

Table des matières

Introduction au cours	vii
0.1 But du cours	vii
0.2 Contenu	viii
0.3 Bibliographie sommaire :	x
I Mécanique quantique et intégrales de chemin	1
1 Rappels de mécanique classique et quantique	1-1
1.1 Mécanique classique	1-1
1.2 Mécanique quantique	1-7
1.3 Mécanique statistique quantique	1-11
2 L'intégrale de chemin : introduction	2-1
2.1 Introduction	2-1
2.2 L'intégrale de chemin pour la particule libre	2-1
2.3 Particule dans un potentiel $V(q)$	2-6
2.4 «Trajectoires quantiques» et processus stochastiques	2-9
2.5 Observables et opérateurs	2-14
2.6 Intégrale de chemin à température finie	2-18
2.7 Exemple : l'oscillateur harmonique	2-22
2.8 Généralisation aux systèmes à plusieurs degrés de liberté	2-24
2.9 Mécanique Quantique Euclidienne et Physique Statistique 1D	2-25
2.10 Exemples d'applications	2-29
3 L'intégrale de chemin - quelques aspects plus avancés	3-1
3.1 Intégrale de chemin : avantages et inconvénients	3-2
3.2 Limite semiclassique	3-3
3.3 Intégrale de chemin dans l'espace de phase	3-7
3.4 Formule des traces	3-10
3.5 Effet tunnel	3-13
3.6 Développement à temps court de produit d'opérateurs	3-15
3.7 La particule chargée dans un champ EM	3-16
3.8 Particule sur un cercle et effet Bohm-Aharonov	3-19
3.9 La particule relativiste	3-25
3.10 Intégrale de chemin pour les bosons	3-30
3.11 Fermions et intégrale de Grassmann	3-40
3.12 Etats cohérent et intégrale de chemin pour le spin	3-48

II	Théorie des champs et intégrales fonctionnelles	3-59
4	L'intégrale fonctionnelle : le champ libre	4-1
4.1	Le champ libre comme limite continue du modèle Gaussien	4-1
4.2	Le propagateur	4-9
4.3	Fonctions à N points et théorème de Wick	4-12
4.4	Fonctionnelles génératrices et action effective	4-14
4.5	Application : la densité d'énergie du vide, premier exemple de divergence ultra-violette	4-17
4.6	Opérateurs et développement à courte distance	4-21
4.7	Equations de Dyson-Schwinger	4-29
4.8	Des champs aux particules	4-31
4.9	Du champ scalaire aux bosons non relativistes	4-33
5	La théorie ϕ^4 : théorie des perturbations	5-1
5.1	Intégrale fonctionnelle pour la théorie ϕ^4	5-1
5.2	Développement perturbatif & graphes de Feynman	5-3
5.3	Fonctions de corrélations et diagrammes connexes	5-14
5.4	L'action effective $\Gamma[\varphi]$	5-17
5.5	Calcul des amplitudes de Feynman	5-25
6	ϕ^4 : renormalisation à une boucle	6-1
6.1	Régularisations UV	6-1
6.2	Divergences UV à une boucle	6-7
6.3	ϕ^4 pour $D < 4$: renormalisation de masse	6-9
6.4	ϕ^4 pour $D = 4$: renormalisation de constante de couplage	6-13
6.5	Groupe de renormalisation à une boucle	6-19
6.6	«Liberté infrarouge» et «esclavage ultra violet»	6-26
6.7	GR à $D > 4$ et ϵ -expansion	6-27
7	ϕ^4 : renormalisation et groupe de renormalisation	7-1
7.1	Divergences UV : analyse générale	7-1
7.2	Renormalisation à $D = 4$: analyse générale	7-4
7.3	Dépendance de l'échelle de renormalisation	7-11
7.4	Changement d'échelle et groupe de renormalisation	7-13
7.5	Relation entre le GR à la Wilson et le GR en théorie des champs	7-15
7.6	GR et redéfinition des couplages et des champs	7-16
7.7	Flots du GR pour ϕ^4 à $D = 4$	7-16
III	Mécanique statistique : phénomènes critiques et groupe de renormalisation	7-17
8	Rappels de mécanique statistique	8-1
8.1	Phénomènes critiques	8-1
8.2	Modèle d'Ising	8-10
8.3	Modèle d'Ising plus avancé	8-16

9	La théorie du champ moyen	9-1
9.1	Le champ moyen pour le modèle d'Ising	9-1
9.2	La fonction à deux points	9-8
9.3	La théorie de Landau	9-15
9.4	Fluctuations : dimension critique inférieure	9-21
9.5	Critère de Ginzburg, dimension critique supérieure	9-26
10	Le groupe de renormalisation de Wilson	10-1
10.1	Principe des transformations du groupe de renormalisation	10-1
10.2	Exemples simples	10-10
10.3	Points fixes et variétés critiques	10-17
10.4	Exposants critiques, lois d'échelles et universalité	10-21
10.5	Relations d'échelles pour les systèmes magnétiques	10-28
10.6	Modèle de LGW : GR & approximation du potentiel local	10-32
10.7	Opérateurs marginaux	10-40
10.8	Equivalence des procédures de renormalisation et opérateurs redondants .	10-43
10.9	Limite continue et théories quantiques des champs	10-44
IV	Applications	10-53
11	RG : quelques exemples et applications	11-1
11.1	ϕ^4 à $D = 4 - \epsilon$, développement de Wilson-Fisher	11-1
11.2	Modèles à N composantes	11-2
11.3	Modèles à symétrie cubique	11-6
11.4	Polymères *	11-10
11.5	Points multicritiques *	11-10
11.6	Modèle Sigma non-linéaire à $D = 2$	11-10
11.7	Dynamique critique *	11-14
11.8	Modèle XY, Gaz de Coulomb et modèle de Sine-Gordon *	11-14
11.9	Renormalisation non perturbative *	11-14
11.10	Interfaces, mouillage *	11-14
11.11	Membranes *	11-14
11.12	Matière Molle *	11-14
11.13	Systèmes dynamiques *	11-15
12	Invariance d'échelle et invariance conforme	12-1
12.1	Invariance d'échelle	12-1
12.2	Anomalie d'échelle	12-2
12.3	Invariance conforme	12-4
V	Annexes	12-5
A	Notations et outils mathématiques	A-1
A.1	Transformation de Fourier	A-1
A.2	Intégrales et variables aléatoires Gaussiennes	A-2

A.3	Dérivées fonctionnelles	A-5
A.4	Méthodes du col et de la phase stationnaire	A-7
A.5	Divers	A-10
A.6	Noyau de la chaleur	A-10
A.7	Propagateurs variés	A-12