

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	I-1
<b>Résumé du cours 1974-75</b> .....	I-1
<b>Introduction au cours 1975-1976</b> .....	I-5
 <b>EVOLUTION D'UN ETAT DISCRET COUPLE A UN CONTINUUM</b>	
(modèle simplifié) .....	<b>I-5</b>
I. Introduction .....	I-5
II. Notations .....	I-5
III. Traitement perturbatif.....	I-7
1). Principe .....	I-7
2). Couplage fort avec un continuum de largeur faible .....	I-8
3). Couplage faible avec un continuum large. Règle d'or de Fermi.....	I-8
IV. Autre méthode (non-perturbative) de résolution approchée de l'équation de Schrödinger	II-1
1). Couplage faible avec un continuum large. Décroissance exponentielle .....	II-1
2). Couplage fort avec un continuum étroit. Précession de Rabi .....	II-4
V. Opérateur d'évolution et résolvante .....	II-5
1). Opérateur d'évolution $U(t, t')$ et Fonctions de Green $K_{\pm}(t, t')$ .....	II-5
2). Transformées de Fourier de $K_{\pm}(t, t')$ : Propagateurs $G_{\pm}(E)$ .....	II-5
3). Résolvante $G(z)$ de $H$ .....	II-6
Bibliographie .....	II-8
VI. Etude par la méthode de la résolvante de l'évolution de l'état discret $\varphi_i$ .....	III-1
1). Calcul de $\langle \varphi_i   G(z)   \varphi_i \rangle = G_i(z)$ .....	III-1
2). Calcul de $\langle \varphi_i   U(t)   \varphi_i \rangle = b_i(t) e^{-iE_i t/\hbar} = \tilde{b}_i(t)$ .....	III-2
3). Construction graphique de la T.F. de $\langle \varphi_i   U(t)   \varphi_i \rangle$ .....	III-2
4). Quelques propriétés générales de la T.F. $\tilde{b}_i(E)$ de $\tilde{b}_i(t)$ .....	III-3
5). Etude de l'évolution des phénomènes en fonction de l'intensité du couplage .....	III-6
Quelques remarques complémentaires relatives au § f. ....	IV-1
1). Démonstration du fait que le prolongement analytique de $G_i(z)$ a un pôle dans le 2 <sup>ème</sup> feuillet de Riemann .....	IV-1
2). Autre contour d'intégration possible .....	IV-2
<b>DIFFUSION RESONNANTE</b> .....	<b>V-1</b>
1 - Introduction .....	V-1
2 - Calcul de $\langle f, \vec{k}' \varepsilon'   G(z)   f, \vec{k} \varepsilon \rangle$ .....	V-1
3 - Calcul de l'amplitude de diffusion .....	V-2
4 – Section efficace de diffusion .....	V-3

5 – Application : spectre de la lumière de fluorescence aux faibles intensités.....	V-4
6 – Diffusion d'un paquet d'ondes.....	V-5
<b>OPERATEURS DE PROJECTION – APPLICATIONS .....</b>	<b>VI-1</b>
But de ce §.....	VI-1
A    Calcul des restrictions de la résolvante $G(z)$ à l'intérieur de 2 sous-espaces supplémentaires (ou entre ces 2 sous-espaces).....	VI-1
1) Notations – But du calcul .....	VI-1
2) Calcul de PGP, QGP, PGQ, QGQ .....	VI-2
3) Discussion physique .....	VI-3
B    Exemples d'application des formules précédentes.....	VI-5
1) Emission spontanée d'un photon par un système de 2 atomes identiques dont l'un (A) est excité, l'autre (B) non .....	VI-5
2) Emission spontanée d'un niveau excité de moment cinétique $J_e \neq 0$ .....	VI-6
3) Diffusion d'un photon par un atome au voisinage d'une résonance.....	VI-7
C    Factorisation de $R(z)$ .....	VII-1
1) But d'un tel calcul .....	VII-1
2) Transformation de l'expression donnant $R_1(z)$ .....	VII-1
3) Généralisation .....	VII-3
I.    Application à l'étude de l'émission spontanée en cascade de 2 photons .....	VII-4
1). But de ce §.....	VII-4
2). Sous-espaces $\varepsilon_1$ et $\varepsilon_2$ . Etats initial et final – Amplitude de transition .....	VII-4
3). Approximations faites.....	VII-4
4). Calcul de l'amplitude de transition .....	VII-6
5). Distribution spectrale du rayonnement émis .....	VII-7
II.  Emission spontanée d'un oscillateur harmonique .....	VII-8
1). Largeur naturelle et Lamb-shift du niveau $ \varphi_n\rangle$ .....	VII-8
2). Raie émise par l'oscillateur initialement excité en $ \varphi_1\rangle$ .....	VII-8
3). Raie émise par l'oscillateur initialement excité en $ \varphi_2\rangle$ .....	VII-8
4). Raie émise par l'oscillateur initialement excité en $ \varphi_3\rangle$ .....	VII-9
5). Généralisation : oscillateur initialement dans l'état $ \varphi_n\rangle$ .....	VII-10
<b>EQUATION PILOTE DECRIVANT L'EVOLUTION D'UN PETIT SYSTEME A COUPLE A UN GRAND RESERVOIR R .....</b>	<b>VIII-1</b>
I.    Introduction – Opérateur densité réduit du petit système.....	VIII-1
II.  Généralités sur l'espace de Liouville .....	VIII-2

1). Définition – Notations .....	VIII-2
2). Produit scalaire dans $\mathcal{L}$ .....	VIII-2
3). Exemple de base orthonormée de $\mathcal{L}$ .....	VIII-3
4). Opérateurs de $\mathcal{L}$ .....	VIII-3
5). Exemple important d'opérateur de $\mathcal{L}$ : Opérateur de Liouville $L$ .....	VIII-3
III. Etablissement de l'équation d'évolution de $\sigma_A$ .....	VIII-5
1). Etat initial à $t = 0$ .....	VIII-5
2). Introduction d'un opérateur de projection $P$ dans l'espace de Liouville $\mathcal{L}$ .....	VIII-5
3). Opérateur de Liouville $L$ du système global .....	VIII-6
4). Equation d'évolution de $P\rho$ .....	VIII-7
5). Etat de $R$ à l'instant $t$ .....	VIII-9
IV. Passage dans l'espace des fréquences .....	IX-1
1). Résolvante $\mathcal{G}(z)$ de $L$ .....	IX-1
2). Restriction de $g(\omega + i\varepsilon)$ . Opérateur $\mathcal{R}(\omega + i\varepsilon)$ .....	IX-1
3). Comment retrouver l'équation intégraldifférentielle à partir de ce point de vue ? .....	IX-3
4). Cas particulier de l'opérateur $P$ défini au § C2. Opérateur $\mathcal{R}_A(\omega = i\varepsilon)$ .....	IX-4
V. Développement de $\mathcal{R}_A(\omega = i\varepsilon)$ en puissances de l'interaction .....	IX-6
VI. Introduction d'un certain nombre d'approximations.....	IX-7
1). Approximation de couplage faible .....	IX-7
2). Approximation séculaire .....	IX-7
3). Approximation de mémoire courte .....	IX-9
VII. Contenu physique de l'équation pilote.....	X-1
1). Forme développée de l'équation pilote .....	X-1
2). Représentation diagrammatique de $\mathcal{R}_{ijkl}$ .....	X-2
3). Hypothèse simplificatrice.....	X-2
4). Equations d'évolution des populations.....	X-3
5). Evolution d'un élément non diagonal correspondant à une fréquence de Bohr non-dégénérée.....	X-5
6). Evolution d'un ensemble d'éléments non-diagonaux de $\sigma$ correspondant à Une fréquence de Bohr dégénérée.....	X-8
7). Autre forme possible de l'équation pilote .....	X-9
VIII. Discussion des approximations .....	XI-1
1). Temps de corrélation $\tau_c$ de la force exercée par $R$ sur $A$ .....	XI-1
2). Ordre de grandeur des coefficients de l'équation pilote.....	XI-1
3). Allure de la variation avec $\omega$ de $\mathcal{R}_A(\omega + i\varepsilon)$ .....	XI-1
4). Condition de validité du développement perturbatif de $\mathcal{R}_A(\omega + i\varepsilon)$ .....	XI-2
5). Condition de validité de l'approximation séculaire .....	XI-2

6). Condition de validité de l'approximation de mémoire courte .....	XI-2
IX. Peut-on considérer l'opérateur densité factorisé à tout instant ? .....	XI-3
1). Position du problème .....	XI-3
2). Etude dans l'espace des temps .....	XI-3
3). Etude dans l'espace des fréquences .....	XI-5
X. Calcul des fonctions de corrélation. Théorème de régression quantique .....	XI-6
1). Importance des fonctions de corrélation .....	XI-6
2). Passage dans l'espace de Liouville .....	XI-6
3). Théorème de régression quantique .....	XI-8
4). Calcul direct d'un signal .....	XI-9
<b>APPLICATIONS DE L'EQUATION PILOTE.....</b>	<b>XII-1</b>
I. Oscillateur harmonique amorti.....	XII-1
1). Description du modèle .....	XII-1
2). Etablissement de l'équation pilote .....	XII-1
a. Fonction de corrélation de $R$ .....	XII-2
b. Forme explicite de l'équation pilote .....	XII-3
c. Interprétation physique .....	XII-3
d. Etude de l'évolution de la valeur moyenne de quelques observables ....	XII-4
3). Equation pilote écrite dans la base des états cohérents .....	XII-5
a. Rappel de quelques formules établies l'an dernier (cours III et IV).....	XII-5
b. Problème étudié dans ce § .....	XII-6
c. Etablissement de quelques autres formules utiles .....	XII-6
d. Principe du calcul de l'équation d'évolution de $P(\alpha, t)$ .....	XII-6
e. Forme explicite de l'équation d'évolution de $P(\alpha, t)$ .....	XII-7
f. Interprétation simple des divers termes de l'équation de Fokker-Planck	XII-8
g. Fonction de Green de l'équation de Fokker-Planck .....	XII-9
II. Emission spontanée d'un moment cinétique .....	XIII-1
1). Hamiltonien. Notations .....	XIII-1
2). Equation pilote .....	XIII-1
3). Problème étudié dans ce paragraphe .....	XIII-2
4). Evolution de $\langle J_z \rangle$ . Discussion qualitative .....	XIII-4
5). Equation d'évolution de $\langle J_z \rangle$ .....	XIII-6
6). Résolution de l'équation d'évolution .....	XIII-7
7). Caractéristiques de l'impulsion rayonnée .....	XIII-8
Références sur l'équation pilote (liste non exhaustive).....	XIII-9