

TABLE DES MATIERES

Introduction	p. 1
Chapitre 1- La classification des particules	p. 3
1- Les constituants fondamentaux	p. 3
1-1 <i>Bosons et fermions</i>	p. 3
1-2 <i>Les leptons et leurs saveurs</i>	p. 3
1-3 <i>Les quarks</i>	p. 5
2- Les trois types d'interaction et leurs agents	p. 9
2-1 <i>Généralités</i>	p. 9
2-2 <i>L'électromagnétisme</i>	p. 10
2-3 <i>L'interaction électrofaible</i>	p. 11
2-4 <i>L'interaction forte</i>	p. 12
3- Les hadrons : Baryons et Mesons	p. 14
3-1 <i>Les hadrons</i>	p. 14
3-2 <i>Le nombre baryonique</i>	p. 15
4- Masses et Portée des interactions	p. 16
4-1 <i>Les bosons de jauge</i>	p. 16
4-2 <i>Echange d'une particule virtuelle</i>	p. 16
Chapitre 2- Les groupes d'invariance	p. 21
1- Notions de symétrie	p. 21
1-1 <i>Transformations et symétries</i>	p. 21
1-2 <i>Les opérateurs de l'espace des états</i>	p. 22
1-3 <i>Symétries et lois d'invariance</i>	p. 23
2- Les groupes d'invariance spatiale	p. 24
2-1 <i>Les groupes de Lorentz et Poincaré</i>	p. 24
2-2 <i>Les translations</i>	p. 24
2-3 <i>Les rotations</i>	p. 26
2-4 <i>Invariants et tenseurs</i>	p. 33
3- L'invariance d'échelle	p. 37
3-1 <i>L'analyse dimensionnelle</i>	p. 37
3-2 <i>Deux exemples</i>	p. 38

Chapitre 3- Le spin des particules	p. 43
1- Le groupe de Lorentz et ses représentations	p. 43
1-1 <i>Le système au repos</i>	p. 43
1-2 <i>Le groupe de Lorentz</i>	p. 43
1-3 <i>La transformation des spineurs</i>	p. 46
1-4 <i>Spineurs gauches et droits</i>	p. 47
1-5 <i>Préliminaires à la construction de quantités covariantes</i>	p. 48
1-6 <i>Scalars et 4-vecteurs</i>	p. 50
2- Les spineurs de Dirac	p. 50
2-1 <i>L'équation de Dirac</i>	p. 50
2-2 <i>Composantes droites, gauches, et chiralité</i>	p. 52
2-3 <i>Les expressions covariantes (scalaires, 4-vecteurs, tenseurs)</i>	p. 52
3- Le spineur conjugué de charge	p. 54
3-1 <i>Introduction qualitative</i>	p. 54
3-2 <i>Construction du spineur conjugué de charge</i>	p. 55
3-3 <i>L'équation de Dirac de ν</i>	p. 56
3-4 <i>L'équation de Dirac dans un potentiel</i>	p. 56
4- Le repère de spin et la polarisation	p. 57
4-1 <i>La base spinorielle</i>	p. 58
4-2 <i>La matrice densité</i>	p. 60
4-3 <i>Quelques applications</i>	p. 61
Chapitre 4- Théorie des champs et symétries	p. 67
1- Introduction	p. 67
2- Formulation lagrangienne d'une théorie de champs	p. 70
2-1 <i>Fonction de Lagrange en mécanique classique</i>	p. 70
2-2 <i>Lagrangien de champs et équation d'Euler-Lagrange</i>	p. 71
2-3 <i>Quelques exemples de lagrangien</i>	p. 73
3- Symétries et lois de conservation en théorie classique des champs ..	p. 75
3-1 <i>Enoncé du théorème de Noether</i>	p. 75
3-2 <i>Invariance par translation et conservation de l'énergie-impulsion</i> p.	76
4- Symétries internes	p. 79
4-1 <i>Courants et charges</i>	p. 79
4-2 <i>Quelques exemples</i>	p. 81

Chapitre 5- Quelques notions de théorie quantique des champs	p. 87
1- Quantification canonique	p. 87
1-1 <i>Quantification en mécanique quantique</i>	p. 87
1-2 <i>Quantification des champs</i>	p. 88
2- Quantification et symétries	p. 90
2-1 <i>Quantification et covariance</i>	p. 90
2-2 <i>Quantification et symétries internes</i>	p. 93
3- Quantification du champ de Klein-Gordon	p. 95
3-1 <i>Quantification canonique</i>	p. 96
3-2 <i>Interprétation particulière : l'espace des états</i>	p. 97
3-3 <i>Champ scalaire chargé et antiparticules</i>	p. 101
3-4 <i>Le propagateur de Feynman</i>	p. 102
4- Quantification du champ de Dirac	p. 105
4-1 <i>Développement du champ et relation d'anticommutation</i>	p. 105
4-2 <i>Interprétation particulière : observables, états</i>	p. 108
4-3 <i>Le propagateur de Feynman</i>	p. 112
4-4 <i>Transformation des quarks sous $SU(2)$ ou $SU(3)$</i>	p. 113
Chapitre 6- Diffusion et temps de vie	p. 119
1- Les différents types de diffusion	p. 119
1-1 <i>Notion de section efficace</i>	p. 119
1-2 <i>Les différentes interactions</i>	p. 120
1-3 <i>Les temps de vie caractéristiques des 3 interactions</i>	p. 121
1-4 <i>Exemples de désintégrations faibles</i>	p. 123
2- Les amplitudes de diffusion non-relativiste	p. 125
2-1 <i>Description d'une diffusion en mécanique quantique</i>	p. 125
2-2 <i>Les solutions à états quantiques initiaux définis</i>	p. 125
2-3 <i>La matrice T</i>	p. 127
3- Les amplitudes de diffusion relativistes	p. 131
3-1 <i>Unitarité de la matrice S</i>	p. 131
Chapitre 7- Les symétries de saveur $SU(2)$ et $SU(3)$	p. 145
1- La symétrie de saveur $SU(2)_F$	p. 145
1-1 <i>Introduction</i>	p. 145
1-2 <i>La symétrie $U(2)_F$</i>	p. 146
1-3 <i>De $U(2)$ à $SU(2)$</i>	p. 147
2- La symétrie de saveur $SU(3)_F$	p. 151
2-1 <i>Le groupe abstrait $SU(3)$</i>	p. 151

2-2	<i>Les représentations irréductibles de $SU(3)$</i>	p. 152
2-3	<i>Les multiplets usuels de $SU(3)_f$</i>	p. 155
3-	<i>Les opérateurs tensoriels de $SU(3)$</i>	p. 158
3-1	<i>L'octet des courants de $SU(3)$</i>	p. 158
3-2	<i>Définition des opérateurs tensoriels irréductibles</i>	p. 159
3-3	<i>Le cas particulier de l'octet</i>	p. 160
3-4	<i>Le théorème de Wigner-Eckardt</i>	p. 161
4-	<i>L'invariance des amplitudes de transition</i>	p. 163
Chapitre 8- Les symétries C, P, T		
1-	<i>La conjugaison de charge</i>	p. 167
1-1	<i>Conjugaison de charge et champs complexes</i>	p. 167
1-2	<i>Conjugaison de charge du photon</i>	p. 168
1-3	<i>Action sur les états</i>	p. 169
1-4	<i>Action sur les champs de fermions</i>	p. 169
1-5	<i>Le système fermion-antifermion</i>	p. 171
1-6	<i>La conservation de C dans les amplitudes</i>	p. 171
1-7	<i>C et les symétries internes : la représentation conjuguée</i>	p. 172
1-8	<i>La G-Parité</i>	p. 177
1-9	<i>Le cas des gluons</i>	p. 178
1-10	<i>Quelques illustrations expérimentales</i>	p. 180
2-	<i>La parité</i>	p. 182
2-1	<i>La parité classique</i>	p. 182
2-2	<i>La parité, les translations, et les rotations</i>	p. 184
2-3	<i>La parité en relativité</i>	p. 186
2-4	<i>Action sur les spineurs de Dirac</i>	p. 187
2-5	<i>Transformation par parité d'un champ</i>	p. 188
2-6	<i>Conservation de la parité dans l'amplitude</i>	p. 190
2-7	<i>La violation de la parité</i>	p. 190
3-	<i>La symétrie de renversement du temps T</i>	p. 192
3-1	<i>T en mécanique classique</i>	p. 192
3-2	<i>T en mécanique quantique</i>	p. 193
3-3	<i>Action de T sur un spineur</i>	p. 194
3-4	<i>Action de T sur les champs</i>	p. 196
3-5	<i>Action de T sur les amplitudes</i>	p. 198
3-6	<i>Les interactions dans l'état final et T</i>	p. 199
3-7	<i>Le moment dipolaire électrique</i>	p. 199
4-	<i>Action de C, P, T, sur les expressions covariantes</i>	p. 201
4-1	<i>La parité</i>	p. 201

4-2	<i>La conjugaison de charge</i>	p. 202
4-3	<i>Le renversement du temps</i>	p. 203
4-4	<i>Le champ électromagnétique</i>	p. 204
4-5	<i>La symétrie CPT</i>	p. 204
4-6	<i>La symétrie CP</i>	p. 207
4-7	<i>La phase intrinsèque de renversement du temps</i>	p. 208
Chapitre 9-	Théorie des perturbations et renormalisation	p. 215
1-	Introduction	p. 215
2-	Théorie des perturbations et matrice S	p. 218
2-1	<i>Représentation d'interaction</i>	p. 218
2-2	<i>Exemple : la représentation d'interaction dans QED</i>	p. 220
2-3	<i>La matrice S et description d'une collision</i>	p. 222
2-4	<i>Le théorème de Wick</i>	p. 225
3-	La matrice S en électrodynamique quantique	p. 230
3-1	<i>La matrice S au premier ordre</i>	p. 230
3-2	<i>La matrice S au deuxième ordre</i>	p. 231
3-3	<i>Quelques propriétés générales de la matrice S</i>	p. 235
3-4	<i>Règles de Feynman</i>	p. 238
3-5	<i>Applications</i>	p. 240
4-	Quelques notions sur la renormalisation	p. 247
4-1	<i>Introduction heuristique : théorie $g\phi^4$</i>	p. 247
4-2	<i>Renormalisation de la charge en électrodynamique quantique</i>	p. 250
4-3	<i>Constante de couplage mobile dans QED</i>	p. 255
Chapitre 10-	Interaction forte et chromodynamique quantique	p. 261
1-	Les raisons de QCD	p. 261
2-	Théories de jauge et Lagrangien de QCD	p. 263
2-1	<i>Construction d'une théorie de jauge</i>	p. 263
2-2	<i>Le Lagrangien de la chromodynamique quantique</i>	p. 269
3-	La liberté asymptotique	p. 272
3-1	<i>La constante de couplage mobile de QCD</i>	p. 272
3-2	<i>Diffusion très inélastique de leptons</i>	p. 276
4-	Confinement	p. 282
4-1	<i>Le confinement de la couleur : un problème non résolu</i>	p. 282
4-2	<i>Un mécanisme de confinement possible</i>	p. 285
4-3	<i>Tube de flux et corde ; modèle des quarks constituants</i>	p. 288

5- la symétrie chirale	p. 289
5-1 Courants vectoriel et axial et interaction électrofaible	p. 289
5-2 La symétrie chirale $SU(2) \times SU(2)$	p. 302
5-3 Réalisation et brisure de la symétrie chirale	p. 305
5-4 Le théorème de Goldstone	p. 307
5-5 La relation de Gell-Mann-Oakes-Renner	p. 308
5-6 Le modèle σ linéaire	p. 309
Chapitre 11- Les interactions électrofaibles	p. 321
1- L'élément de matrice $V - A$	p. 321
2- La théorie électrofaible	p. 323
2-1 Les limites de la théorie effective $V - A$	p. 323
2-2 L'invariance de jauge $SU(2)_L$ des leptons	p. 324
2-3 L'invariance $SU(2)_L \times U(1)$	p. 326
2-4 La brisure de symétrie	p. 331
2-5 La masse des leptons	p. 334
3- Exemples d'applications de la symétrie $SU(2)_L \otimes U(1)$	p. 334
3-1 La physique du Z	p. 334
3-2 La désintégration du muon	p. 337
4- La désintégration faible des quarks	p. 341
4-1 Les doublets d'isospin faible	p. 341
4-2 La matrice de masse des quarks	p. 342
4-3 Les paramètres de la matrice de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa ..	p. 344
4-4 Le triangle d'unitarité	p. 345
5- La mesure des éléments de la matrice V_{CKM}	p. 346
5-1 La désintégration semi-leptonique du neutron	p. 347
5-2 La désintégration semi-leptonique des noyaux	p. 349
5-3 La désintégration semi-leptonique des hyperons	p. 350
5-4 La désintégration semi-leptonique des mésons	p. 352
5-5 Les désintégrations semi-leptoniques des quarks b et c	p. 354
5-6 Les symétries de QCD pour les quarks lourds	p. 356
5-7 Les modes exclusifs	p. 358
Chapitre 12 - Mélange des saveurs et violation de CP	p. 365
1- Mélange et matrice de masse	p. 365
1-1 Les amplitudes violant CP	p. 365
1-2 La matrice de masse	p. 366
1-3 Les états propres de la matrice de masse	p. 369

2- L'évolution temporelle	p. 371
2-1 <i>Les paramètres phénoménologiques</i>	p. 371
2-2 <i>La désintégration des K en deux et trois pions</i>	p. 372
2-3 <i>Les phases de désintégration dans l'état final</i>	p. 374
2-4 <i>Les propriétés du système K^0-\bar{K}^0</i>	p. 375
2-5 <i>La loi de désintégration</i>	p. 376
2-6 <i>Les désintégrations semi-leptoniques</i>	p. 378
3- L'oscillation B^0 - \bar{B}^0	p. 379
4- La violation de CP en présence de mélange	p. 382
4-1 <i>Les simplifications propres au système $B - \bar{B}$</i>	p. 382
4-2 <i>Le paramètre r de la matrice de masse</i>	p. 382
4-3 <i>Les amplitudes de désintégration</i>	p. 383
Appendices	
A- Matrices et spineurs de Dirac	p. 387
B- Quelques notions sur le groupe $SU(3)$	p. 393
C- Sections efficaces et taux de désintégration	p. 395
D- Particules de masse nulle	p. 399
Sources de figures	p. 401
Bibliographie	p. 403
Index	p. 411