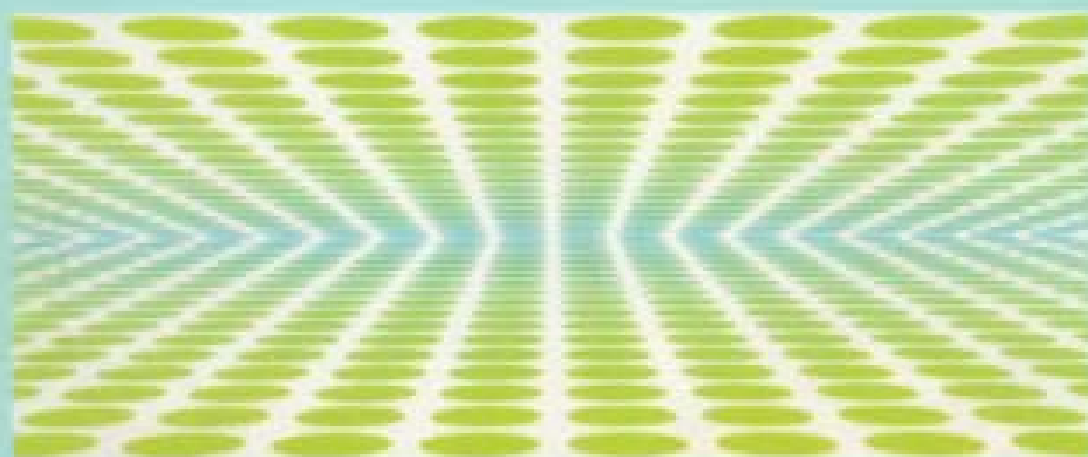


Processus fondamentaux en électromagnétisme dans les milieux matériels

André Moliton



hermes

Lavoisier

Table des matières

Avant-propos	9
Chapitre 1. Les sources du champ électromagnétique ; rayonnement dipolaire et antennes	11
1.1. Introduction.	11
1.2. La jauge de Lorentz ; les potentiels retardés	13
1.2.1. La jauge de Lorentz.	13
1.2.2. Equation de propagation des potentiels ; potentiels retardés	19
1.3. Champ produit à grande distance par un dipôle	22
1.3.1. Expression du potentiel vecteur $\vec{A}$ généré par un domaine $\mathcal{D}$	22
1.3.2. Expression du champ électromagnétique dans la zone de rayonnement ($r \gg \lambda$).	24
1.3.3. Puissance rayonnée par un dipôle	26
1.4. Antennes	29
1.4.1. Principe : cas d'une antenne courte : $\ell \ll \lambda$	29
1.4.2. Généralités sur les divers types d'antennes ; antennes demi-onde et antennes fouet.	33
1.5. Exercice : rayonnement d'une antenne demi-onde.	35
Chapitre 2. Interactions ondes électromagnétiques-matière ; processus de diffusion et d'absorption	41
2.1. Introduction.	41
2.2. Mécanismes de diffusion.	42
2.2.1. Rayonnement diffusé par des particules chargées ; diffusion de Rayleigh	42
2.2.2. Rayonnement par diffusion Rutherford	47

2.3. Rayonnements produits par les charges accélérées ; rayonnement synchrotron ; <i>Bremsstrahlung</i>	51
2.3.1. Rayonnement synchrotron	51
2.3.2. <i>Bremsstrahlung</i> : rayonnement électromagnétique de freinage . .	52
2.4. Processus d'absorption ou d'émission du rayonnement électromagnétique par les atomes ou molécules	52
2.4.1. Position du problème	52
2.4.2. Forme de l'hamiltonien d'interaction	53
2.4.3. Règles de transition	56
2.5. Exercices	65
2.5.1. Exercice 1 : diffusion par des électrons liés	65
2.5.2. Exercice 2 : démonstration de la relation entre éléments de matrice (relation (26) du paragraphe 2.4.3.3).	69
 Chapitre 3. Introduction aux effets non linéaires	73
3.1. Contexte de l'étude	73
3.2. Génération mécanique de la seconde harmonique (traitement 1D) . . .	74
3.2.1. Effet d'un champ optique E^{ω} intense	74
3.2.2. Mise en équation du problème	75
3.2.3. Solution du problème pour les termes de déplacement	78
3.2.4. Solution du problème pour les termes de polarisation	79
3.2.5. Remarques	81
3.3. Effets électro-optiques : les équations de base	82
3.3.1. Excitation à deux pulsations; introduction à l'effet Pockels	82
3.3.2. Les équations de base de l'optique non linéaire	84
3.4. Principe des modulateurs électro-optiques	87
3.4.1. Modulateur de phase	87
3.4.2. Modulateur d'amplitude	90
3.4.3. Le facteur de mérite	91
3.5. Exercices	92
3.5.1. Exercice 1 : susceptibilité de second ordre χ_2 et centrosymétrie des molécules	92
3.5.2. Exercice 2 : étude phénoménologique de l'effet Pockels	93
 Chapitre 4. Les cavités électromagnétiques	99
4.1. Définition	99
4.2. Conditions de résonance d'une cavité ; modes propres de résonance	99
4.3. Les cavités optiques de type Fabry-Perot	101
4.3.1. Généralités. Résonateur de Fabry-Perot	101
4.3.2. Forme du système d'ondes stationnaires. Modes du résonateur . .	102

4.3.3. Raisonnement alternatif : point de vue optique ; interféromètre de Fabry Perot	103
4.4. Formule d'Airy du laser	104
4.5. Modification de l'émission spontanée dans une cavité planaire. Diagramme angulaire.	107
4.6. Microcaviés et structures BIP	109
4.6.1. Exemple de quelques effets de taille.	109
4.6.2. Structures à bandes interdites photoniques (BIP)	109
4.7. Microcavités utilisant les modes de galerie	113
4.7.1. Généralités	113
4.7.2. Principe	114
4.7.3. Equations de base caractéristiques des modes de galerie	115
4.7.4. Durée de vie des photons. Extraction du rayonnement	117
4.8. Exercice	118

Chapitre 5. Particules dans les champs électromagnétiques ; optique

ionique et électronique	123
5.1. Mécanique des particules dans un champ électromagnétique	123
5.1.1. Rappels de mécanique	123
5.1.2. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou magnétique.	125
5.2. Optique ionique ou électronique ; lentille électrostatique.	132
5.2.1. Analogie de l'indice de réfraction : réfraction des trajectoires d'une particule chargée placée dans une succession de zones équipotentielles	132
5.2.2. Détermination pratique des surfaces équipotentielles (et donc des lignes de champ)	135
5.2.3. Focalisation des trajectoires à l'aide d'une lentille électrostatique à symétrie axiale (générant un champ radial)	136
5.2.4. Lentille électrostatique à symétrie de révolution (générant un champ électrique qui présente une composante radiale et longitudinale).	140
5.2.5. Equation de la trajectoire dans une lentille électrostatique.	144
5.2.6. Focale d'une lentille à trois électrodes (dont le champ présente une composante radiale et longitudinale).	146
5.3. Exercices	148
5.3.1. Exercice 1 : étude mathématique d'une cycloïde	148
5.3.2. Exercice 2 : action d'un champ croisé $\vec{E} \times \vec{B}$ sur une particule de charge q	150
5.3.3. Exercice 3 : mouvement d'une particule dans un champ B uniforme	155

Chapitre 6. Processus électromagnétiques appliqués à la conception

d'un grand appareil : cas d'un accélérateur d'ions	163
6.1. Introduction : principe général et exemple de conception globale d'une machine d'implantation	163
6.2. Description de la mise en forme du faisceau ionique	165
6.2.1. Description globale	165
6.2.2. Description de la répartition des hautes tensions	166
6.2.3. Le filtre de Wien	168
6.2.4. Le piège à neutre	171
6.2.5. Le balayage	172
6.2.6. Détermination du nombre d'ions implantés. Cage de Faraday . .	173
6.2.7. Généralités sur les mécanisme de production des ions	174
6.2.8. Forme de la décharge électrique	177
6.3. Source d'ions de type ECR (« à résonance cyclotronique »)	179
6.3.1. Principe de fonctionnement d'une source ECR	179
6.3.2. Effets du champ magnétique sur le parcours et le confinement des électrons ; augmentation du rendement d'ionisation	181
6.4. Exercice	185
 Bibliographie	 195
 Index	 197