mémento sciences

ce qu'il faut VRAIMENT retenir !

1er cycle - prépas - concours

Électromagnétisme

Richard **Taillet**

537-41.1

de boeck

Avant-propos

Cet ouvrage a pour but de rappeler les fondements de l'électromagnétisme, couvrant le programme du 1er cycle universitaire (L1, L2 et L3) et des classes préparatoires aux grandes écoles. Il a été écrit pour fournir un outil de révision et ne pourra en aucun cas se substituer au cours ou à des ouvrages plus approfondis, même si un effort a été fait pour expliquer en détail certaines notions ou certains calculs.

Les mots-clés sont expliqués directement dans le texte : ils sont indiqués en gras et répertoriés dans l'index.

Plusieurs chapitres se terminent par des « Focus », des compléments qui permettent de préciser davantage une notion ou présentent dans les grandes lignes une illustration des concepts abordés dans le chapitre.

Nous avons choisi de ne pas ponctuer les formules mathématiques, afin d'éviter toute ambiguïté avec les points et les virgules qui pourraient être mal interprétés.

Je remercie chaleureusement Gisèle Gruener et Justine Lazareth pour leur relecture critique du manuscrit, ainsi que toutes les autres personnes qui, par leurs remarques, ont contribué à améliorer la clarté de cet ouvrage.

Richard Taillet.

Table des matières

Chapitre 1 – Introduction 10

Chapitre 2 – Opérateurs vectoriels 12

1. Champ scalaire et champ vectoriel 12
2. Vecteur nabla 13
3. Divergence 14
4. Gradient 15
5. Rotationnel 16
6. Quelques propriétés 17
7. Deux théorèmes importants 18

Focus 1 – Démonstration d'une des identités 20
Focus 2 – Exemple de calcul simple 21

Chapitre 3 – Champ électrique et champ magnétique 22

1. Champ électrique $\vec{E}$ 23
2. Champ magnétique $\vec{B}$ 25
3. Équations intégrales : théorème de Gauss 27
4. Équations intégrales : théorème d'Ampère 28
5. Potentiel scalaire pour le champ électrique 28
6. Potentiel vecteur pour le champ magnétique 29

Chapitre 4 – Induction électromagnétique 31

1. Spire en mouvement dans un champ $\vec{B}$ constant 32
2. Flux coupé 34
3. Loi de Faraday 36
4. Exemple de détermination du sens du courant induit 38
5. Spire fixe et champ magnétique variable 39
6. Loi de Lenz 40
7. Quelques applications 41
8. Courants de Foucault 41
9. Lois locales 42
10. Induction unipolaire 44
11. Auto-induction 44
12. Induction mutuelle 46

Focus 3 – Exemple de calcul de L et M 48

Chapitre 5 – Équations de Maxwell 50

1. Conservation de la charge électrique 50
2. Courant de déplacement 51
3. Paradoxe de la charge d'un condensateur 53
4. Équations de Maxwell 54
5. Force de Lorentz 55
6. Potentiels 55

Chapitre 6 – Ondes électromagnétiques 57

1. Équation des ondes dans le vide 57
2. Ondes monochromatiques 59
3. Ondes planes monochromatiques 61

4. Polarisation 63
5. Ondes non monochromatiques 64
6. Énergie électromagnétique 65
7. Photons 67

Chapitre 7 – Rayonnement 68

1. Potentiels retardés 68
2. Rayonnement d'une charge accélérée 70
3. Puissance rayonnée loin de la source 72
4. Cas d'une charge en mouvement sinusoïdal 73
5. Rayonnement d'une antenne 74
6. Modèle de l'électron élastiquement lié 74
7. Autres processus de rayonnement 77

Chapitre 8 – Milieux 78

1. Généralités sur les milieux diélectriques 78
2. Milieux magnétiques 80
3. Milieux linéaires et isotropes 81
4. Milieux isolants 83

Chapitre 9 – Réflexion et réfraction 84

1. Conditions de passage entre deux milieux 84
2. Réflexion et réfraction entre deux diélectriques 87
3. Transmission de l'énergie 90
4. Polarisation par réflexion 91
5. Ondes évanescentes 91

Chapitre 10 – Milieux conducteurs 94

1. Conductivité électrique 94
2. Modèle de Drude 95
3. Application d'un champ électrostatique 95
4. Application d'un champ électrique variable 96
5. Effet de peau 97

Chapitre 11 – Description relativiste 98

1. Relativité restreinte 98
2. Le champ électromagnétique 99
3. Invariants relativistes 100
4. Transformation des champs 101

Index 102