

Table des matières

Avant propos

Glossaire

I	Description générale de la matière	1
1	Les grandes familles usuelles de matériaux	1
2	Propriétés de la matière	3
2.1	La matière à l'échelle macroscopique	3
2.2	La matière à l'échelle microscopique	12
3	L'observation de la matière	18
3.1	Force caractéristique de la matière : force et champ Coulombien .	18
3.2	Énergie caractéristique de la matière : potentiel Coulombien et énergie potentielle	19
3.3	Énergies caractéristiques de la matière	24
3.4	Ondes	25
4	Premières modélisations de l'interaction rayonnement-matière (1898-1904)	31
4.1	Modèle de Thomson (1898)	31
4.2	Modèle de Nagaoka-Perrin-Rutherford (1901-1904)	31
5	La matière : un résonateur (1900-1905)	33
5.1	Amortissement : modèle de Drude (1900)	39
5.2	Modèle de Lorentz(1905)	40
II	Ondes EM dans le vide et dans la matière	43
1	L'onde électromagnétique dans le vide	44
1.1	Signification des équations de Maxwell dans le vide	45
1.2	Équation d'onde : onde plane	46
1.3	Intensité de l'onde plane dans le vide	49
1.4	Spectre d'ondes planes dans le vide	49
1.5	Polarisation d'une onde plane dans le vide	50
1.6	Application au faisceau laser se propageant dans le vide	57
1.7	Application à la diffraction par un réseau atomique	63
1.8	Potentiels vecteurs et scalaires dans le vide	64
2	Première description de la matière : des charges et des courants	67
2.1	Force de Lorentz	69
2.2	Équations de Maxwell en présence de charges et de courants	69

2.3	Champ électromagnétique et excitation	71
2.4	Milieu matériel linéaire et non linéaire	73
2.5	Equation d'onde, onde plane et spectre d'ondes planes	74
2.6	Ondes planes homogènes et inhomogènes : onde évanescence	75
2.7	Matériaux conducteurs de l'électricité	76
2.8	Énergie électromagnétique dans un matériau	76
2.9	Onde monochromatique plane dans un matériau	78
2.10	Potentiels vecteurs et scalaires dans un matériau	87
2.11	Réflexion, transmission d'une onde dans un matériau	89
2.12	Diffraction par un réseau	98
III Description microscopique de la matière		101
1	Naissance d'une nouvelle physique : le nécessaire quantum d'énergie	102
1.1	Le corps noir et la catastrophe ultraviolette	102
1.2	Effet photoélectrique	110
1.3	Dualité onde-corpuscule : Planck-Einstein-de Broglie	111
2	Modélisation quantique des atomes	113
2.1	Modèle de Rutherford, expérience de Geiger et Marsden	113
2.2	L'atome d'hydrogène : absorption/émission...	115
2.3	Modèle de Bohr	116
2.4	Modèle de Bohr-Sommerfeld	119
2.5	Le modèle de Bohr : imparfait ?	119
3	Principe d'incertitude de Heisenberg (1927)	119
4	Principes de la mécanique quantique	122
5	Observable et hamiltonien	126
6	Résolution de l'équation de Schrödinger	127
6.1	L'atome d'hydrogène	137
6.2	Atome à plusieurs électrons	148
6.3	Tableau de Mendeleïev	153
7	Interactions interatomiques	156
7.1	Molécules	157
7.2	Molécule homonucléaire A_2	161
7.3	Molécule hétéronucléaire AB	163
7.4	Liaison dipolaire	164
7.5	Agrégats d'atomes et cristaux	167
7.6	Interaction de Van der Waals	172
8	Structures atomiques	173
8.1	Structures cristallines	173
8.2	Structure non compacte	177
8.3	Structures non ordonnées	179
8.4	Notion de non-stoechiométrie	180
8.5	Réseau réciproque	180
IV Propriétés des matériaux		189
1	Propriétés électroniques, optiques et magnétiques	190
1.1	Milieux linéaires	190
1.2	Modèle de Lorentz : interprétation et confrontation avec la réalité	191

1.3	Milieux non magnétiques et indice optique	196
1.4	Diélectriques	198
1.5	Métaux	201
1.6	Semiconducteur	219
1.7	Polarisation de la matière	224
2	Propriétés magnétiques	245
2.1	Diamagnétisme	246
2.2	Paramagnétisme	247
2.3	Ferromagnétisme, anti-ferromagnétisme	252
3	Propriétés vibrationnelles	253
3.1	Oscillateur harmonique : cas de la molécule diatomique	253
3.2	Vibrations moléculaires : degrés de liberté	255
3.3	Vibrations dans un cristal	257
4	Propriétés thermiques	267
4.1	Capacité thermique	267
4.2	Transfert de chaleur	271
5	Propriétés mécaniques	273
5.1	Élasticité	274
5.2	Plasticité	276
5.3	Anisotropie du matériau	277
V	Méthodes de caractérisation basées sur l'IMR	279
1	Diffusion élastique	280
1.1	Diffusion Rayleigh	281
1.2	Diffraction X	284
2	Diffusion inélastique	287
2.1	Diffusion des neutrons	288
2.2	Effet photoélectrique	288
2.3	Diffusion Compton	289
3	Spectroscopie	289
3.1	Spectroscopie électronique	290
3.2	Spectroscopie vibrationnelle	291
3.3	Spectroscopie de résonance	296
3.4	Spectroscopie Auger, spectroscopie de fluorescence X	297
A	Annexe mathématique	299
1	Trigonométrie	299
2	Nombres complexes	300
3	Fonctions hyperboliques	302
4	Fonction périodique, translation de fonction	302
5	Calcul d'intégrale	302
6	La gaussienne	303
7	Vecteur, base, orthogonalité, opérateurs	305
8	Systèmes de coordonnées orthonormales utiles	306
9	Opérateurs linéaires	308
9.1	Gradient	309
9.2	Divergence	309

9.3	Rotationnel	309
9.4	Laplacien	310
9.5	Propriétés (formulaire)	311
10	Séries de Fourier, transformées de Fourier	312
10.1	Série de Fourier	312
10.2	Transformée de Fourier	314
11	Lagrangien, hamiltonien et impulsion	319
11.1	Équations du mouvement	319
11.2	Grandeurs conjuguées, hamiltonien	320
11.3	Particule dans un champ électromagnétique	321
B Propriétés des matériaux		323
Bibliographie		329
Index		330