

Francis MILSANT

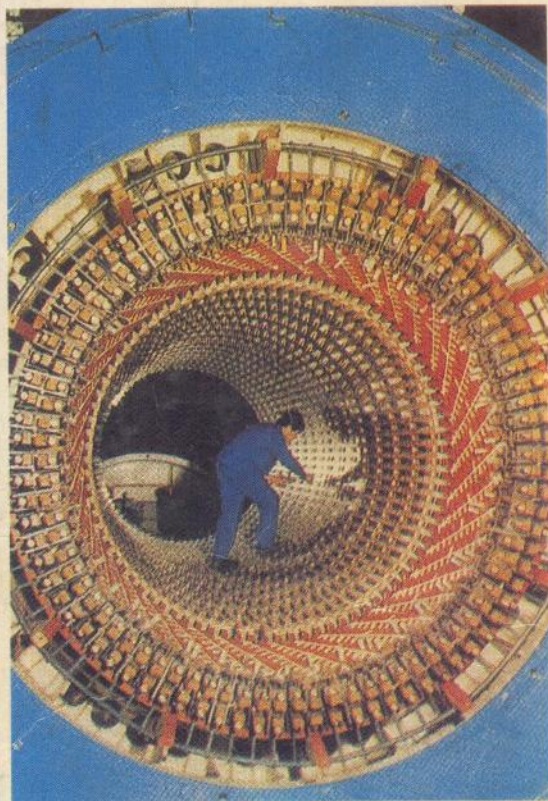
*Cours*  
*d'Electrotechnique*

A L'usage de l'enseignement supérieur :

Ecole d'Ingénieurs,  
B.T.S, INES,  
Universités

**MACHINES  
ELECTRIQUES**

**MACHINES SYNCHRONES  
ET ASYNCHRONES  
COMMANDE ELECTRONIQUE**



2968/1

**BERTI  
Editions**

250.00

# ÉLECTROTECHNIQUE

TOME III

## MACHINES ÉLECTRIQUES

### MACHINES SYNCHRONES ET ASYNCHRONES COMMANDE ÉLECTRONIQUE

à l'usage de l'enseignement supérieur :  
écoles d'ingénieurs, B.T.S., I.U.T., Maîtrise E.E.A.

EET 06  
2968  
4  
5



**Francis Milsant**

Ancien élève de l'E.N.S.E.T. et de l'E.S.E.  
Ingénieur de l'École Supérieure d'Électricité  
Professeur honoraire à l'E.N.S.E.T. et à l'E.N.S.A.M. de Paris  
Expert judiciaire National en Électrotechnique et en Électronique

**BERTI Editions**

Rue Ahmed OUAKED  
DELY IBRAHIM 16 320  
Tél : 37 16 87

# TABLE DES MATIÈRES

## AVANT - PROPOS

## MACHINES SYNCHRONES ET ASYNCHRONES

### CHAMPS TOURNANTS

1. Définition
2. Étude expérimentale
3. Classification des machines électriques
4. Champ rotorique à l'arrêt
5. Champ rotorique tournant
6. F.è.m induite dans un brin actif du stator
7. Champ tournant d'un stator triphasé
8. Champ alternatif

### ORGANISATION D'UN ALTERNATEUR

1. Description
2. Plaque signalétique
3. Turbo-alternateurs modernes
4. Calcul de la f.è.m. théorique
5. Calcul de la f.è.m. réelle
6. Caractéristiques à vide
7. Harmoniques engendrés par le rotor
8. Harmoniques engendrés par le stator
9. Harmoniques de denture
10. Inductance cyclique d'un enroulement triphasé
11. Exercices

### ALTERNATEUR AUTONOME

1. Définition
2. Réaction d'induit
3. Flux de fuites statorique
4. Diagramme de Behn-Eschenburg
5. Diagramme de Potier
6. Diagramme de Blondel
7. Fonctionnement d'un alternateur en charge
8. Rendement
9. Exercices

### COUPLAGE DES MACHINES SYNCHRONES - MOTEUR SYNCHRONE

1. Couplage d'un alternateur
2. Fonctionnement d'une machine synchrone sur un réseau
3. Fonctionnement de deux alternateurs couplés en parallèle
4. Stabilité d'un alternateur couplé sur un réseau
5. Fonctionnement d'une machine synchrone en moteur
6. Propriétés du moteur synchrone
7. Utilisation du moteur synchrone
8. Exercices

3

5

5

5

6

8

11

12

13

15

17

17

21

22

26

27

29

31

31

31

32

33

37

37

37

40

41

42

44

46

47

49

55

55

56

59

60

62

64

64

66

<b>THÉORIE DES MOTEURS ASYNCHRONES</b>	<b>71</b>
1. Constitution	71
2. Fonctionnement à vide	73
3. Fonctionnement en charge	74
4. Circuit équivalent	75
5. Bilan des puissances	76
6. Caractéristique mécanique	77
7. Diagramme du cercle	78
8. Exercices	81
<b>PERFORMANCES DES MOTEURS ASYNCHRONES</b>	<b>83</b>
1. Introduction	83
<b>A. MOTEURS A BAGUES</b>	<b>84</b>
2. Démarrage	84
3. Variation de la vitesse	86
4. Inversion du sens de marche et freinage	89
5. Emploi du moteur à bagues	89
<b>B. MOTEURS A CAGE</b>	<b>90</b>
6. Démarrage des moteurs à cage	90
7. Réglage de la vitesse	93
8. Emploi du moteur à cage	96
9. Exercice	97
<b>MACHINES SPÉCIALES</b>	<b>101</b>
<b>A. MOTEURS MONOPHASÉS</b>	<b>101</b>
1. Moteur asynchrone	101
2. Moteur universel	102
<b>B. MACHINES TRIPHASÉES</b>	<b>103</b>
3. Régulateur d'induction	103
4. Moteur asynchrone synchronisé	104
5. Moteur linéaire à induction	105
6. Exercice	106
<b>MACHINES D'ASSERVISSEMENTS</b>	<b>109</b>
<b>A. DÉTECTEURS D'ERREUR</b>	<b>109</b>
1. Potentiomètres tournants	109
2. Synchro-machines	110
3. Synchro-générateur et synchro-récepteur	110
4. Synchro-générateur et synchro-transformateur	111
5. Détecteur sensible à la phase	112
<b>B. ASSERVISSEMENT DE POSITION</b>	<b>113</b>
6. Moteur de commande	113
7. Schéma fonctionnel de l'asservissement	114
<b>C. CIRCUIT CORRECTEUR</b>	<b>115</b>
8. Principe	115
9. Etude du "T" ponté	115
<b>COMMANDE ÉLECTRONIQUE</b>	<b>117</b>
<b>REDRESSEMENT NON COMMANDÉ</b>	<b>117</b>
<b>A. ALIMENTATION D'UNE RÉSISTANCE PURE</b>	<b>117</b>
1. Caractéristique d'une diode	117
2. Redressement avec alimentation monophasée	117
3. Redressement avec alimentation triphasée	117
4. Facteur de forme, taux d'ondulation	119
<b>B. ALIMENTATION D'UN RÉCEPTEUR QUELCONQUE</b>	<b>122</b>
5. Débit sur récepteur à f.c.é.m.	122
6. Débit sur circuit R.C.	123
7. Débit discontinu sur circuit R.L.	124
8. Débit continu sur circuit R.L.	126

C. ALIMENTATION AVEC INDUCTANCE DE LISSAGE	128
10. Introduction	128
11. Alimentation avec un réseau monophasé	129
12. Alimentation avec un réseau triphasé	131
13. Phénomène d'empiètement	134
14. Filtrage avec diode de roue libre	135
15. Exercices	136
<b>- REDRESSEMENT COMMANDÉ</b>	<b>143</b>
A. ALIMENTATION D'UNE RÉSISTANCE PURE	143
1. Principe du thyristor	143
2. Alimentation monophasée	143
3. Alimentation polyphasée	144
B. ALIMENTATION D'UN CIRCUIT RESISTANCE-INDUCTANCE FINIE	145
4. Alimentation discontinue	145
5. Alimentation continue	147
C. ALIMENTATION D'UN CIRCUIT RESISTANCE-INDUCTANCE INFINIE	148
6. Alimentation monophasée	148
7. Alimentation triphasée à pont de Graëtz	149
8. Exercices	150
<b>CONVERTISSEUR ALTERNATIF-CONTINU</b>	<b>157</b>
A. RÉGIME DISCONTINU	157
1. Fonctionnement en simple alternance	157
2. Détermination de l'angle d'amorçage	158
3. Caractéristique mécanique	159
4. Freinage par récupération	160
5. Fonctionnement en double alternance	160
B. RÉGIME CONTINU	161
6. Variateur non réversible	161
7. Variateur réversible	162
8. Exercices	163
<b>CONVERTISSEUR CONTINU-CONTINU</b>	<b>171</b>
1. Introduction	171
A. HACHEUR SÉRIE	171
2. Alimentation d'une résistance pure	171
3. Alimentation d'une charge inductive	172
4. Conduction continue avec f.c.é.m.	174
5. Conduction discontinue avec f.c.é.m.	175
6. Amélioration du fonctionnement	176
B. HACHEUR PARALLELE	178
7. Alimentation d'une résistance pure	178
8. Hacheur survolteur	178
C. MONTAGE PRATIQUE	180
9. Description	180
10. Fonctionnement	182
11. Exercices	182
<b>CONVERTISSEUR ALTERNATIF-ALTERNATIF</b>	<b>191</b>
1. Introduction	191
A. GRADATEUR	191
2. Récepteur monophasé purement résistant	191
3. Récepteur monophasé résistant et inductif	193
4. Applications	195
B. CASCADE HYPOSYNCHRONE	196
5. Principe	197
6. Étude des deux ponts	199
7. Fonctionnement de la cascade hyposynchrone	199

C. CYCLOCONVERTISSEUR	200
8. Étude théorique	200
9. Comparaisons avec le convertisseur redresseur-onduleur	202
D. MACHINE SYNCHROME AUTOPILOTÉE	203
10. Introduction	203
11. Réalisation pratique	205
12. Applications	206
13. Exercices	207



<b>APPENDICE</b>	<b>217</b>
A. ANALYSE HARMONIQUE	
1. Analyse d'une onde rectangulaire	217
2. Analyse d'un courant redressé	218
3. Analyse d'une tension triphasée redressée	219
4. Analyse d'une tension redressée retardée	219
B. DIAGRAMME DU CERCLE DU MOTEUR ASYNCHROME	221
5. Représentation du diagramme	221
6. Décalage du centre du cercle	222
7. Droite de glissements	222
8. Représentation des puissances	223

<b>PROBLEMES D'EXAMENS</b>	<b>225</b>
1. Étude d'une machine synchrone par la méthode de Potier (BTS Electronique 1981)	225
2. Étude d'un moteur synchrone par le diagramme du cercle (BTS Electronique 1978)	226
3. Étude du moteur asynchrone (première partie, agrégation des sciences physiques 1991)	228
4. Commande "quatre quadrants" d'un moteur courant continu à excitation séparée (BTS Electronique 1980)	232

CONVERTISSEUR ALTERNATIF-CONTINU	1
1. Introduction	1
A. MACHINES SYNCHRONES	2
2. Alimentation d'une résistance pure	2
3. Alimentation d'une charge inductive	3
4. Conduction continue avec l.c. alimentant un onduleur	4
5. Conduction discontinue avec l.c.m.	5
6. Alimentation du forçonnement	6
B. MACHINES PARALLÈLES	7
7. Alimentation d'une résistance pure	7
8. Moteur survolteur	8
C. MONTAGE PRATIQUE	9
9. Description	9
10. Fonctionnement	10
11. Exercices	11
CONVERTISSEUR ALTERNATIF-ALTERNATIF	12
1. Introduction	12
A. ALIMENTATION D'UNE RÉSISTANCE PURE	13
2. Caractéristique d'une diode	13
3. Redressement à pont	13
4. Redressement à pont avec alimentation triphasée	14
5. Applications	14

**IMPRIMERIE EN-NAKHLA**

1. Rue Bardi - BOUZAREA  
Tél. : (02) 94.14.37

# MACHINES ÉLECTRIQUES

## *Cours d'Electrotechnique*

---

Ce livre est destiné aux étudiants des écoles d'ingénieurs et des universités pour les spécialités électrotechnique, productique, hydraulique, mécanique etc.

Il comprend l'enseignement complet de la matière électrotechnique. Le cours est expliqué d'une manière simple, illustré par des exemples pratiques et propose de nombreux exercices et problèmes résolus.

Ce livre est composé de trois tomes:

**TOME I: TRANSFORMATEURS ET RÉSEAUX ÉLECTRIQUES.**

**TOME II: MACHINES À COURANTS CONTINUS  
& ASSERVISSEMENT LINÉAIRES**

**TOME III: MACHINES SYNCHRONES ET ASYNCHRONES  
COMMANDE ÉLECTRONIQUE**