

Table des matières

<i>Chapitre 1</i> — LA CHARGE ÉLECTRIQUE	1
1.1 La charge électrique	2
1.1.1 Conservation de la charge	3
1.1.2 Quantification de la charge	3
1.2 Loi de Coulomb	6
1.3 Énergie d'un système de charges	10
<i>Chapitre 2</i> — LE CHAMP ÉLECTROSTATIQUE	15
2.1 Le champ électrostatique	15
2.2 Flux du champ électrostatique	19
2.2.1 Définition	19
2.2.2 Angle solide	21
2.2.3 Flux du champ d'une charge ponctuelle à travers une surface élémentaire	25
2.2.4 Théorème de Gauss	26
2.2.5 Conservation du flux dans un tube de champ	27
2.3 Exemples de champs électrostatiques	29
2.3.1 Utilisation du théorème de Gauss	29
2.3.2 Distributions à symétrie sphérique	30
2.3.3 Ligne indéfinie uniformément chargée	32
2.3.4 Discontinuité du champ à la traversée d'une surface chargée	35
2.4 Énergie associée au champ électrostatique	39
<i>Chapitre 3</i> — LE POTENTIEL ÉLECTROSTATIQUE	43
3.1 Différence de potentiel et fonction potentiel	43
3.1.1 Potentiel créé par une charge unique	43
3.1.2 Système de charges ponctuelles	44
3.1.3 Circulation du champ	46
3.1.4 Unités de potentiel et de champ	47
3.1.5 Cas des distributions continues	47

3.2	Exemples de calculs de potentiels électrostatiques	48
3.2.1	Dipôle électrique	48
3.2.2	Disque circulaire de rayon R uniformément chargé	51
3.2.3	Fil rectiligne indéfini uniformément chargé	53
3.2.4	Distributions à symétrie sphérique	54
3.3	Expression de l'énergie et du travail en fonction des potentiels	55
3.3.1	Travail des forces électrostatiques au cours du déplacement d'une charge	55
3.3.2	Expression de l'énergie d'un système de charges	56
3.4	Propriétés de la fonction potentiel	57
3.4.1	Gradient d'une fonction scalaire	57
3.4.2	Application au calcul du champ électrostatique à partir de la fonction potentiel	59
3.4.3	Propriétés de la fonction potentiel	59
3.4.4	Exemples	60
3.5	Relations locales de l'électrostatique	64
3.5.1	L'opérateur divergence	65
3.5.2	L'opérateur laplacien	70
3.5.3	L'opérateur rotationnel (ou curl)	73
3.5.4	Quelques relations entre opérateurs	78
3.5.5	Autre notation des opérateurs différentiels	79
3.5.6	Résumé des relations locales de l'électrostatique du vide	79
3.5.7	Résumé des théorèmes de calcul vectoriel	80
Chapitre 4 — LES CONDUCTEURS EN ÉLECTROSTATIQUE		81
4.1	Propriétés générales des conducteurs en électrostatique	81
4.1.1	Conducteurs et isolants	81
4.1.2	Étude de la matière conductrice	83
4.1.3	Champ à l'extérieur d'un conducteur	86
4.1.4	Phénomènes d'influence	89
4.2	Théorèmes généraux de l'électrostatique et méthodes d'étude des systèmes de conducteurs	95
4.2.1	Superposition des états d'équilibre	96
4.2.2	Unicité de la solution	97
4.2.3	Écrans électriques	98
4.2.4	Méthode des images électriques, métallisation des surfaces équipotentiels	100
4.3	Énergie d'un système de conducteurs, forces subies par les conducteurs	103
4.3.1	Expression de l'énergie d'un système de conducteurs	103
4.3.2	Calcul des forces électrostatiques s'exerçant sur les conducteurs	105
4.4	Condensateurs	109
4.4.1	Capacités et coefficients d'influence	110
4.4.2	Condensateurs	113

**Chapitre 5 — LE COURANT ÉLECTRIQUE
ET LES INTERACTIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES . . . 121**

- 5.1 Le courant électrique 121
 - 5.1.1 Transport de charges dans les conducteurs 121
 - 5.1.2 Densité de courant 122
 - 5.1.3 Propriétés du champ de vecteurs densité de courant 124
 - 5.1.4 Unités d'intensité et de densité de courant 128
- 5.2 Les interactions électromagnétiques 129
 - 5.2.1 Mise en évidence expérimentale 129
 - 5.2.2 Le champ électromagnétique 131
- 5.3 Action d'un champ magnétique sur un courant 135
 - 5.3.1 Conducteur filiforme 135
 - 5.3.2 Effet Hall 136
- 5.4 Loi d'Ohm 139
 - 5.4.1 Expression locale de la loi d'Ohm 139
 - 5.4.2 Étude d'un tube de courant élémentaire en régime permanent 146
 - 5.4.3 Système quelconque de conducteurs en régime permanent . . 151

Chapitre 6 — LOIS FONDAMENTALES DE LA MAGNÉTOSTATIQUE. 163

- 6.1 Propriétés fondamentales du champ magnétique 163
 - 6.1.1 Le champ d'induction magnétique est à flux conservatif . . 163
 - 6.1.2 Le vecteur champ d'excitation magnétique et le théorème d'Ampère 164
 - 6.1.3 Le potentiel vecteur magnétique 167
 - 6.1.4 Loi de Biot et Savart 170
 - 6.1.5 Potentiel scalaire magnétique, dipôle magnétique 172
- 6.2 Exemples de calculs de champs magnétiques 176
 - 6.2.1 Théorème d'Ampère 176
 - 6.2.2 Exemples 178
 - 6.2.3 Discontinuité du champ d'excitation magnétique à la traversée d'une nappe de courant de densité superficielle \vec{j}_s 183
 - 6.2.4 Champ électromagnétique d'une charge en mouvement . . . 184
- 6.3 Interactions magnétiques des circuits filiformes 186
 - 6.3.1 Travail des forces magnétiques 187
 - 6.3.2 Énergie magnétostatique 189
 - 6.3.3 Interaction magnétostatique de deux circuits, coefficient de mutuelle induction 192

**Chapitre 7 — LES PHÉNOMÈNES D'INDUCTION ÉLECTRO-
MAGNÉTIQUES, LES ÉQUATIONS DE MAXWELL . . . 199**

- 7.1 Le champ électromoteur d'induction 199
 - 7.1.1 Introduction 199

7.1.2	La relation de Maxwell-Faraday	201
7.1.3	Exemples d'application	206
7.2	Expressions générales des lois de l'électromagnétisme	209
7.2.1	Le courant de déplacement	209
7.2.2	Les équations de Maxwell	210
7.3	L'approximation des états quasi stationnaires	211
7.3.1	Les phénomènes de propagation	211
7.3.2	Conditions de l'approximation des états quasi stationnaires	213
7.3.3	Les circuits dans l'A.E.Q.S.	214
7.3.4	Régimes transitoires des circuits	219
7.4	L'énergie magnétique	226
7.4.1	Énergie magnétique d'un circuit	226
7.4.2	Système quelconque de courants	228
7.4.3	Localisation de l'énergie magnétique, énergie du champ électromagnétique	232
Chapitre 8 — LES RÉSEAUX LINÉAIRES DANS L'APPROXIMATION DES ÉTATS QUASI STATIONNAIRES		237
8.1	Définitions	237
8.1.1	Réseau	237
8.1.2	Éléments linéaires	239
8.2	Équations générales des réseaux	241
8.2.1	Lois de Kirchoff	241
8.2.2	Régime transitoire et régime entretenu d'un réseau	244
8.2.3	Théorème de superposition des régimes entretenus	245
8.3	Étude des régimes sinusoïdaux	246
8.3.1	Définitions	246
8.3.2	Représentation complexe	248
8.3.3	Résonance	256
8.3.4	Théorème de Thévenin	259
8.3.5	Puissance	262
Appendice — VECTEURS ET PRINCIPE DE SYMÉTRIE		269
A.1	Propriétés générales des vecteurs	269
A.1.1	Définitions	269
A.1.2	Notation vectorielle	270
A.1.3	Égalité de deux vecteurs, multiplication par un scalaire	271
A.1.4	Addition vectorielle	271
A.1.5	Dérivée d'un vecteur par rapport à une variable	272
A.2	Produits de vecteurs	275
A.2.1	Produit scalaire	276
A.2.2	Produit vectoriel	281
A.2.3	Doubles produits de vecteurs	284

A.3	Les vecteurs dans un système de coordonnées cartésiennes	286
A.3.1	Expression du produit scalaire	287
A.3.2	Expressions du produit vectoriel et du produit mixte	288
A.3.3	Quelques relations vectorielles	288
A.4	Champs de vecteurs	289
A.4.1	Définitions	289
A.4.2	Lignes de forces	289
A.5	Le principe de symétrie et ses applications	292
A.5.1	Les opérations de symétrie	292
A.5.2	Exemple d'application	295
A.5.3	Homogénéité des relations vectorielles	296