

SCIENCES SUP

*Cours et exercices corrigés*

IUT • Licence • Écoles d'ingénieurs

# ÉLECTROTECHNIQUE



**Luc Lasne**

**Préface de Jean-Claude Gianduzzo**

---

DUNOD

# Table des matières

<b>PRÉFACE</b>	v
<b>AVANT-PROPOS</b>	xiii
<b>REMERCIEMENTS</b>	xiv
<b>INTRODUCTION À L'ÉLECTROTECHNIQUE</b>	1
<b>CHAPITRE 1 • RAPPELS ET GRANDEURS SINUSOÏDALES</b> .....	5
1.1 Lois de base et conventions des dipôles électriques .....	5
1.2 Récepteurs électriques linéaires .....	6
1.3 Régime continu et régimes variables .....	7
1.4 Valeurs caractéristiques des grandeurs périodiques quelconques...	8
1.5 Le régime sinusoïdal et sa représentation complexe (vectorielle) ...	9
1.6 Généralisation du théorème de Thévenin .....	16
Exercices .....	17
<b>CHAPITRE 2 • LES PUISSANCES ÉLECTRIQUES</b> .....	20
2.1 Énergie et puissance .....	20
2.2 Généralités sur la notion de puissance en électrotechnique .....	22
2.3 La puissance active en régime continu .....	23
2.4 Puissances électriques en régime alternatif sinusoïdal .....	23
2.5 Puissance apparente complexe, puissances associées aux récepteurs communs rencontrés en électrotechnique .....	26
2.6 Théorème de Boucherot et triangle des puissances .....	27

2.7	Facteur de puissance, compensation de la puissance réactive .....	28
2.8	Puissances électriques en régime périodique non-sinusoïdal .....	30
2.9	Mesure des puissances électriques .....	32
	Exercices .....	34
<b>CHAPITRE 3 • CIRCUITS À COURANTS ALTERNATIFS TRIPHASÉS .....</b>		<b>37</b>
3.1	Introduction .....	37
3.2	Système de tensions triphasé équilibré direct (TED).....	38
3.3	Générateur triphasé et différents couplages des phases .....	40
3.4	Charges triphasées, équilibre et déséquilibre.....	42
3.5	Puissances en triphasé.....	44
3.6	Équivalence de charges, transformations « Y/D » .....	46
3.7	Neutre, neutre fictif et schéma équivalent monophasé .....	46
3.8	Mesures de puissances en triphasé.....	49
	Exercices.....	50
<b>CHAPITRE 4 • SYSTÈMES TRIPHASÉS DÉSÉQUILIBRÉS, RÉOLUTIONS MATRICIELLES ET COMPOSANTES SYMÉTRIQUES .....</b>		<b>52</b>
4.1	Notion de déséquilibre local et charges à neutre relié .....	52
4.2	Déséquilibre local sur charge à neutre non relié .....	54
4.3	Exemple : Charge déséquilibrée et rupture de neutre .....	57
4.4	Problématique générale des déséquilibres .....	59
4.5	Présentation des composantes symétriques.....	59
4.6	Constructions graphiques et remarques importantes .....	62
4.7	Composantes symétriques des grandeurs triphasées .....	64
4.8	Applications des composantes symétriques.....	66
	Exercices.....	70
<b>CHAPITRE 5 • MAGNÉTISME, MATÉRIAUX ET CIRCUITS MAGNÉTIQUES .....</b>		<b>73</b>
5.1	Le magnétisme : le phénomène et ses grandeurs .....	73



5.2	Classification des matériaux magnétiques .....	74
5.3	Les matériaux ferro-magnétiques .....	75
5.4	Notions incontournables et théorème d'Ampère .....	78
5.5	Les circuits magnétiques .....	82
5.6	Limites de la théorie des C.M. et logiciels de calcul de flux .....	87
	Exercices .....	89
<b>CHAPITRE 6 • CIRCUITS MAGNÉTIQUES EN RÉGIME ALTERNATIF SINUSOÏDAL .....</b>		<b>91</b>
6.1	Introduction .....	91
6.2	Relations importantes en régimes alternatifs .....	91
6.3	Pertes et particularités liées aux matériaux réels .....	93
6.4	Notions complémentaires .....	95
6.5	Modèle linéaire d'une bobine à noyau de fer .....	98
	Exercice .....	99
<b>CHAPITRE 7 • CIRCUITS MAGNÉTIQUES À AIMANTS PERMANENTS .....</b>		<b>101</b>
7.1	Point de fonctionnement d'un aimant permanent inséré dans un circuit magnétique .....	101
7.2	Critère de choix d'un aimant permanent .....	103
7.3	Caractéristiques particulières des différents types d'aimants et utilisations classiques .....	104
7.4	Détermination pratique des dimensions d'un aimant permanent ...	105
	Exercice .....	106
<b>CHAPITRE 8 • ÉNERGIES, PUISSANCES ET FORCES LIÉES AU MAGNÉTISME, MÉTHODE DES TRAVAUX VIRTUELS .....</b>		<b>107</b>
8.1	Formules générales des énergies d'un matériau aimanté .....	107
8.2	Variations d'énergie, puissance et force .....	110
8.3	Principe de réluctance minimale .....	112
8.4	Méthode des travaux virtuels .....	113
	Exercices .....	117

CHAPITRE 9 • <b>TRANSFORMATEURS</b> .....	120
9.1 Transformateur monophasé idéal .....	120
9.2 Mieux comprendre le transformateur.....	123
9.3 Le transformateur monophasé réel et son modèle .....	124
9.4 Grandeurs associées au schéma et chute de tension au secondaire	126
9.5 Notions complémentaires associées au transformateur réel.....	128
9.6 Transformateurs triphasés .....	131
9.7 Impédances associées aux transformateurs et ordres de grandeur .	134
9.8 Transformateurs en parallèle.....	138
9.9 Autotransformateurs.....	140
Exercices.....	141
CHAPITRE 10 • <b>CONVERTISSEURS ÉLECTROMÉCANIQUES</b> .....	145
10.1 Champ d'application et classification.....	145
10.2 Principes généraux .....	146
10.3 Les grandes familles de machines électriques .....	148
10.4 Machines à courant continu (MCC), machines « à collecteur » ....	148
10.5 Machines synchrones (MS).....	151
10.6 Machines asynchrones (MAS) ou « Machines à induction » .....	156
10.7 Moteurs « pas à pas ».....	158
10.8 Nombres de « pôles » des machines électriques .....	161
10.9 Illustrations ( <i>photographies : Luc Lasne, sauf mention contraire</i> ) ...	164
CHAPITRE 11 • <b>MACHINES À COURANT CONTINU</b> .....	167
11.1 Principes et relations générales.....	167
11.2 Fonctionnement en régime permanent continu linéaire .....	171
11.3 Non-linéarités dues à la saturation du circuit magnétique .....	173
11.4 Fonctionnement en régime transitoire.....	175
11.5 Les différents montages des machines à courant continu.....	179

Exercices .....	182
<b>CHAPITRE 12 • ALTERNATEURS ET MACHINES SYNCHRONES</b> .....	184
12.1 Principes et relations générales .....	184
12.2 Alternateur indépendant débitant sur charge linéaire .....	191
12.3 Machine synchrone couplée à un réseau d'énergie infinie .....	193
12.4 Réaction d'induit d'une machine synchrone .....	195
12.5 Étude des machines à pôles lisses : Diagramme de Potier .....	197
12.6 Étude des machines à pôles saillants : Diagramme de Blondel .....	199
12.7 Impédances associées réduites, ordres de grandeur .....	201
12.8 Moteur synchrone .....	203
Exercices .....	206
<b>CHAPITRE 13 • MACHINES ASYNCHRONES</b> .....	209
13.1 Principes et relations générales .....	209
13.2 Fonctionnement à tension et fréquence constantes .....	215
13.3 Démarrage des moteurs asynchrones .....	219
13.4 Variation de vitesse des moteurs asynchrones .....	220
13.5 Fonctionnement en génératrice et en frein .....	226
13.6 Moteurs asynchrones monophasés .....	227
Exercices .....	228
<b>CHAPITRE 14 • TRANSFORMATIONS MATRICIELLES – MODÈLES « D, Q » DES MACHINES À COURANTS ALTERNATIFS TRIPHASÉS</b> .....	232
14.1 Matrices d'impédances et d'inductances .....	232
14.2 Transformations matricielles classiques .....	233
14.3 La transformée de Park et le repère du champ tournant .....	235
14.4 Modèle « d,q » des machines synchrones .....	238
14.5 Modèle « d,q » des machines asynchrones .....	243

14.6 Conclusion sur les modèles $d, q$ .....	247
<b>CHAPITRE 15 • HARMONIQUES ET RÉGIMES DÉFORMÉS</b> .....	<b>249</b>
15.1 Bases mathématiques de l'étude des harmoniques.....	250
15.2 Expressions des puissances en régime déformé .....	256
15.3 Sources, propagation et conséquences des harmoniques.....	259
15.4 Harmoniques pairs et impairs, courant de neutre .....	260
15.5 Réduction et compensation des harmoniques .....	263
Exercices .....	263
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>267</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE ET LIENS</b> .....	<b>269</b>
<b>INDEX</b> .....	<b>271</b>
<b>CHAPITRE WEB • LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES</b> .....	<b>www.dunod.com</b>