

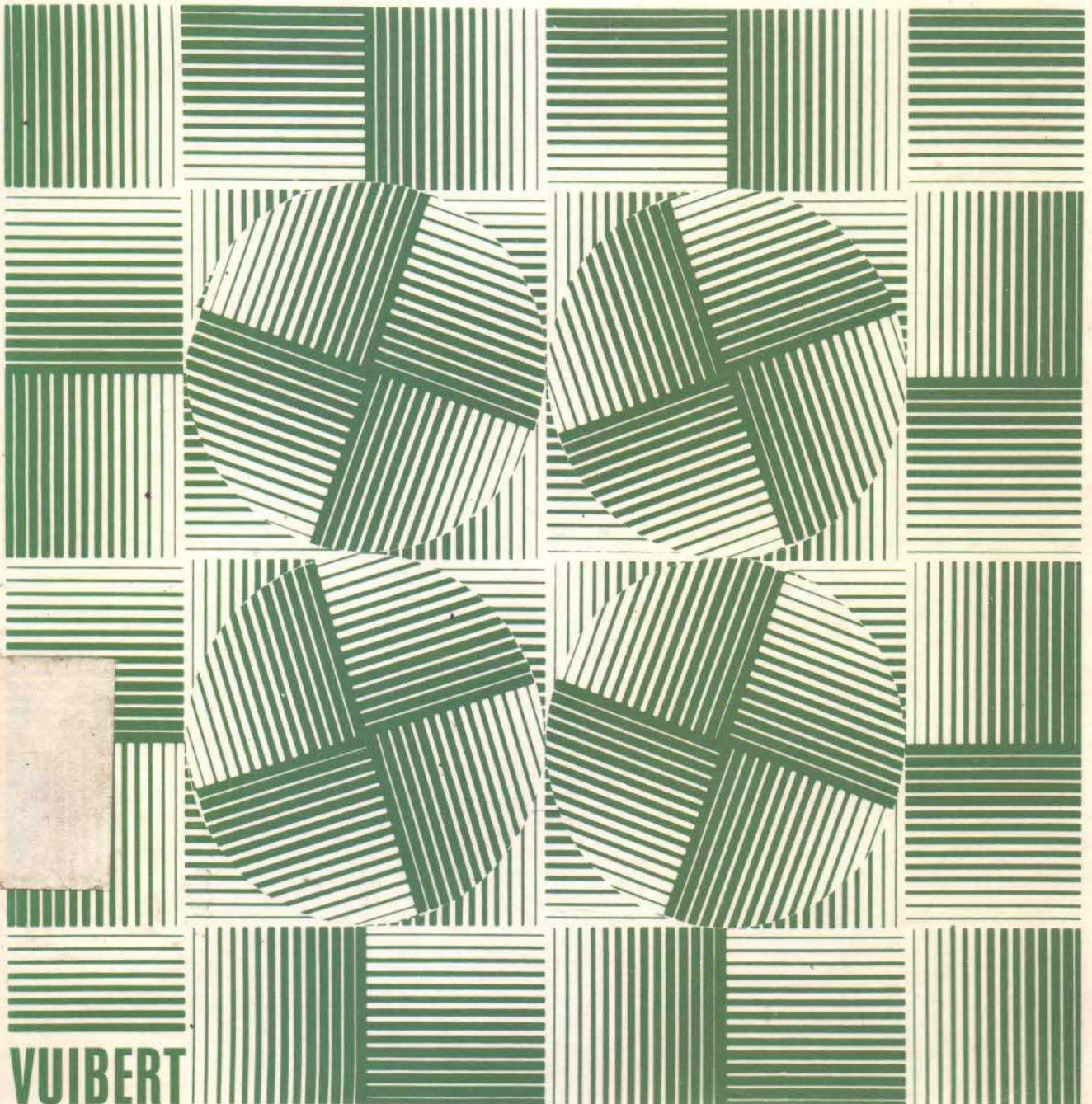
Annequin et Boutigny

Cours de Physique

Préparation aux grandes
Écoles scientifiques

Premier cycle universitaire

ÉLECTRICITÉ 2 mathématiques spéciales



VUIBERT

Table des matières

RELATIVITÉ RESTREINTE

CHAPITRE 1 : CINÉMATIQUE RELATIVISTE.

1.1.	— Retour sur la cinématique classique	19
1.2.	— Expériences de Michelson	21
1.3.	— La transformation spéciale de Lorentz	24
1.4.	— Le quadrivecteur espace-temps	27
1.5.	— La contraction des longueurs	29.
1.6.	— Dilatation des durées et temps propre	30
1.7.	— Transformation du vecteur vitesse	31
1.8.	— Le quadrivecteur vitesse propre	33
1.9.	— Le quadrivecteur courant	33

APPLICATIONS.

1.10.	— Aberration de la lumière des étoiles	35
1.11.	— Effet Döppler	36
1.12.	— Expériences de Fizeau	39
	<i>Exercices</i>	41

CHAPITRE 2 : DYNAMIQUE RELATIVISTE.

2.1.	— Rappels et postulat	47
------	-----------------------------	----

CAS D'UNE PARTICULE LIBRE.

2.2.	— Le lagrangien de la particule	48
2.3.	— L'énergie de la particule	49
2.4.	— Le quadrivecteur impulsion-énergie	50

CAS D'UNE PARTICULE UNIQUE SOUMISE A DES ACTIONS EXTÉRIEURES.

2.5.	— Les équations de Lagrange de la particule. Conséquences	52
2.6.	— Le quadrivecteur force	55
2.7.	— Particule chargée dans un champ électrique	56
2.8.	— Particule chargée dans un champ magnétique	59

SYSTÈME DE PARTICULES ISOLÉ.

2.9.	— Propriétés	62
2.10.	— Problème des chocs	63
2.11.	— Effet Compton	64
2.12.	— Le référentiel barycentrique	67
2.13.	— Étude d'un choc inélastique	68
	<i>Exercices</i>	70

ÉLECTROMAGNÉTISME DANS LE VIDE

CHAPITRE 3 : CHARGE ÉLECTRIQUE DANS UN CHAMP ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

3.1.	— Premiers postulats de l'électromagnétisme	75
3.2.	— Les équations de Lagrange de la particule	76
3.3.	— Le premier couple d'équations de Maxwell	78
	<i>Exercice</i>	79
3.4.	— Notions de force électromotrice et de champ électromoteur	80
	<i>Exercice</i>	81
3.5.	— Relation entre le quadrivecteur force et le quadrivecteur vitesse ...	83
3.6.	— Changement de référentiel	84
3.7.	— Le champ électrique dans le référentiel mobile	86
	<i>Exercice</i>	88

CHAPITRE 4 : LES PROPRIÉTÉS DU CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES.

4.1.	— Le vecteur courant. L'intensité	91
4.2.	— Les équations de Maxwell	93
	<i>Exercices</i>	95

LE CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE CONSTANT.

4.3.	— Charge volumique et vecteur courant en régime permanent	96
4.4.	— L'énergie d'une particule chargée dans un champ électromagnétique constant	97
4.5.	— Étude du champ électrique	98
4.6.	— Étude du champ magnétique. Théorème d'Ampère. Le potentiel vecteur	99
4.7.	— Formule de Biot et Savart	102
	<i>Exercices</i>	104

CHAPITRE 5 : RÉGIME PERMANENT DANS UN CONDUCTEUR. LOIS D'OHM. LOI DE JOULE.

5.1.	— Les milieux conducteurs	109
5.2.	— Régime permanent dans un ensemble de conducteurs	111
5.3.	— Définition de la conductibilité (ou conductivité)	112
5.4.	— Champ électrique et potentiel scalaire en régime permanent	114
5.5.	— Résistance d'un conducteur. Loi d'Ohm	115
5.6.	— Exemples de calcul de résistance	116
	<i>Exercices</i>	117
5.7.	— Relation entre résistance et capacité pour un même réseau de lignes de champ	121
	<i>Exercices</i>	122
5.8.	— Étude de la conductibilité	124

LOI DE JOULE.

5.9.	— La loi de Joule	127
	<i>Exercice</i>	128
5.10.	— Conducteur en présence d'un champ électromoteur. Loi d'Ohm généralisée	129
	<i>Exercices</i>	131
CHAPITRE 6 : CHAMP ÉLECTRIQUE ET POTENTIEL SCALAIRE CONSTANTS.		
6.1.	— Potentiel en un point éloigné d'une distribution discontinue de charges	133
	<i>Exercice</i>	135
6.2.	— Diode en régime permanent	136
	<i>Exercices</i>	139
CHAPITRE 7 : FORCES ÉLECTROSTATIQUES. ÉNERGIE LIBRE ÉLECTROSTATIQUE.		
7.1.	— Charge dans un champ électrostatique	143
7.2.	— Doublet et dipôle dans un champ électrostatique	144
	<i>Exercices</i>	146
7.3.	— Énergie libre électrostatique d'un système de charges	148
	<i>Exercice</i>	153
7.4.	— Forces électrostatiques entre conducteurs	154
	<i>Exercices</i>	156
CHAPITRE 8 : CHAMP MAGNÉTIQUE ET POTENTIEL VECTEUR CONSTANTS.		
8.1.	— Champ magnétique et potentiel vecteur d'un courant rectiligne....	161
	<i>Exercices</i>	163
8.2.	— Champ magnétique et potentiel vecteur d'un solénoïde infiniment long	168
8.3.	— Champ magnétique d'une spire circulaire	170
	<i>Exercice</i>	171
8.4.	— Potentiel vecteur et champ magnétique en un point éloigné d'une spire quelconque	172
CHAPITRE 9 : FORCES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. ÉNERGIE LIBRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE.		
9.1.	— Circuit dans un champ magnétique	177
9.2.	— Cas d'un circuit de faibles dimensions	179
	<i>Exercice</i>	180
9.3.	— Système de conducteurs filiformes.	181
	<i>Exercices</i>	182
9.4.	— Énergie d'un système de courants	190
9.5.	— Forces électromagnétiques entre conducteurs	192
9.6.	— Énergie libre électromagnétique volumique	194
	<i>Exercices</i>	196

CHAPITRE 10 : ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES PLANES DANS LE VIDE.

10.1. — Les équations de Maxwell dans le vide	197
10.2. — Le potentiel scalaire	197
10.3. — Les équations de propagation	199
10.4. — Définition de l'onde plane	200
10.5. — Transversalité des vecteurs \vec{A} , \vec{E} et \vec{B}	200
10.6. — Propagation de A_y et de A_z	201
10.7. — Les champs \vec{E} et \vec{B} de l'onde plane	203
10.8. — Le vecteur de Poynting et la propagation de l'énergie	204
<i>Exercice</i>	206

CHAPITRE 11 : ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES PLANES MONOCHROMATIQUES.

11.1. — Onde plane progressive monochromatique	209
11.2. — Onde plane progressive monochromatique polarisée rectilignement	209
11.3. — Onde plane progressive monochromatique dont la polarisation est elliptique ou circulaire	212
<i>Exercices</i>	214

ONDE ET NOTATION COMPLEXE. VECTEUR D'ONDE.

11.4. — La notation complexe d'une onde plane monochromatique	216
11.5. — Les opérateurs de l'analyse vectorielle pour une onde plane monochromatique	217
11.6. — Structure de l'onde électromagnétique plane monochromatique	219
<i>Exercices</i>	221

CHAPITRE 12 : RÉFLEXION SUR UN MÉTAL. ONDES STATIONNAIRES.

12.1. — Le champ électrique et le champ magnétique dans un métal parfait ..	225
12.2. — Étude du champ électrique au voisinage du métal	226
12.3. — Étude du champ magnétique au voisinage du métal	228

RÉFLEXION D'UNE ONDE PLANE SUR UN MÉTAL PARFAIT.

12.4. — Lois de la réflexion	230
12.5. — La réflexion sous incidence normale	231
12.6. — Superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie. Onde stationnaire	233
<i>Exercice</i>	235
12.7. — Mode d'ondes stationnaires	238
<i>Exercice</i>	242

CHAPITRE 13 : ÉTUDE MACROSCOPIQUE DES MILIEUX DIÉLECTRIQUES.

13.1. — Le vecteur polarisation	247
13.2. — Le potentiel scalaire	247
13.3. — Les charges de polarisation	248
13.4. — Le vecteur champ électrique et le vecteur \vec{D}	249
13.5. — La réfraction des lignes de champ	250
13.6. — Milieu diélectrique au contact d'un métal	252
13.7. — Énergie libre électrique par unité de volume	253

MILIEU DIÉLECTRIQUE LINÉAIRE.

13.8. — Définition et propriétés du milieu diélectrique linéaire	256
13.9. — Milieu diélectrique linéaire et isotrope	258
<i>Exercices</i>	260

CHAPITRE 14 : RÉFLEXION ET RÉFRACTION.

14.1. — Les équations de Maxwell dans un diélectrique	269
14.2. — Cas d'un diélectrique linéaire et isotrope	270
14.3. — Propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu linéaire, homogène et isotrope	271
14.4. — Lois de Descartes	272
14.5. — Relations de continuité pour \vec{E} , \vec{D} et \vec{B}	274
14.6. — Coefficients de réflexion et de transmission en incidence normale ...	274
14.7. — Le vecteur de Poynting dans un milieu diélectrique linéaire	276
14.8. — Pouvoir réflecteur en incidence normale	277
<i>Exercice</i>	278

CHAPITRE 15 : ÉTUDE MICROSCOPIQUE DES MILIEUX DIÉLECTRIQUES.

15.1. — Les mécanismes de la polarisation	281
15.2. — Le champ électrique macroscopique	283
<i>Exercice</i>	284
15.3. — Le champ électrique local	285
15.4. — Calcul du champ local pour un volume Σ sphérique	286
<i>Exercice</i>	288
15.5. — Polarisabilité électronique et ionique	289
15.6. — Étude de la polarisabilité dipolaire	290
15.7. — La relation de Clausius-Mossotti	294
15.8. — Hystérésis diélectrique	295

CHAPITRE 16 : DISPERSION ET ABSORPTION.

16.1. — Indice d'un milieu à polarisation électronique	297
16.2. — Vitesse de groupe. Vitesse de phase	300
<i>Exercice</i>	303
16.3. — Étude de la polarisation dipolaire en régime variable	304
16.4. — Permittivité complexe d'un milieu à polarisation électronique	307
16.5. — Pertes dans un diélectrique	310
16.6. — Indice complexe d'un diélectrique	313
<i>Exercice</i>	315

CHAPITRE 17 : ÉTUDE MACROSCOPIQUE DES MILIEUX AIMANTÉS.

17.1. — Le vecteur aimantation	317
17.2. — Le potentiel vecteur	317
17.3. — Les courants d'aimantation	318
17.4. — Le vecteur champ magnétique \vec{B} et le vecteur excitation \vec{H}	320
17.5. — La réfraction des lignes de champ	321
17.6. — Énergie libre magnétique par unité de volume	323
17.7. — Milieu magnétique linéaire et isotrope	325
<i>Exercices</i>	328

CHAPITRE 18 : ÉTUDE MICROSCOPIQUE DES MILIEUX AIMANTÉS.

PARAMAGNÉTISME.

18.1. — Le moment magnétique orbital d'un électron	333
<i>Exercices</i>	334

18.2. — Étude du paramagnétisme de Langevin	336
<i>Exercice</i>	338
18.3. — Expérience de Stern et Gerlach	340
18.4. — Les moments cinétique et magnétique de l'électron	342
18.5. — Les moments cinétique et magnétique d'un atome ou d'un ion	344
18.6. — Exemples d'atomes et d'ions paramagnétiques	345
18.7. — Étude du paramagnétisme d'un système à deux niveaux	346
<i>Exercices</i>	349
DIAMAGNÉTISME.	
<i>Exercice</i>	350
18.8. — Formule du diamagnétisme de Langevin	351
18.9. — La susceptibilité diamagnétique	353
<i>Exercice</i>	353
FERROMAGNÉTISME.	
18.10. — Généralités. Température de Curie	355
18.11. — Première aimantation. Aimantation à saturation	356
18.12. — Cycle d'hystérésis	358
18.13. — Notions sommaires sur la théorie du ferromagnétisme	361
APPENDICE : Unités électriques et magnétiques	362
INDEX	367