

Table des matières

Préface	ix
Avant-Propos	xi
1 L'espace-temps	1
1.1 Espace	1
1.2 Temps	4
1.3 Lignes d'univers	6
1.4 Plus vite que la lumière?	9
1.5 Temps propre	12
1.6 Espace-temps de Minkowski	17
1.7 Bibliographie	22
2 Principe de relativité	23
2.1 Forces d'inertie	23
2.2 Référentiels d'inertie	26
2.3 Principe de relativité	29
2.4 Transformations de Lorentz	31
2.5 Référentiels d'inertie dans l'espace-temps	35
2.6 Observateurs accélérés	39
2.7 Bibliographie	42
3 Le temps relativiste	43
3.1 Paradoxe des jumeaux	43
3.2 Vérifications expérimentales	46
3.3 Usain Bolt sprinter relativiste?	47
3.4 L'effet Doppler	48
3.5 Bibliographie	51

4	Masse et énergie	53
4.1	Collisions en physique newtonienne	53
4.2	Conservation de l'énergie-impulsion	57
4.3	Applications simples	61
4.4	Bibliographie	65
5	Principe d'équivalence et relativité générale	67
5.1	Principe d'équivalence	67
5.2	Application au GPS	72
5.3	Espaces courbes	77
5.4	Déviations géodésiques	81
5.5	Équations d'Einstein	86
5.6	Métrique de Schwarzschild	92
5.7	Bibliographie	96
6	Vérifications dans le système solaire	97
6.1	Théorie de Newton des orbites planétaires	98
6.2	Particules massives	102
6.3	Photons	106
6.4	L'effet Shapiro	107
6.5	Précession géodésique	109
6.6	Bibliographie	110
7	Trous noirs	111
7.1	À l'extérieur du rayon de Schwarzschild	112
7.2	À l'intérieur du rayon de Schwarzschild	114
7.3	Trous noirs en rotation	120
7.4	Trous noirs astrophysiques	127
7.5	Rayonnement de Hawking et thermodynamique	131
7.6	Bibliographie	135
8	Ondes gravitationnelles	137
8.1	Ondes électromagnétiques	138
8.2	Description des ondes gravitationnelles	144
8.3	Génération d'ondes gravitationnelles	145
8.4	Détection des ondes gravitationnelles	151
8.5	Bibliographie	154

9	Cosmologie	155
9.1	Description qualitative de l'Univers	156
9.2	Décalage vers le rouge gravitationnel	160
9.3	Distances dans l'Univers et problème de l'horizon	170
9.4	Évolution temporelle du facteur d'échelle	175
9.5	Une brève histoire du Big Bang	181
9.6	Bibliographie	191
10	Conclusion	193
11	Annexes	195
11.1	Notation exponentielle	195
11.2	Ondes électromagnétiques et photons	197
11.3	L'énergie-impulsion relativiste	199
11.4	Invariance et covariance	201
11.5	Géodésiques et déviation géodésique	202
11.6	Espaces courbes en cosmologie	207
	References	211
	Index	215