

# Table des matières

Introduction

3

## PREMIÈRE PARTIE

LE DÉVELOPPEMENT DE LA MÉCANIQUE CÉLESTE  
DEPUIS L'ALMAGESTE JUSQU'À LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE

<b>1. L'Almageste de Ptolémée</b>	9
1.1. La première édition imprimée de l' <i>Almageste</i>	9
1.2. Sommaire de l' <i>Almageste</i>	12
1.3. Extraits de l' <i>Almageste</i>	16
1.4. La théorie des planètes selon Ptolémée	24
1.5. Biographie de Ptolémée par Arago	27
1.6. Biographie de Regiomontanus par Arago	28
1.7. Références	29
<b>2. Copernic</b>	31
2.1. Le <i>Commentariolus</i>	31
2.2. La <i>Narratio Prima</i> de Rheticus	37
2.3. Extraits du traité <i>De Revolutionibus</i>	40
2.4. Rappel concernant la précession des équinoxes	53
2.5. Remarque concernant « les étoiles fixes » dans le système de Copernic	55
2.6. Notice biographique de Copernic rédigée par Arago	56
2.7. Références	62
<b>3. Tycho Brahe</b>	63
3.1. La vie de Tycho Brahe	63
3.2. L'observatoire d'Uraniborg	66
3.3. Le système planétaire de Capella-Wittich-Brahe	67
3.4. La rencontre Brahe-Kepler	70
3.5. Les ouvrages de Tycho Brahe	72
3.6. Références	72
<b>4. Les lois de Kepler</b>	73
4.1. La vie de Johannes Kepler	73
4.2. Le premier modèle cosmologique de Kepler	75

4.3. Les deux premières lois de Kepler	79
4.4. L' <i>Harmonices Mundi</i> et la troisième loi	83
4.5. Les tables Rudolphines	86
4.6. Les autres publications de Kepler	88
4.7. Références	88
<b>5. Galilée, astronome et mécanicien</b>	89
5.1. Biographie de Galilée (1564-1642)	89
5.2. L'apport scientifique de Galilée	92
5.3. Le <i>Sidereus Nuncius</i>	94
5.4. Les découvertes astronomiques de Galilée	96
5.5. Galilée mécanicien	97
5.6. Principaux ouvrages de Galilée	104
5.7. Références	104
<b>6. Huygens</b>	107
6.1. Biographie de Christian Huygens (1629-1695)	107
6.2. La force centrifuge ( <i>Horologium oscillatorium</i> , 1673)	112
6.3. Les contributions de Huygens à l'astronomie	115
6.4. Principales publications de Huygens	117
6.5. Références	117
<b>7. L'évaluation de la vitesse de la lumière par Römer en 1676</b>	119
Références	121
<b>8. Newton</b>	123
8.1. Biographie d'Isaac Newton	123
8.1.1. La rédaction des <i>Principia</i> .	127
8.1.2. Des <i>Principia</i> à l' <i>Opticks</i>	128
8.1.3. La dispute entre Newton et Leibniz relative à la priorité de la découverte du calcul infinitésimal	130
8.1.4. Les dernières années de la vie de Newton	134
8.2. Aperçu de l'œuvre de Newton	135
8.3. Les <i>Philosophiæ naturalis Principia mathematica</i> , 1687	136
8.3.1. La mécanique classique	136
8.3.2. Le système du monde et la loi de gravitation universelle	142
8.3.3. Les mathématiques dans les <i>Principia</i>	147
8.4. Références	149
<b>9. Le catalogue d'étoiles de Flamsteed</b>	151
9.1. L' <i>Historia Cœlestis Britannica</i>	151
9.2. Biographie de Flamsteed par Arago	152
9.3. Références	154
<b>10. Halley</b>	155
10.1. Biographie de Halley	155
10.2. Le mouvement propre des étoiles	156
10.3. Références	158

<b>11. La découverte de l'aberration par Bradley</b>	159
11.1. La publication de Bradley	159
11.2. Calcul de l'aberration des étoiles	161
11.3. La formule de l'aberration relativiste	163
11.4. Biographie de Bradley écrite par Arago	167
11.5. Références	169
<b>12. Le problème des N corps</b>	171
12.1. Le traitement du problème des trois corps avant le traité de Poincaré	171
12.2. L'essai d'une nouvelle méthode pour résoudre le problème des trois corps de Lagrange	185
12.3. L'équation séculaire de la Lune calculée par Euler, puis par Laplace	188
12.4. Les inégalités du mouvement de la Lune, sous forme analytique, de Charles Delaunay	193
12.5. Le lagrangien	194
12.6. La théorie de la variation des constantes arbitraires de Lagrange	196
12.7. Les contributions de Poisson à la théorie de la variation des constantes arbitraires	199
12.8. Biographie de Lagrange (1736-1813)	202
12.9. Principales publications de Lagrange	205
12.10. Références	206
<b>13. La mécanique céleste de Laplace</b>	207
13.1. Biographie de Pierre Simon Laplace	207
13.2. Aperçu de l'œuvre de Pierre Simon Laplace	212
13.3. Le premier mémoire de Laplace sur la gravitation	213
13.4. Le Laplacien	217
13.5. Le <i>Traité de Mécanique céleste</i>	224
13.6. Les publications de Laplace	229
13.7. Références	230
<b>14. Herschel et la découverte d'Uranus</b>	231
Références	232
<b>15. Le Verrier et la découverte de la planète Neptune</b>	233
15.1. La découverte de Neptune	233
15.2. L'avance du périhélie de Mercure	234
15.3. Références	236
<b>16. Gauss, astronome et mathématicien</b>	237
16.1. Biographie de Gauss (1777-1855)	237
16.2. La <i>Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium</i>	241
16.3. Exposé analytique du problème des deux corps	241
16.4. Annexe : les paramètres orbitaux	253
16.5. Références	254

<b>17. La détermination des orbites des planètes et des comètes</b>	255
17.1. Le cas de la planète Cérés	256
17.2. L'approche de Legendre	258
17.3. La méthode des moindres carrés	259
17.4. L'approche probabiliste de la méthode des moindres carrés	266
<b>18. Le pendule de Foucault</b>	273
18.1. Biographie de Léon Foucault	273
18.2. La rotation quotidienne de la Terre	274
18.3. Références	280
<b>19. La mécanique céleste de Poincaré</b>	281
19.1. Biographie de Henri Poincaré (1854-1912)	281
19.2. Poincaré, la mécanique céleste et les systèmes dynamiques	286
19.2.1. Poincaré et le problème des trois corps	287
19.2.2. La notion de Stabilité à la Poisson	301
19.2.3. La notion d'invariant intégral	302
19.3. Références	304
<b>20. Le <i>Traité de Mécanique céleste</i> de Félix Tisserand</b>	305
Références	306
<b>21. La relativité restreinte</b>	307
21.1. La genèse de la théorie de la relativité	307
21.2. Les travaux de Lorentz	308
21.3. Les formalismes de Poincaré et d'Einstein	313
21.4. Formules de la relativité	319
21.5. Références	322
<b>22. La relativité générale</b>	323
22.1. Les travaux préliminaires à la relativité générale (1907-1911)	323
22.2. La période 1912-1915	326
22.3. L'apport de Lorentz	333
22.3.1 La gravitation	333
22.3.2 Covariance	334
22.3.3 Principe de Hamilton	335
22.3.4. L'éther de Lorentz	337
22.4. Premières vérifications expérimentales de la relativité générale	340
22.4.1. L'avance du périhélie de Mercure	340
22.4.2. La déviation des rayons lumineux	341
22.4.3. Le décalage vers le rouge	343
22.5. Analyse du mémoire d'Einstein : <i>Die grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie</i> , 1916	343
22.6. Albert Einstein, éléments biographiques	350
22.7. Références	356

## DEUXIÈME PARTIE

### LES COSMOLOGIES HÉLIOCENTRIQUES PRÉ-RELATIVISTES

<b>23. La cosmologie de Descartes</b>	359
23.1. Biographie de René Descartes	359
23.2. Le <i>Traité du monde</i> de Descartes	361
23.3. Références	369
<b>24. Cosmologie de Buffon</b>	371
24.1. Biographie de Buffon (1707-1788)	371
24.2. L'Histoire naturelle de Buffon	373
24.3. Références	374
<b>25. Cosmologie de Lambert</b>	375
25.1. Biographie de Johann Heinrich Lambert (1728-1777)	375
25.2. Le <i>système du Monde</i> de J. H. Lambert	377
25.3. Références	380
<b>26. Cosmologie de Laplace</b>	381
<b>27. Les hypothèses cosmogoniques au début du XX<sup>e</sup> siècle</b>	393

## TROISIÈME PARTIE

### LES COSMOLOGIES RELATIVISTES ET LES MODÈLES STANDARD DE LA PHYSIQUE DES PARTICULES ET DE LA COSMOLOGIE

<b>28. Les cosmologies relativistes</b>	403
28.1. Le modèle initial d'Einstein	403
28.2. La loi de Hubble	405
28.3. L'Univers de De Sitter	406
28.4. La cosmologie non statique d'Alexander Friedmann	406
28.5. Georges Lemaître et la théorie du Big Bang	411
28.6. La théorie de l'Univers stationnaire de Fred Hoyle	418
28.7. La fuite des galaxies ( <i>Redshift</i> )	419
28.8. La nucléosynthèse dans les étoiles	420
28.9. Résumé des différents modèles cosmologiques relativistes	421
<b>29. Le fond diffus cosmologique</b>	423
29.1. La nucléosynthèse primordiale	423
29.2. L'origine du fond diffus cosmologique et sa découverte	425

<b>30. Les modèles standard de la physique des particules et de la cosmologie</b>	431
30.1. Le modèle standard de la physique des particules	431
30.1.1. Vie moyenne des particules instables	434
30.1.2. Les interactions	435
30.1.3. Les particules élémentaires	443
30.1.4. La symétrie des lois physiques	444
30.1.5. Succès et limites du modèle standard	446
30.1.6. Au-delà du modèle standard ?	448
30.2. Le modèle standard cosmologique	451
30.2.1. Les premiers instants de l'Univers	452
30.2.2. Modifications possibles du modèle standard cosmologique	460
30.2.2.1. La constante cosmologique ou énergie noire	460
30.2.2.2. Énergie du vide et énergie noire	461
30.2.2.3. La matière noire	463
30.2.2.4. La quintessence	463
30.2.2.5. Les axions	464
30.2.3. Conclusion	464
<b>Annexes</b>	
Chronologie des événements constituant le contexte scientifique	465
Bibliographie	493