diffusion</i>	V-7
4 - Etude d'un modèle entièrement soluble	V-7
<i>a - hamiltonien</i>	V-7
<i>b - équations de Heisenberg</i>	V-8
<i>c - équations de Langevin-Mori</i>	V-8
<i>d - expression des taux d'amortissement</i>	V-9
<i>e - calcul des moments d'ordre 1 et 2 des forces de Langevin</i>	V-9
<i>f - calcul des moments d'ordre supérieur à 2 des forces de Langevin</i>	V-10

#### ETUDE SIMPLE DES FLUCTUATIONS DANS LES MASERS ET LASERS VI-1

A - Equations de base du modèle	VI-1
1 - schéma de principe du modèle	VI-1
2 - hypothèses sur les forces de Langevin	VI-1
3 - équations de Langevin-Mori en l'absence de couplage atome-laser	VI-2
4 - hamiltonien d'interaction atome-laser	VI-2
5 - équations de Langevin-Mori en présence du couplage atome-laser	VI-3
6 - variables atomiques et forces de Langevin atomiques collectives	VI-3

B - Discussion qualitative	VI-5
1 - introduction - simplifications	VI-5
2 - étude du régime d'oscillation en l'absence de fluctuations	VI-5
3 - importance des fluctuations	VI-9
<u>ETUDE SIMPLE DES FLUCTUATIONS DANS LES MASERS ET LES LASERS (suite)</u>	VII-1
C - Equations de Langevin réduites pour le mode laser	VII-1
1 - élimination adiabatique des variables atomiques	VII-1
2 - équation de Langevin réduite pour $\alpha$ et $\alpha^\dagger$	VII-3
3 - moyennes sur les réservoirs d'un produit de forces Langevin et d'opérateurs $a$ et $a^\dagger$ pris au même instant	VII-4
4 - équations d'évolution du nombre moyen de photons $\langle a^\dagger a \rangle$	VII-7
5 - introduction de nouvelles variables sans dimensions	VII-8
D - Nombre de photons émis par l'oscillateur en régime stationnaire	VII-9
<u>ETUDE SIMPLE DES FLUCTUATIONS DANS LES MASERS ET LES LASERS (suite)</u>	VIII-1
E - Largeurs de raie - Fluctuations d'intensité	VIII-1
1 - fonctions de corrélation caractérisant les fluctuations	VIII-1
2 - méthode générale de calcul de ces fonctions de corrélation	VIII-1
3 - fluctuations au-dessous du seuil	VIII-3
4 - fluctuations au-dessus du seuil	VIII-4
<u>EQUATION DE FOKKER-PLANCK ASSOCIEE AUX EQUATIONS DE LANGEVIN QUANTIQUES DU LASER</u>	IX-1
A - Rappels sur les densités de quasi-probabilité associées à un oscillateur harmonique	IX-1
1 - états cohérents $\{ \alpha\rangle\}$ de l'oscillateur harmonique	IX-1
2 - densité de quasi-probabilité $P(\alpha)$ adaptée aux produits normaux d'opérateurs	IX-1
3 - densité de quasi-probabilité $\mathcal{A}(\alpha)$ adaptée aux produits anti-normaux	IX-2
B - Etablissement de l'équation de Fokker-Planck pour $P(\alpha)$	IX-3
1 - principe du calcul	IX-3
2 - correspondance entre grandeurs quantiques et classiques	IX-3
3 - utilisation des équations de Langevin	IX-4
4 - point de vue de Schrödinger	IX-5
5 - diverses formes de l'équation de Fokker-Planck	IX-6
C - Etude du mode laser au voisinage du seuil	IX-7
1 - distribution de probabilité du champ en régime stationnaire	IX-7
2 - spectre de fluctuations du champ laser	IX-9
<u>QUELQUES RESULTATS EXPERIMENTAUX</u>	X-1
1 - Etude de l'intensité du laser en fonction du paramètre de pompage	X-1

2 - Structure de la fonction d'auto-corrélation $b^+(\tau)b(0)$ du champ laser	X-2
3 - Etude de la fonction de corrélation de l'intensité	X-2
4 - Etude des fonctions de corrélation d'ordre 3 de l'intensité	X-4
5 - Comptage de photons	X-5

## BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages généraux	X-8
Articles de revue	X-8
Articles plus spécialisés	X-8