

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RCHERCHE SCIENTIFIQUE**



N° d'ordre : MAG/.../2013

MEMOIRE

PRESENTE A

L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE KOUBA-ALGER

DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

POUR OBTENIR LE DIPLOME DE

MAGISTER

SPECIALITE : PHYSIQUE

OPTION : PHYSIQUE THEORIQUE

PAR

AOUNALLAH HOUCINE

**Etude de l'interaction d'un système a deux niveaux avec une
onde électromagnétique en présence de la gravitation par
l'approche des intégrales de chemins.**

Devant le Jury :

Medjadi Djamel Eddine	Professeur	ENS Vieux-Kouba	Président
Aouachria Mekki	MCA	Université de Batna	Rapporteur
Ait El Djoudi Amel	MCB	ENS Vieux-Kouba	Examinatrice
Sid Abdelaziz	MCA	Université de Batna	Examineur

Table des matières

Introduction	2
1 Le formalisme des intégrales de chemins dans la représentation de l'espace des phases et de configuration	4
1.1 Introduction	4
1.2 Forme Hamiltonienne du propagateur	5
1.3 Les intégrales de chemins dans la représentation de l'espace de configuration	9
1.4 Redérivation de l'équation de Schrödinger	10
2 Etats Cohérents de l'oscillateur harmonique et du moment angulaire	13
2.1 Introduction	13
2.2 Propriétés des états cohérents d'un oscillateur harmonique	14
2.3 Propagateur dans la base des états cohérents bosoniques	19
2.4 Les états cohérents du moment angulaire	21
2.5 Propagateur dans la base des états cohérents angulaires	23
3 Etude de l'interaction d'un système à deux niveaux avec une onde électromagnétique en présence de la gravitation par l'approche des intégrales de chemins	25
3.1 Introduction	25
3.2 Formalisme intégrales de chemins	26
3.3 Calcul du propagateur	30
3.4 Fonctions d'onde	42

Conclusion générale	45
A Dynamique semiclassique d'un spin $1/2$ dans un champ magnétique arbitraire	46
A.1 Introduction	46
A.2 Mesure de Wiener	47
A.3 L'approximation semiclassique	48
A.4 Calcul des propagateurs semiclassiques	50
A.5 Exemple 1	52
A.6 Exemple 2	53

Introduction générale

La formulation introduite par R. P. Feynman [1] pour quantifier des mouvements de systèmes au moyen d'intégrales fonctionnelles, est utilisée au même titre que l'équation de Schrödinger et Heisenberg, intervenant pratiquement dans tous les domaines de la physique. La conception essentielle dans cette approche est le propagateur qui (comme fonction de Green de l'équation de Schrödinger) contient toutes les informations sur le système physique. Ce propagateur étant une somme de contributions de tous les chemins, le principe de la superposition se manifeste déjà dans cette formulation, et l'on peut dire sans exagérer qu'elle est concurrente à d'autres méthodes de quantification. Se basant essentiellement sur les notions simples et connues de la mécanique classique comme les chemins ou trajectoires, l'action, le lagrangien..., elle permet de décrire de manière élégante l'évolution des systèmes. Cette nouvelle approche qui offre un point de vue alternatif sur la mécanique quantique s'est rapidement imposée en physique théorique avec sa généralisation à la théorie quantique des champs, permettant notamment une quantification des théories de jauge non abéliennes beaucoup moins compliquée que la procédure de la quantification canonique. Malgré tous ces développements, l'application de cette technique au traitement des potentiels de la mécanique quantique est restée restreinte aux systèmes quadratiques. Cependant, depuis l'introduction des transformations spatio-temporelles dans le formalisme des intégrales de chemins une large classe de potentiels a été solutionnée. Malgré ce succès, l'étude contenant le spin demeure difficile à affronter dans ce formalisme. Pour faciliter cette étude, plusieurs modèles ont été proposés, parmi lesquels nous citons le modèle bosonique de Schwinger [2] et le modèle fermionique de Schwinger [3]. Cependant il est bien rare de trouver un calcul explicite utilisant ces modèles en présence d'interaction. Récemment, une classe d'interaction a été étudiée en utilisant le modèle angulaire de spin [4, 5, 6, 7]. Pour ce faire, il est nécessaire d'élargir l'espace de configuration habituelle et par voie de conséquence, l'espace des états cohérents de spin (angulaires) peut être adéquat à cette étude. Comme on va le voir à travers cette thèse, l'utilisation des états cohérents de spin est parfois nécessaire pour le calcul du propagateur si l'on doit formuler suivant l'idée de Feynman, à savoir une somme sur les chemins possibles, ces chemins étant affectés d'un poids c'est à dire $\int \mathcal{D}(path) \exp \frac{i}{\hbar} S(path)$, avec $S = \int L dt$ l'action du système physique.

Le présent mémoire comporte trois chapitres et un appendice.

Dans le premier chapitre, nous présentons le formalisme des intégrales de chemin dans la représentation de l'espace de phase et de configuration .

Dans le deuxième chapitre nous présentons le formalisme des intégrales de chemin dans la représentation de l'espace des états cohérents bosoniques et angulaires.

Finalement comme application, l'interaction d'un atome à deux niveaux d'énergie avec une onde électromagnétique classique de polarisation circulaire en présence de la gravitation fait l'objet du troisième chapitre. Les détails de quelques calculs ont été donnés dans l'appendice.

La procédure du traitement dans ce cas nécessite l'utilisation de deux espaces, l'un de configuration, l'autre des états cohérents angulaires, pour décrire le mouvement respectivement extérieur et intérieur de l'atome. Le propagateur et les fonctions d'onde sont déduit. Signalons que les calculs de ce troisième chapitre ont été réalisés par [8] en utilisant le modèle fermionique de Schwinger pour le spin, et récemment dans l'article [9] en utilisant la méthode de cochetove et dans l'article de [10] en considérant l'équation de Schrödinger.