

# TABLE DES MATIERES

<b>CHAPITRE I : RAPPELS DE MAGNETOSTATIQUE DU VIDE .....</b>	<b>1</b>
<b>A. COURS.....</b>	<b>1</b>
1. Introduction.....	1
2. Le champ magnétique $\vec{B}$ .....	2
3. Forces magnétiques.....	3
4. Loi de Biot et Savart .....	5
5. Lois fondamentales de la magnétostatique .....	6
6. Loi de Faraday de l'induction .....	7
<b>B. APPLICATIONS.....</b>	<b>8</b>
1 – Roue de Barlow.....	8
2 – Lévitiation magnétique.....	9
3 – Freinage d'un cadre par induction .....	10
4 – Pince ampèremétrique.....	15
5 – Chauffage par courants de Foucault.....	16
<b>C. ENONCES DES EXERCICES DU CHAPITRE I.....</b>	<b>20</b>
<b>D. SOLUTIONS DES EXERCICES DU CHAPITRE I.....</b>	<b>23</b>
I.1 – Force magnétique de Laplace .....	23
I.2 – Champ magnétique créé par un conducteur filiforme .....	23
I.3 – Champ magnétique créé par un conducteur cylindrique .....	25
I.4 – Cavité cylindrique. Principe de superposition .....	27
I.5 – Roue de Barlow. Force électromotrice induite .....	28
I.6 – Oscillations d'une spire carrée.....	31

<b>CHAPITRE II : POTENTIELS MAGNETIQUES .....</b>	<b>33</b>
<b>A. COURS.....</b>	<b>33</b>
1. Introduction.....	33
2. Notion de potentiel-vecteur .....	34
3. Définition du potentiel-vecteur .....	35
4. Equations de Poisson et de Laplace en magnétostatique .....	37
5. Calcul du champ magnétique à l'aide de la loi de Biot et Savard .....	39
6. Comparaison des formules en électrostatique et en magnétostatique....	40
7. Potentiel scalaire magnétique.....	40
<b>B. APPLICATIONS.....</b>	<b>44</b>
1 – Calcul direct du potentiel vecteur $\vec{A}$ créé par un fil rectiligne .....	44
2 – Potentiel vecteur $\vec{A}$ et champ $\vec{B}$ créés par un câble coaxial.....	45
3 – Potentiel vecteur $\vec{A}$ créé par un cylindre creux .....	50
4 – Champ $\vec{B}$ et potentiel vecteur $\vec{A}$ créés par un solénoïde.....	53
5 – Champ $\vec{B}$ et potentiel vecteur $\vec{A}$ créés par un conducteur .....	58
6 – Calcul du champ $\vec{B}$ à partir du potentiel scalaire $\varphi_m$ .....	61
<b>C. ENONCES DES EXERCICES DU CHAPITRE II .....</b>	<b>63</b>
<b>D. SOLUTIONS DES EXERCICES DU CHAPITRE II .....</b>	<b>66</b>
II.1 – Potentiel vecteur $\vec{A}$ créé par un fil rectiligne infini.....	66
II.2 – Champ magnétique $\vec{B}$ et potentiel vecteur $\vec{A}$ créés par deux fils conducteurs parallèles.....	67
II.3 – Champ magnétique $\vec{B}$ et potentiel vecteur $\vec{A}$ créés par un conducteur cylindrique creux .....	69
II.4 – Champ magnétique $\vec{B}$ et potentiel vecteur $\vec{A}$ créés par une boucle circulaire .....	71
II.5 – Potentiel vecteur $\vec{A}$ créé par un disque chargé en rotation .....	76
II.6 – Potentiel magnétique scalaire $\varphi_m$ et excitation magnétique $\vec{H}$ créés par un conducteur rectiligne infini .....	77

<b>CHAPITRE III : DIPÔLE MAGNETIQUE .....</b>	<b>79</b>
<b>A. COURS.....</b>	<b>79</b>
1. Moment (dipolaire) magnétique d'un aimant .....	79
2. Dipôle magnétique .....	80
3. Moment magnétique d'un courant circulaire.....	82
4. Potentiel vecteur d'un courant circulaire.....	85
5. Champ magnétique créé à grande distance par un dipôle magnétique ....	87
6. Actions mécaniques d'un champ magnétique extérieur sur un dipôle magnétique.....	93
7. Energie potentielle d'un dipôle magnétique placé dans un champ magnétique extérieur.....	97
8. Comparaison avec leur dipôle électrostatique.....	98
9. Potentiel magnétique scalaire d'un dipôle magnétique .....	99
<b>B. APPLICATIONS.....</b>	<b>101</b>
1 – Actions mécaniques subies par un dipôle magnétique .....	101
2 – Moment magnétique d'un disque isolant chargé en rotation .....	102
3 – Moment magnétique d'une coquille sphérique chargée en rotation ....	105
4 – Oscillations d'un petit aimant .....	107
5 – Action d'un dipôle magnétique sur un fil conducteur indéfini .....	109
6 – Interactions de deux dipôles magnétiques .....	112
<b>C. ENONCES DES EXERCICES DU CHAPITRE III.....</b>	<b>114</b>
<b>D. SOLUTIONS DES EXERCICES DU CHAPITRE III.....</b>	<b>118</b>
III.1 – Equilibre d'un aimant.....	118
III.2 – Oscillation d'une aiguille aimantée dans un champ magnétique uniforme.....	119
III.3 – Moment magnétique d'une sphère chargée en rotation .....	121
III.4 – Action d'une boucle de courant circulaire sur un dipôle magnétique .....	123
III.5 – Oscillations d'une spire dans le champ magnétique terrestre .....	124
III.6 – Interaction entre deux moments magnétiques.....	126

<b>CHAPITRE IV : MILIEUX AIMANTES .....</b>	<b>128</b>
<b>A. COURS.....</b>	<b>128</b>
1. Champ magnétique en présence de milieux aimantés .....	128
2. Potentiel vecteur créé par un matériau aimanté en un point extérieur .	135
3. Champ magnétique en présence d'un milieu magnétique .....	137
4. Définition du vecteur excitation magnétique $\vec{H}$ .....	138
5. Milieux magnétiques linéaires, homogènes et isotropes.....	139
6. Relations de continuité de $\vec{B}$ et $\vec{H}$ .....	141
7. Energie du champ magnétique.....	145
8. Forces subies par un volume de matière aimantée.....	148
<b>B. APPLICATIONS.....</b>	<b>150</b>
1 – Disque aimanté uniformément le long de son axe .....	150
2 – Disque aimanté uniformément le long de son axe.....	151
3 – Barreau aimanté uniformément le long de son axe.....	152
4 – Réfraction des lignes de champ .....	154
5 – Ascension d'un liquide paramagnétique dans l'entrefer d'un électro-aimant .....	155
6 – Sphère uniformément aimantée .....	156
<b>C. ENONCES DES EXERCICES DU CHAPITRE IV .....</b>	<b>158</b>
<b>D. SOLUTIONS DES EXERCICES DU CHAPITRE IV.....</b>	<b>160</b>
IV.1 – Courants d'aimantation.....	160
IV.2 – Enroulement toroïdal .....	161
IV.3 – Réfraction des lignes de champ magnétique.....	163
IV.4 – Conditions de passage à l'interface de deux milieux magnétiques.....	164
IV.5 – Disque aimanté uniformément selon son axe .....	165

<b>CHAPITRE V : ASPECTS MICROSCOPIQUES DU DIAMAGNETISME ET DU PARAMAGNETISME .....</b>	<b>167</b>
<b>A. COURS.....</b>	<b>167</b>
1. Moments magnétiques de l'atome .....	167
2. Expérience de Stern et Gerlach.....	171
3. Aimantation induite des substances magnétiques linéaires .....	177
4. Théorie du diamagnétisme.....	184
5. Théorie du paramagnétisme.....	203
6. Propriétés électriques et magnétiques des supraconducteurs.....	239
<b>B. APPLICATIONS.....</b>	<b>254</b>
1 – Moment magnétique de l'électron .....	254
2 – Anneau de Rowland.....	256
3 – Bobine torique rempli d'oxygène liquide .....	257
4 – Les vecteurs $\vec{H}$ et $\vec{B}$ ; l'aimantation $\vec{M}$ .....	259
5 – Supraconducteurs de type I.....	260
6 – Expérience de Stern et Gerlach. Quantification spatiale.....	261
<b>C. ENONCES DES EXERCICES DU CHAPITRE V .....</b>	<b>266</b>
<b>D. SOLUTIONS DES EXERCICES DU CHAPITRE V .....</b>	<b>269</b>
V.1 – Expérience de Stern et Gerlach .....	269
V.2 – Modèle simplifié du paramagnétisme .....	270
V.3 – Perméabilité magnétique relative $\mu_r$ . Susceptibilité magnétique	
$\chi_m$ .....	271
V.4 – Bobine torique rempli d'un matériau paramagnétique.....	272
V.5 – Loi de Curie. Susceptibilité paramagnétique .....	273
V.6 – Dénivellation d'un liquide paramagnétique. Energie potentielle	
électromagnétique.....	274
V.7 – Cylindre supraconducteur de type I .....	276

<b>CHAPITRE VI : FERROMAGNETISME.....</b>	<b>277</b>
<b>A. COURS.....</b>	<b>276</b>
1. Matériaux ferromagnétiques .....	278
2. Aimantation d'un milieu ferromagnétique.....	284
3. Courbe de première aimantation .....	286
4. Hystérésis .....	293
5. Pertes d'énergie au cours d'un cycle d'hystérésis .....	295
6. Antiferromagnétisme et ferrimagnétisme .....	298
7. Explication du processus d'aimantation d'un matériau ferromagnétique .....	301
8. Circuits magnétiques .....	303
<b>B. APPLICATIONS.....</b>	<b>311</b>
1 – Anneau de Rowland .....	311
2 – Barreau ferromagnétique.....	313
3 – Champ magnétique dans un matériau ferromagnétique.....	316
4 – Ferromagnétisme. Aimants permanents.....	318
5 – Réductance. Flux magnétique .....	319
<b>C. ENONCES DES EXERCICES DU CHAPITRE V .....</b>	<b>321</b>
<b>D. SOLUTIONS DES EXERCICES DU CHAPITRE VI.....</b>	<b>323</b>
VI.1 – Solénoïde à noyau ferromagnétique .....	323
VI.2 – Courant de démagnétisation.....	324
VI.3 – Aimant permanent.....	324
VI.4 – Noyau ferromagnétique avec entrefer à air.....	325
VI.5 – Anneau de Rowland. Ferromagnétisme.....	327
<b>INDEX.....</b>	<b>329</b>