

Table des matières

Avant-propos	III
1 Introduction	3
1.1 Qu'est-ce qu'un plasma?	3
1.2 Équilibre d'ionisation et loi de Saha	4
1.3 Température de Fermi	6
1.4 Paramètre de couplage	7
1.5 Fréquences plasmas électroniques et ioniques	8
1.6 Longueur de Debye et effet d'écran	10
1.7 Collisions coulombiennes	12
1.8 Libre parcours moyen collisionnel	15
1.9 Fréquences cyclotroniques et rayons de Larmor	16
2 Description cinétique et description fluide	19
2.1 Description cinétique	20
2.2 Équation de Vlasov	20
2.3 Effet des corrélations	23
2.4 Grandeurs hydrodynamiques	25
2.5 Équations hydrodynamiques	27
2.6 Équations pour le fluide global	30
2.7 Fermeture des équations fluides	31
3 Ondes dans les plasmas non magnétisés	33
3.1 Introduction	33
3.2 Équations de propagation pour \mathbf{E} and \mathbf{B}	34
3.3 Réponse diélectrique d'un plasma froid non collisionnel	35
3.4 Ondes électromagnétiques	36
3.5 Ondes plasmas électroniques	39
3.6 Ondes acoustiques ioniques	42
3.7 Ondes électrostatiques : approche utilisant l'équation de Poisson	45
3.8 Théorie cinétique et contour de Landau	45
3.9 Théorie cinétique des ondes plasmas électroniques	48
3.10 Théorie cinétique des ondes acoustiques ioniques	50
3.11 Interaction onde-particule et piégeage	51
3.12 Ondes acoustiques électroniques	54
3.13 Ondes plasmas électroniques de grande amplitude et limite de déferlement	56

4	Instabilités	63
4.1	Instabilité à deux faisceaux	63
4.2	Instabilité faisceau-plasma	66
4.3	Instabilité faisceau chaud-plasma	69
5	Transport thermique électronique	71
5.1	Théorie linéaire ; loi de Spitzer-Härm	71
5.2	Validité de la théorie linéaire ; flux limite	74
5.3	Théorie non locale du transport	76
6	Hydrodynamique des plasmas créés par laser	81
6.1	Structure d'un écoulement créé l'interaction laser-cible solide	81
6.2	L'écoulement isotherme auto-semblable	82
6.3	Structure de la zone de conduction	86
7	Absorption des ondes électromagnétiques	91
7.1	Réponse diélectrique d'un plasma faiblement collisionnel	91
7.2	Absorption collisionnelle	94
7.3	Propagation en plasma inhomogène : l'approximation BKW	95
7.4	Solution d'Airy au voisinage de la densité critique	98
7.5	Absorption dans un gradient de densité	100
7.6	Couplage absorption-hydrodynamique-transport	101
7.7	Incidence oblique et absorption résonnante	103
8	Interaction laser-plasma en régime non linéaire	109
8.1	Pression de rayonnement	109
8.2	Force pondéromotrice: approche particulaire	110
8.3	Force pondéromotrice : approche fluide	112
8.4	Couplage d'ondes	114
8.5	Diffusion Raman stimulée	116
8.6	Diffusion Brillouin stimulée	120
8.7	Instabilité deux-plasmons	123
8.8	Filamentation et autofocalisation	123
8.9	Remarques finales	125
9	Effets relativistes dans le régime ultra-intense	127
9.1	Mouvement d'un électron libre dans une onde ultra-intense	127
9.2	Indice de réfraction en régime relativiste et transparence induite	131
9.3	Autofocalisation relativiste	133
9.4	Force pondéromotrice relativiste	136
9.5	Instabilités électroniques en régime relativiste	137
9.6	Création d'électrons relativistes	139

10 Accélération d'électrons	141
10.1 Accélération dans le vide	141
10.2 Sillage relativiste dans un plasma peu dense	142
10.3 Régime de sillage linéaire	144
10.4 Cas d'une impulsion gaussienne	147
10.5 Traitement de la dépendance radiale	148
10.6 Mouvement d'un électron en géométrie 1D	148
10.7 Mouvement dans une onde sinusoïdale	151
10.8 Accélération d'une particule ultrarelativiste	152
10.9 Régime de sillage non linéaire 1D	153
10.10 Régimes non-linéaires 3D	159
10.11 Discussion finale	160
11 Fusion thermonucléaire	163
11.1 Réactions de fusion	163
11.2 Section efficace	165
11.3 Forme de la section efficace $\sigma(E)$	165
11.4 Facteur de Gamow	166
11.5 Facteur nucléaire	167
11.6 Taux thermonucléaire	167
11.7 Comparaison des différentes réactions	170
11.8 Critères de fonctionnement d'un réacteur à fusion	171
11.9 Critère sur $n\tau T$	174
11.10 Les deux voies de la fusion	174
12 Confinement inertiel	177
12.1 Le paramètre de confinement ρR	177
12.2 Fraction brûlée et gain	179
12.3 Nécessité d'une compression	181
12.4 Allumage par point chaud	182
12.5 Nouvelle évaluation de l'énergie du combustible	185
12.6 La phase d'implosion	186
12.7 L'effet fusée	188
12.8 Autres approches	189
13 Notions sur les chocs	191
13.1 Choc dû à un piston de vitesse uniforme rentrant dans un gaz .	191
13.2 Relations et courbes d'Hugoniot	193
13.3 Ondes de choc de faible intensité	194
13.4 Forme des équations dans le référentiel du choc	197
13.5 Cas du gaz parfait	198

14 Instabilités hydrodynamiques	201
14.1 Introduction	201
14.2 Instabilité de Rayleigh-Taylor : l'analogie mécanique	202
14.3 Instabilité de Rayleigh-Taylor : cas de fluides incompressibles	203
14.4 Instabilité de Rayleigh-Taylor en FCI	206
14.5 Instabilités de Richtmyer-Meshkov et de Kelvin-Helmoltz	207
15 Hydrodynamique radiative	209
15.1 Description particulière du rayonnement	209
15.2 Rayonnement d'équilibre	211
15.3 Équation de transfert radiatif	212
15.4 Équations de l'hydrodynamique radiative	214
15.5 Chocs radiatifs	215
Bibliographie	217
Index	221