

Table des matières

Chapitre 1. Histoire thermique de l'univers et nucléosynthèse primordiale

Pierre SALATI

1.1. Un rapide tour d'horizon	2
1.1.1. Un rappel utile du modèle de Friedmann-Lemaître	2
1.1.2. Les événements majeurs du Big Bang	5
1.2. Ylem de Gamow	10
1.2.1. Remarques liminaires	10
1.2.2. Densité numérique	14
1.2.3. Densité d'énergie et pression	16
1.2.4. Densité d'entropie	18
1.2.5. Degrés effectifs de liberté de l'ylem	19
1.2.6. Développements numériques	21
1.3. Cinétique du refroidissement	22
1.3.1. Masse de Planck	22
1.3.2. Relation entre facteur d'échelle et température	24
1.3.3. Relation entre temps cosmique et température	25
1.4. Découplage thermique des neutrinos	29
1.4.1. Le concept de section efficace	29
1.4.2. Rupture de l'équilibre thermique	34
1.4.3. Le rayonnement fossile neutrinique	36
1.4.4. La limite de Cowsik et McClelland	39
1.5. Nucléosynthèse primordiale	41
1.5.1. Transmutation entre protons et neutrons	42
1.5.2. Rupture de l'équilibre neutron-proton	47
1.5.3. Formation du deutérium	51
1.5.4. Cuisson des éléments légers	55
1.6. Découplage chimique des particules lourdes	61
1.6.1. Équation d'évolution	63
1.6.2. Solution approchée	64

1.6.3. Densité relique	68
1.6.4. Limite de Lee et Weinberg	70
1.7. Dissipation du brouillard primordial	72
1.7.1. Équilibre de Saha	73
1.7.2. Photoionisation et recombinaison de l'hydrogène neutre	76
1.7.3. Raie Lyman-alpha et résonance atomique	79
1.7.4. Modèle de l'atome aux trois niveaux	84
1.7.5. Recombinaison du plasma primordial et ionisation résiduelle	87
1.8. Bibliographie	90

Chapitre 2. Fond diffus cosmologique 93

Julien LESGOURGUES

2.1. Introduction	93
2.1.1. Surface de dernière diffusion	93
2.1.2. Anisotropies du CMB	94
2.1.3. Conventions	96
2.2. Retour sur la diffusion Thomson	96
2.2.1. Taux de diffusion	96
2.2.2. Profondeur optique	97
2.2.3. Fonction de visibilité	99
2.2.4. Longueur de diffusion	99
2.3. Perturbations cosmologiques linéaires	100
2.3.1. Pourquoi des perturbations linéaires ?	100
2.3.2. Classification des perturbations	101
2.3.3. Espace de Fourier comobile	104
2.3.4. Équation d'Einstein linéarisée	106
2.3.5. Espèces en présence dans le modèle cosmologique standard	107
2.3.6. Équations générales du mouvement	108
2.4. Description formelle des anisotropies de température	109
2.4.1. Propagation des photons	109
2.4.2. Anisotropie de température dans une direction donnée	114
2.5. Théorie stochastique des perturbations cosmologiques	118
2.5.1. Conditions initiales	119
2.5.2. Spectre de puissance et fonctions de transfert	124
2.5.3. Spectre des anisotropies de température	129
2.6. Physique des anisotropies de température	132
2.6.1. Intégrale de ligne de visée en espace de Fourier	132
2.6.2. Évolution des perturbations	137
2.6.3. Contributions au spectre de température	144
2.6.4. Dépendance par rapport aux paramètres cosmologiques	152
2.7. Autres contributions et observables	158
2.7.1. Aperçu de la polarisation du CMB	158

2.7.2. Lentillage gravitationnel du CMB	161
2.7.3. Aperçu du rôle des ondes gravitationnelles	162
2.7.4. Avant-plans astrophysiques	163
2.7.5. Distorsions spectrales	164
2.8. Observations du CMB	165
2.8.1. Observations actuelles	165
2.8.2. Observations futures	171
2.9. Bibliographie	172

Chapitre 3. Inflation cosmologique 175

Sébastien RENAUX-PETEL

3.1. Aperçu	175
3.2. Introduction	177
3.2.1. Les problèmes du modèle du Big Bang chaud	177
3.2.2. Le mécanisme de l'inflation	182
3.3. L'inflation de roulement lent à un champ	186
3.3.1. La dynamique homogène	187
3.3.2. La dynamique des fluctuations	192
3.4. La physique de l'inflation au-delà des modèles-jouets	218
3.4.1. La sensibilité ultraviolette de l'inflation	220
3.4.2. Les effets multichamps	227
3.5. Les non-gaussianités primordiales	241
3.5.1. Aperçu	241
3.5.2. Déterminer les non-gaussianités primordiales	245
3.5.3. Formes de non-gaussianités	249
3.6. Conclusion	259
3.7. Bibliographie	262

Chapitre 4. Matière noire 267

Richard TAILLET

4.1. Introduction	267
4.1.1. Présentation du sujet	267
4.1.2. Bref survol historique	268
4.1.3. Intérêt actuel du sujet	269
4.1.4. Avertissement	269
4.1.5. Résumé des indices en faveur de la matière noire	269
4.2. À l'échelle des galaxies	270
4.2.1. Introduction	270
4.2.2. Courbes de rotation des galaxies spirales	271
4.2.3. Dispersion de vitesse dans les galaxies elliptiques	274
4.2.4. Les galaxies naines sphéroïdes	280

4.2.5. Notre galaxie	280
4.2.6. Profils de densité	282
4.3. À l'échelle des amas de galaxies	284
4.3.1. Dispersion des vitesses	284
4.3.2. Rayonnement X du gaz chaud	285
4.3.3. Lentilles gravitationnelles	286
4.3.4. Effet Sunyaev-Zeldovich	287
4.4. Cosmologie	287
4.4.1. Géométrie de l'univers	287
4.4.2. Nucléosynthèse primordiale	291
4.4.3. Formation des grandes structures	292
4.5. Nature de la matière noire	300
4.5.1. Candidats baryoniques	301
4.5.2. Microlentilles gravitationnelles	304
4.5.3. Particules	313
4.6. Détection	325
4.6.1. Détection directe	325
4.6.2. Détection indirecte	331
4.6.3. Grumeaux	337
4.7. Dynamique et gravité modifiées	339
4.7.1. Théorie MOND	340
4.7.2. Le <i>Bullet Cluster</i>	342
4.8. Conclusion	343
4.9. Bibliographie	343

Liste des auteurs	345
------------------------------------	------------

Index	347
------------------------	------------