

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. Potentiels statiques avec sources	7
1.1. Équation de Poisson	7
1.2. Méthode des charges images	13
1.2.1. Propriétés générales	13
1.2.2. Charge ponctuelle à proximité d'un plan conducteur	13
1.2.3. Charge ponctuelle à proximité d'une sphère conductrice	21
1.2.4. Dipôle à proximité d'une sphère conductrice	29
1.2.5. Ligne de charges infinie à proximité d'un plan	32
1.2.6. Ligne de charges infinie à proximité d'un conducteur cylindrique	33
1.3. Fonction de Green	39
1.3.1. Position du problème	39
1.3.2. Solutions de l'équation de Poisson	40
1.3.3. Théorème de Green	41
1.3.4. Laplacien inverse et fonction de Green	42
1.3.5. Dérivation de la fonction de Green par la transformée de Fourier	44
1.4. Forme intégrale de l'équation de Poisson	46
1.5. Développement de la fonction de Green en harmoniques sphériques	48
1.6. Fonction de Green-Dirichlet à partir de son équation différentielle	55
1.7. Méthode des fonctions propres	61

Chapitre 2. Phénomènes d'induction électromagnétique	65
2.1. Faits expérimentaux	65
2.2. F.é.m pour les champs statiques (cas de Lorentz)	72
2.3. Champ magnétique variable (cas de Neumann)	78
2.3.1. Mouvement par rapport au repère fixe $Oxyz$	78
2.3.2. Mouvement par rapport au repère mobile $O'x'y'z'$ attaché au circuit	80
2.3.3. Équation de Maxwell-Faraday	81
2.4. Cas général d'un circuit déformable	82
2.4.1. Champ électromoteur et force électromotrice d'induction	82
2.4.2. Loi de Faraday	83
2.5. Équation de Maxwell-Ampère et courant de déplacement	88
2.6. Force de Lorentz et moment canonique	92
2.7. Équations de Maxwell	94
2.8. Transformations de jauge	95
Chapitre 3. Ondes électromagnétiques dans le vide	101
3.1. Équations d'onde dans le vide	101
3.2. Solutions à une dimension	104
3.3. Structure d'une onde électromagnétique plane	107
3.4. Ondes planes progressives monochromatiques ou harmoniques	110
3.4.1. Solutions sinusoïdales de l'équation de propagation de d'Alembert	110
3.4.2. Représentation complexe des OPPM	117
3.4.3. Polarisation d'une OPPM	119
3.5. Interférences lumineuses	131
3.6. Ondes sphériques TE et TM	139
Chapitre 4. Énergies électromagnétiques	143
4.1. Énergie stockée dans une distribution chargée	143
4.1.1. Énergie potentielle électrostatique d'une distribution de charges ponctuelles	144
4.1.2. Énergie électrostatique d'une distribution chargée continue	149
4.1.3. Énergie stockée dans le champ électrique	153
4.1.4. Énergie d'interaction électrostatique entre deux champs	157
4.2. Actions électrostatiques sur un conducteur en équilibre	160
4.2.1. Notions de mécanique du solide	160
4.2.2. Actions électrostatiques à partir de l'énergie électrostatique	162
4.3. Actions magnétiques	165
4.3.1. Force de Laplace – Moment de la force de Laplace	165

4.3.2. Moment magnétique d'un circuit fermé dans un champ magnétique constant	167
4.3.3. Expressions des actions à partir de l'énergie magnétique	168
4.4. Action d'un champ magnétique sur un conducteur : magnétorésistance	170
4.5. Inductances magnétiques	173
4.5.1. Formule de Neumann	173
4.5.2. Matrice d'inductance	177
4.5.3. Couplage par induction mutuelle	182
4.6. Énergie électromagnétique	191
4.6.1. Énergie magnétique d'un ensemble de n circuits filiformes	191
4.6.2. Énergie magnétique d'une distribution volumique de courant	191
4.6.3. Théorème de Poynting	197
4.6.3.1. Forme intégrale du théorème de Poynting	198
4.6.3.2. Forme différentielle du théorème de Poynting	198
4.7. Tenseur de Maxwell	201
4.7.1. Tenseur de Maxwell pour le champ électrique	201
4.7.2. Tenseur de Maxwell pour le champ magnétique	204
4.7.3. Tenseur de Maxwell pour le champ électromagnétique	206
4.7.4. Valeurs propres du tenseur électromagnétique	207
4.8. Monopôles magnétiques et transformations duales	208

Chapitre 5. Polarisation, milieux polarisés (diélectriques) 213

5.1. Vecteur (champ) de polarisation, charge de polarisation	213
5.2. Champ électrique créé par un diélectrique	216
5.3. Conditions aux limites pour \vec{E} et charge de surface (surfaique) liée	218
5.4. Champ de déplacement électrique	227
5.5. Approche microscopique des milieux diélectriques linéaires	229
5.5.1. Polarisation électronique en régime stationnaire	229
5.5.2. Polarisation électrique en régime variable	233
5.5.3. Polarisation ionique	237
5.5.4. Polarisation d'orientation pour les molécules polaires	238
5.6. Conditions aux limites pour le champ \vec{D}	244
5.7. Courant de polarisation	258
5.8. Relations de Kramers-Kröning	259

Chapitre 6. Aimantation, milieux magnétisés 267

6.1. Champ magnétique créé par un milieu aimanté : description macroscopique	267
6.1.1. Vecteur (champ) aimantation	267

6.1.2. Courant magnétique	270
6.1.3. Potentiel vecteur et champ magnétique macroscopique	272
6.1.4. Vecteur d'excitation magnétique \vec{H}	274
6.1.5. Conditions aux limites pour les champs \vec{B} et \vec{H}	275
6.2. Description microscopique de l'aimantation	285
6.2.1. Position du problème	285
6.2.2. Diamagnétisme	286
6.2.3. Paramagnétisme	292
6.2.3.1. Modèle de Langevin	292
6.2.3.2. Apport de la mécanique quantique	295
6.2.3.3. Paramagnétisme à champ moléculaire	297
6.2.4. Ferromagnétisme	298
6.3. Relations constitutives	301
6.3.1. Milieu linéaire	301
6.3.2. Calcul de l'aimantation induite	302
6.3.3. Calcul de \vec{H} et \vec{B} pour un milieu aimanté (\vec{M} connue)	311
6.4. Méthode des images	317
6.4.1. Image du moment magnétique dans un milieu infiniment perméable	317
6.4.2. Image d'une ligne de courant	318
6.5. Champ magnétique et force	322

Chapitre 7. Champs électromagnétiques dans la matière 331

7.1. Équations de Maxwell	331
7.2. Conservation de l'énergie	339
7.2.1. Énergie électrostatique stockée dans une distribution chargée	339
7.2.2. Vecteur de Poynting	340
7.2.3. Quantité de mouvement et tenseur des contraintes de Maxwell	344
7.2.4. Théorème de Poynting complexe	346
7.3. Potentiels électromagnétiques	349
7.4. Onde plane dans un milieu matériel	350
7.4.1. Onde plane dans un diélectrique linéaire et isotrope	351
7.4.2. Onde électromagnétique dans un milieu conducteur	361
7.4.3. Propagation d'une onde électromagnétique dans un plasma	366
7.4.4. Propagation dans un milieu diélectrique	370
7.5. Milieux dispersifs	377
7.5.1. Propagation dans un milieu dispersif et absorbant	379
7.5.2. Propagation dans un milieu transparent et inhomogène	382
7.6. Incidence normale sur un conducteur parfait	387
7.7. Incidence normale sur un diélectrique	388
7.7.1. Diélectrique sans pertes (parfait)	388
7.7.2. Diélectrique avec pertes (avec conductivité ohmique)	390

7.7.3. Transmission complète d'un signal à travers un revêtement	391
7.8. Incidence oblique d'une onde plane	393
7.8.1. Incidence oblique sur un conducteur parfait	398
7.8.1.1. Champ \vec{E} parallèle à l'interface (onde TE)	398
7.8.1.2. Champ \vec{H} parallèle à l'interface (onde TM)	400
7.8.2. Incidence oblique sur un diélectrique parfait	401
7.8.2.1. Champ \vec{E} parallèle à l'interface (onde TE)	401
7.8.2.2. Champ \vec{H} parallèle à l'interface (onde TM)	403
7.8.2.3. Angle de Brewster	404
7.8.2.4. Angle d'incidence maximum et angle critique	405
7.8.2.5. Coefficients de réflexion et de transmission	406
Bibliographie	411
Index	417
Sommaire de <i>Introduction à l'électrodynamique classique 1</i>	425
Sommaire de <i>Introduction à l'électrodynamique classique 3</i>	427