

---

## Table des matières

<b>1. Symétries en mécanique quantique</b>	<b>1</b>
1.1 Symétries en physique classique	1
1.2 Translations spatiales en mécanique quantique	19
1.3 L'opérateur de translation unitaire	20
1.4 L'équation de mouvement pour des états déplacés dans l'espace	22
1.5 Symétrie et dégénérescence d'états	23
1.6 Translations temporelles en mécanique quantique	32
1.7 Complément de mathématiques : définition d'un groupe	34
1.8 Complément de mathématiques : rotations et propriétés théoriques des groupes associés	36
1.9 Un isomorphisme du groupe des rotations	40
1.10 L'opérateur rotation pour des états multi-particules	53
1.11 Notes biographiques	54
<b>2. Représentation de l'algèbre des opérateurs de moment angulaire : générateurs de <math>SO(3)</math></b>	<b>55</b>
2.1 Représentations irréductibles du groupe des rotations	55
2.2 Représentations matricielles des opérateurs de moment angulaire	60
2.3 Addition de deux moments angulaires	69
2.4 Calcul des coefficients de Clebsch–Gordan	73
2.5 Relations de récurrence pour les coefficients de Clebsch–Gordan	74
2.6 Calcul explicite des coefficients de Clebsch–Gordan	76
2.7 Notes biographiques	83
<b>3. Compléments de mathématiques : propriétés fondamentales des groupes de Lie</b>	<b>85</b>
3.1 Structure générale des groupes de Lie	85
3.2 Interprétation des commutateurs comme produits vectoriels généralisés, théorème de Lie, rang d'un groupe de Lie	96
3.3 Sous-groupes invariants, groupes de Lie simples et semi-simples, idéaux	98
3.4 Groupes de Lie compacts et algèbres de Lie	106
3.5 Opérateurs invariants (opérateurs de Casimir)	106

3.6	Théorème de Racah	107
3.7	Remarques sur les multiplets	107
3.8	Invariance par rapport à un groupe de symétrie	110
3.9	Construction des opérateurs invariants	113
3.10	Remarque sur les opérateurs de Casimir des groupes de Lie abéliens	116
3.11	Relation de complétude des opérateurs de Casimir	116
3.12	Propriétés de quelques groupes	118
3.13	Relation entre les changements de coordonnées et les transformations de fonctions	119
3.14	Notes biographiques	132
<b>4.</b>	<b>Les groupes de symétrie et leur interprétation physique :</b>	
	<b>considérations générales</b>	135
4.1	Notes biographiques	140
<b>5.</b>	<b>Le groupe d'isospin</b>	141
5.1	Opérateurs d'isospin pour un système à plusieurs nucléons	147
5.2	Propriétés générales des représentations d'une algèbre de Lie	156
5.3	Représentation régulière (ou adjointe) d'une algèbre de Lie	157
5.4	Loi de transformation dans l'iso-espace	161
5.5	Test expérimental de l'invariance de l'isospin	169
5.6	Notes biographiques	185
<b>6.</b>	<b>L'hypercharge</b>	187
6.1	Notes biographiques	193
<b>7.</b>	<b>Le groupe de symétrie SU(3)</b>	195
7.1	Les groupes $U(n)$ et $SU(n)$	195
7.2	Les générateurs de SU(3)	200
7.3	L'algèbre de Lie de SU(3)	202
7.4	Sous-algèbres de SU(3) – algèbre de Lie et opérateurs d'échange	212
7.5	Couplage des multiplets de $T$ , $U$ et $V$	215
7.6	Analyse quantitative de la structure des multiplets	216
7.7	Remarques complémentaires sur la structure géométrique d'un multiplet de SU(3)	218
7.8	Nombre d'états sur les couches intérieures des mailles	219
<b>8.</b>	<b>Quarks et SU(3)</b>	231
8.1	Mise en évidence des quarks	234
8.2	Propriétés de transformation des états de quarks	234
8.3	Construction de l'ensemble des multiplets SU(3) à partir des représentations élémentaires $[3]$ et $[\bar{3}]$	241
8.4	Construction de la représentation $D(p, q)$ sur des quarks et anti-quarks	242
8.5	Multiplets de mésons	254

8.6	Règles de réduction pour les produits directs de multiplets de $SU(3)$ . . . . .	258
8.7	Invariance de spin $U$ . . . . .	263
8.8	Test d'invariance de spin $U$ . . . . .	265
8.9	La formule de masse de Gell-Mann–Okubo . . . . .	267
8.10	Coefficients de Clebsch–Gordan de $SU(3)$ . . . . .	269
8.11	Modèles de quarks avec degrés de liberté internes . . . . .	272
8.12	Formule de masse pour $SU(6)$ . . . . .	300
8.13	Moments magnétiques dans le modèle des quarks . . . . .	301
8.14	États excités des mésons et baryons . . . . .	303
8.15	États excités avec moment angulaire orbital . . . . .	305
<b>9.</b>	<b>Représentations du groupe des permutations et tableaux de Young</b>	<b>309</b>
9.1	Groupe des permutations et particules identiques . . . . .	309
9.2	Forme standard des diagrammes de Young . . . . .	313
9.3	Forme standard et dimension des représentations irréductibles du groupe des permutations $S_N$ . . . . .	316
9.4	Lien entre $SU(2)$ et $S_2$ . . . . .	326
9.5	Les représentations irréductibles de $SU(n)$ . . . . .	329
9.6	Détermination de la dimension . . . . .	335
9.7	Les sous-groupes $SU(n-1)$ de $SU(n)$ . . . . .	339
9.8	Décomposition du produit tensoriel de deux multiplets . . . . .	341
<b>10.</b>	<b>Compléments de mathématiques : caractères</b> . . . . .	<b>345</b>
10.1	Définition des caractères . . . . .	345
10.2	Lemmes de Schur . . . . .	346
10.3	Relations d'orthogonalité entre représentations . . . . .	347
10.4	Classes d'équivalence . . . . .	349
10.5	Relations d'orthogonalité pour les caractères des groupes discrets . . . . .	352
10.6	Relations d'orthogonalité des caractères sur l'exemple du groupe $D_3$ . . . . .	353
10.7	Réduction d'une représentation . . . . .	355
10.8	Critère d'irréductibilité . . . . .	355
10.9	Produit tensoriel de représentations . . . . .	356
10.10	Généralisation aux groupes de Lie compacts . . . . .	357
10.11	Digression mathématique : intégration sur le groupe . . . . .	357
10.12	Groupes unitaires . . . . .	360
10.13	Passage de $U(N)$ à $SU(N)$ sur l'exemple de $SU(3)$ . . . . .	361
10.14	Intégration sur les groupes unitaires . . . . .	363
10.15	Caractères des groupes unitaires . . . . .	366
<b>11.</b>	<b>Charme et <math>SU(4)</math></b> . . . . .	<b>385</b>
11.1	Particules charmées et $SU(4)$ . . . . .	387
11.2	Propriétés de $SU(4)$ . . . . .	388
11.3	Tables des constantes de structure $f_{ijk}$ et des coefficients $d_{ijk}$ de $SU(4)$ . . . . .	397
11.4	Structure en multiplets du groupe $SU(4)$ . . . . .	399

11.5	Considérations avancées . . . . .	406
11.6	Le modèle du potentiel pour le charmonium . . . . .	418
11.7	Les formules de masse de $SU(4)$ [ $SU(8)$ ] . . . . .	426
11.8	Les résonances $\Upsilon$ . . . . .	430
<b>12.</b>	<b>Compléments de mathématiques . . . . .</b>	<b>435</b>
12.1	Introduction . . . . .	435
12.2	Racines et algèbres de Lie classiques . . . . .	439
12.3	Produit scalaire de valeurs propres . . . . .	444
12.4	Normalisation de Cartan–Weyl . . . . .	447
12.5	Représentation graphique des racines . . . . .	448
12.6	Algèbres de Lie de rang 1 . . . . .	449
12.7	Algèbres de Lie de rang 2 . . . . .	449
12.8	Algèbres de Lie de rang $l > 2$ . . . . .	450
12.9	Les algèbres de Lie exceptionnelles . . . . .	451
12.10	Racines simples et diagrammes de Dynkin . . . . .	452
12.11	Procédé de Dynkin . . . . .	454
12.12	Matrice de Cartan . . . . .	456
12.13	Détermination de toutes les racines à partir des racines simples . . . . .	457
12.14	Deux algèbres de Lie simples . . . . .	459
12.15	Représentations des algèbres de Lie classiques . . . . .	460
<b>13.</b>	<b>Symétries discrètes spéciales . . . . .</b>	<b>465</b>
13.1	Inversion d’espace (transformation de parité) . . . . .	465
13.2	États obtenus par inversion et opérateurs . . . . .	467
13.3	Renversement du temps . . . . .	468
13.4	Opérateurs anti-unitaires . . . . .	470
13.5	Systèmes multi-particules . . . . .	474
13.6	Fonctions propres réelles . . . . .	475
<b>14.</b>	<b>Symétries dynamiques . . . . .</b>	<b>477</b>
14.1	L’atome d’hydrogène . . . . .	477
14.2	Le groupe $SO(4)$ . . . . .	480
14.3	Les niveaux d’énergie de l’atome d’hydrogène . . . . .	481
14.4	L’oscillateur isotrope classique . . . . .	482
<b>15.</b>	<b>Compléments de mathématiques : groupes de Lie non compacts . . . . .</b>	<b>497</b>
15.1	Définition et exemples de groupes de Lie non compacts . . . . .	497
15.2	Le groupe de Lie $SO(2, 1)$ . . . . .	505
15.3	Application aux problèmes d’interaction . . . . .	509
<b>Index</b>	<b>. . . . .</b>	<b>513</b>



<http://www.springer.com/978-3-540-64346-3>

Mécanique quantique. Symétries

Greiner, W.; Müller, B.

1999, XX, 522 p., Softcover

ISBN: 978-3-540-64346-3