

# SOMMAIRE

<b>CHAPITRE I: Equations fondamentales de l'électromagnétisme</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Bilan des relations en régime statique</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Régime dynamique</b> .....	<b>11</b>
2.1 Loi d'induction de Faraday.....	11
2.2 Théorème de Gauss.....	11
2.3 Champ magnétique à flux conservatif.....	11
2.4 Généralisation du théorème d'Ampère.....	12
2.5 Equations de Maxwell dans le vide.....	14
<b>3. Les potentiels et la jauge de Lorentz.</b> .....	<b>20</b>
3.1 Equation au potentiel vecteur.....	21
3.2 Equation au potentiel scalaire.....	21
3.3 Jauge de Lorentz.....	21
3.4 Remarques.....	22
<b>4. Equations de Maxwell dans les milieux matériels</b> .....	<b>23</b>
4.1 Milieux diélectriques-milieux magnétiques.....	23
4.2 Milieux simples.....	25
4.3 Milieux quelconques.....	26
<b>5. Régime harmonique</b> .....	<b>27</b>
5.1 Importance de la notation complexe en régime harmonique.....	27
5.2 Equations de Maxwell en régime harmonique.....	30
5.3 Onde non harmonique.....	30
<b>6. Aspect énergétique</b> .....	<b>31</b>
6.1 Vecteur de Poynting et flux sortant à travers une surface.....	31
6.2 Puissance cédée aux charges.....	31
6.3 Equation de conservation de l'énergie électromagnétique.....	32
<b>7. Exercices corrigés</b> .....	<b>33</b>
<b>CHAPITRE II : Equations de propagation des ondes dans le vide et loin des sources</b> .....	<b>53</b>
<b>1. Equations de propagation</b> .....	<b>54</b>
1.1 Equation de propagation pour le champ électrique.....	54
1.2 Equation de propagation pour le champ magnétique.....	54
1.3 Equation de propagation pour le potentiel vecteur.....	55
1.4 Equation de propagation pour le potentiel scalaire.....	55
<b>2. Modèle de l'onde plane</b> .....	<b>56</b>
2.1 Définition.....	56

2.2	Résolution de l'équation de d'Alembert.....	56
2.3	Interprétation de la solution obtenue.....	58
2.4	Onde stationnaire.....	59
2.5	Caractéristiques d'une OPP en régime variable quelconque.....	61
2.6	Ondes sphérique.....	63
<b>3.</b>	<b>L'onde plane monochromatique (OPPM) .....</b>	<b>64</b>
3.1	Description.....	64
3.2	Notation complexe et phaseur.....	65
3.3	Caractéristiques d'une OPPM .....	68
3.4	Vitesse de phase et vitesse de groupe.....	69
3.5	Aspect énergétique.....	72
3.6	Polarisation d'une OPPM.....	77
<b>4.</b>	<b>Ondes planes inhomogènes.....</b>	<b>87</b>
<b>5.</b>	<b>Exercices corrigés.....</b>	<b>89</b>
<b>CHAPITRE III:</b>	<b>Ondes électromagnétiques dans la matière.....</b>	<b>109</b>
<b>1.</b>	<b>Milieux conducteurs .....</b>	<b>109</b>
1.1	Conducteur électrique .....	109
1.2	Ondes monochromatiques dans un milieu conducteur.....	114
1.3	Degré de conductivité.....	118
<b>2.</b>	<b>Milieux diélectriques.....</b>	<b>122</b>
2.1	Aspect intuitif .....	123
2.2	Le modèle de l'électron élastiquement lié.....	124
2.3	Limitation du modèle de l'électron lié.....	133
2.4	Onde électromagnétique dans un milieu diélectrique LHI.....	135
2.5	Notions de propagation des ondes dans les milieux anisotropes.....	139
<b>3.</b>	<b>Notion de plasma.....</b>	<b>143</b>
3.1	Position du problème.....	143
3.2	Equations du mouvement des charges - conductivité complexe.....	144
3.3	Propagation d'une onde dans un plasma.....	146
3.4	Aspect énergétique.....	150
3.5	Application .....	153
3.6	Conclusion.....	154
<b>4.</b>	<b>Exercices corrigés.....</b>	<b>154</b>
<b>CHAPITRE IV:</b>	<b>Réflexion et réfraction des ondes électromagnétiques.....</b>	<b>190</b>
<b>1.</b>	<b>Incidence normale-milieux sans pertes.....</b>	<b>191</b>
1.1	Détermination des coefficients de réflexion et de transmission.....	191
1.2	Aspect énergétique.....	193

<b>2. Incidence oblique-milieux non dissipatifs</b> .....	<b>195</b>
2.1 Lois de la réflexion et de la réfraction - lois de Snell-Descartes .....	196
2.2 Polarisation horizontale.....	198
2.3 Polarisation verticale.....	203
2.4 Réflexion nulle-angle de Brewster.....	208
2.5 Réflexion totale-angle critique.....	210
2.6 Incidence rasante ou quasi-rasante.....	217
<b>3. Milieux dissipatifs</b> .....	<b>218</b>
3.1 Incidence normale.....	219
3.2 Incidence oblique-matériau dissipatif.....	222
<b>4. Réflexion et transmission sur de multiples interfaces</b> .....	<b>225</b>
4.1 Cas de deux interfaces diélectriques.....	225
4.2 Cas de trois interfaces diélectriques.....	232
4.3 Généralisation à $N+1$ interfaces diélectriques.....	233
<b>5. Influence de la réflexion sur la polarisation</b> .....	<b>237</b>
<b>6. Exercices corrigés</b> .....	<b>238</b>
<b>CHAPITRE V: Réflexion en présence de conducteurs- Guides d'ondes et cavités résonantes</b> .....	<b>258</b>
<b>1. Propriétés d'un conducteur parfait</b> .....	<b>258</b>
1.1 Conséquences sur les champs à l'intérieur d'un conducteur.....	258
1.2 Conséquences sur les charges et courant.....	259
1.3 Champ à la surface d'un conducteur parfait .....	259
<b>2. Réflexion en incidence normale sur un conducteur parfait</b> .....	<b>260</b>
2.1 Existence et détermination de l'onde réfléchie.....	260
2.2 Charges et courant à la surface d'un conducteur parfait.....	262
2.3 Aspect énergétique.....	263
2.4 Onde résultante.....	264
2.5 Pression de radiation.....	266
2.6 Cas du conducteur réel.....	267
<b>3. Réflexion en incidence oblique sur un conducteur parfait</b> .....	<b>269</b>
3.1 Polarisation horizontale ou TE.....	269
3.2 Polarisation verticale ou TM.....	273
<b>4. Champ électromagnétique guidé-discrétisation</b> .....	<b>275</b>
4.1 Discrétisation de l'angle d'incidence.....	275
4.2 Relation de dispersion et fréquence de coupure.....	277
4.3 Vitesse de phase et vitesse de groupe dans le guide.....	279
4.4 Aspects énergétiques.....	280

---

<b>5. Principe du guidage</b> .....	<b>282</b>
5.1 Densité surfaciques de charge et de courant sur les nouvelles parois..	282
5.2 Guide d'onde rectangulaire.....	283
<b>6. Cavité résonante rectangulaire</b> .....	<b>295</b>
6.1 Mode $TE^z$ .....	295
6.2 Mode $TM^z$ .....	299
<b>7. Exercices corrigés</b> .....	<b>301</b>
<b>Annexe A : Résolution de l'équation d'onde homogène</b> .....	<b>325</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>332</b>
<b>Annexe B : Eléments d'analyse vectorielle</b> .....	<b>333</b>
<b>Liste des abréviations et symboles</b> .....	<b>339</b>
<b>Index</b> .....	<b>343</b>