

# LECTRICITÉ

FASCICULE I

ÉLECTROSTATIQUE  
MAGNÉTOSTATIQUE  
ÉLECTROMAGNÉTISME  
PHÉNOMÈNES QUASI-STATIONNAIRES

PAR

M. ROUAULT

AVEC LA COLLABORATION  
DE

P. MERGAULT

COURS A L'USAGE DE LA LICENCE



COURS DE PHYSIQUE  
A L'USAGE DE LA LICENCE

---

---

# ÉLECTRICITÉ

par

**Marcel ROUAULT**

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris  
(Centre d'Orsay)



*Avec la collaboration pour les exercices de*

**Pierre MERGAULT**

Maître de Recherche au C.N.R.S.  
Maître-Assistant à la Faculté des Sciences de Paris



**A.53-180 F.1 EX.2**

FASCICULE I

---

---

DEUXIÈME ÉDITION REVUE ET CORRIGÉE

**MASSON & C<sup>ie</sup>, Éditeurs,**  
120, boul. Saint-Germain, PARIS-VI<sup>e</sup>

1967

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
--------------------	---

## *Préliminaires mathématiques*

CHAPITRE PREMIER. — <i>Notions de calcul vectoriel.</i> .....	1
1. — Scalars et vecteurs .....	1
2. — Opérations sur les vecteurs .....	3
3. — Champs scalaires ou vectoriels .....	6
4. — Opérateurs différentiels .....	6
5. — Intégrales vectorielles .....	10

## PREMIÈRE PARTIE.

### *Électrostatique*

CHAPITRE II. — <i>Le champ électrique.</i> .....	13
1. — Charges électriques .....	13
2. — Champ électrique .....	17
3. — Potentiel électrique .....	19
4. — Relation champ-potentiel .....	20
5. — Propriétés du champ électrique .....	21
<i>Exercices</i> .....	21
CHAPITRE III. — <i>Équations du champ électrique.</i> .....	24
1. — Théorème de GAUSS .....	24
2. — Induction électrostatique .....	26
3. — Equations locales du champ électrique.....	27
4. — Conditions de passage .....	28
5. — Couches superficielles. Origine du potentiel .....	29
<i>Exercices</i> .....	30
CHAPITRE IV. — <i>Énergie électrostatique.</i> .....	33
1. — Equilibre d'une charge électrique. Théorème d'EARNshaw .....	33
2. — Forces électrostatiques agissant sur une distribution continue de charges électriques .....	33
3. — Travail des forces électrostatiques .....	34
4. — Energie électrostatique d'une distribution continue de charges .....	35
5. — Energie électrostatique d'un gaz de particules.....	37
6. — Localisation de l'énergie électrostatique .....	37
7. — Conditions d'équilibre d'un système électrostatique.....	38
<i>Exercices</i> .....	39

CHAPITRE V. — <i>Étude de distribution de charges électriques.</i>	42
1. — Le dipôle électrique .....	42
2. — Champ produit à grande distance par un ensemble de charges électriques. Moments de multipôles. ....	44
3. — Energie et système de forces dans un champ extérieur .....	46
<i>Exercices</i> .....	48
CHAPITRE VI. — <i>Conducteurs.</i> .....	51
1. — Notions sur l'interprétation corpusculaire de l'électrisation .....	51
2. — Equilibre d'un conducteur .....	52
3. — Equilibre d'un système de conducteurs .....	55
<i>Exercices</i> .....	59
CHAPITRE VII. — <i>Problème de l'équilibre des conducteurs.</i> ....	61
1. — Méthode des images électriques .....	61
2. — Méthode de séparation des variables .....	62
3. — Méthode des fonctions analytiques des variables complexes .....	63
4. — Méthodes numériques à deux variables .....	63
5. — Relation entre charges et potentiels dans un système de conducteurs en équilibre .....	69
6. — Propriétés de la matrice des $C_{ij}$ .....	70
7. — Condensateurs .....	72
8. — Energie d'un système de conducteurs .....	73
9. — Calcul des forces électrostatiques entre conducteurs .....	75
<i>Exercices</i> .....	76
DEUXIÈME PARTIE.	
<i>Magnétostatique</i>	
INTRODUCTION .....	82
CHAPITRE VIII. — <i>Le courant électrique.</i> .....	84
1. — Généralités .....	84
2. — Vecteur densité de courant .....	85
3. — Champ et courant électrique dans un conducteur homogène .....	86
4. — Distribution des courants et du potentiel dans un conducteur homogène .....	87
5. — Loi d'OHM .....	88
6. — Générateurs .....	90
<i>Exercices</i> .....	92
CHAPITRE IX. — <i>Le champ magnétique.</i> .....	94
1. — Actions mutuelles de deux courants (actions électrodynamiques d'Ampère) .....	94
2. — Induction magnétique .....	97
3. — Potentiel-vecteur .....	99
4. — Propriétés du pseudo-vecteur induction magnétique B .....	101
<i>Exercices</i> .....	102
CHAPITRE X. — <i>Excitation du champ magnétique.</i> .....	105
1. — Equation de POISSON du potentiel-vecteur .....	105

2. — Relation de Maxwell-Ampère. Pseudo-vecteur excitation magnétique .....	105
3. — Théorème d'Ampère .....	106
4. — Champ produit par un circuit fermé. Potentiel pseudo-scalaire magnétique .....	107
5. — Propriétés des nappes de courant .....	108
6. — Dipôles magnétiques .....	110
7. — Champ à grande distance d'une distribution volumique de courants-sources .....	111
<i>Exercices</i> .....	112
<b>CHAPITRE XI. — Forces et travail dans le champ magnétique.</b> .....	115
1. — Forces magnétiques .....	115
2. — Travail des forces magnétiques lors du déplacement d'un circuit ..	116
3. — Systèmes des forces magnétiques agissant sur un circuit placé dans un champ .....	118
4. — Induction mutuelle de deux circuits .....	119
5. — Interactions de deux ou plusieurs circuits .....	121
<i>Exercices</i> .....	122
TROISIÈME PARTIE.	
<b>Électromagnétisme. Phénomènes quasi-stationnaires</b>	
INTRODUCTION .....	125
<b>CHAPITRE XII. — Induction électromagnétique.</b> .....	127
1. — Lois qualitatives de l'induction (Faraday, 1839) .....	127
2. — Forces électromotrice d'induction dans un circuit mobile dans un champ fixe .....	128
3. — Lois quantitatives de l'induction .....	130
4. — Calcul d'une <i>f.é.m.</i> d'induction .....	132
<i>Exercices</i> .....	133
<b>CHAPITRE XIII. — Énergie électromagnétique.</b> .....	136
1. — Énergie d'un système de courants .....	136
2. — Localisation de l'énergie magnétique .....	138
3. — Expression de l'énergie magnétique des circuits .....	139
<i>Exercices</i> .....	140
<b>CHAPITRE XIV. — Les circuits oscillants.</b> .....	142
1. — Régime propre d'un circuit .....	142
2. — Énergie d'un circuit oscillant non amorti .....	144
3. — Circuits oscillants couplés .....	145
<i>Exercices</i> .....	147
<b>CHAPITRE XV. — Le courant alternatif.</b> .....	149
1. — Généralités .....	149
2. — Méthodes d'étude des courants alternatifs .....	149
3. — Étude du régime sinusoïdal forcé d'un circuit .....	151

4. — Circuits résonnant et antirésonnant .....	154
5. — Puissance d'un courant alternatif .....	156
6. — Courants de Foucault .....	158
<i>Exercices</i> .....	160
<b>CHAPITRE XVI. — Réseaux électriques.</b> .....	161
1. — Définition et méthodes générales d'étude .....	161
2. — Lois de Kirchhoff .....	161
3. — Résolution des équations de Kirchhoff .....	163
4. — Théorèmes généraux .....	165
5. — Quadripôles .....	168
6. — Calcul de quadripôles .....	170
7. — Filtres .....	172
<i>Exercices</i> .....	175
<b>CHAPITRE XVII. — Notions de courant alternatif industriel.</b> ..	183
1. — Transformateurs .....	183
2. — Etude du transformateur par la méthode des quadripôles .....	185
3. — Usages des transformateurs .....	186
4. — Réalisation d'un transformateur .....	187
5. — Les courants polyphasés .....	188
6. — Transport d'énergie en triphasé .....	190
7. — Champ tournant .....	191
<i>Exercices</i> .....	195
<b>Réponses aux exercices.</b> .....	1

