

René BOURGEOIS
*Inspecteur pédagogique Régional
Inspecteur d'Académie*

Denis COGNIEL
*Agrégé de Génie Électrique
Chef de travaux*

MÉMOTECH ÉLECTROTECHNIQUE

8^e édition

**Bac Technologiques, Bac Professionnels
BTS Électrotechnique
DUT Génie électrique
Écoles d'Ingénieurs**

casteilla 

Éditions Casteilla,
5, allée de la 2^e D.B., 75015 PARIS

Note des auteurs

Afin de répondre au mieux aux exigences et aux besoins des techniciens de l'industrie et des futurs techniciens en formation en Génie électrique (BTS, DUT, Ecoles d'Ingénieurs), nous nous sommes efforcés de compléter certains chapitres et d'en développer d'autres tels que :

- la foudre : ses conséquences et sa protection,
- les habilitations : les formations, les différentes procédures et les principaux acteurs,
- la sécurité du personnel,
- la gestion de l'énergie,
- les vérins électriques,
- les réseaux de terrain (VDI),
- les énergies renouvelables.

Nous avons également procédé aux mises à jour de certains chapitres suivant les nouvelles normes en vigueur :

- les symboles,
- l'éclairage et les installations domestiques (règles, appareillage modulaire...),
- la sécurité dans les bâtiments,
- les équipements et les installations BT en milieu industriel,
- les machines tournantes.
- les variateurs.

REMERCIEMENTS :

Nous tenons à remercier chaleureusement, tous nos collègues enseignants, tous les cadres et ingénieurs des sociétés dont les références figurent dans cet ouvrage, ainsi que Monsieur Vincent Foinant de l'Association Lorraine Énergies Renouvelables à Blâmont pour sa précieuse collaboration pour l'élaboration du nouveau chapitre sur les Énergies Renouvelables.

Le **MEMOTECH Électrotechnique** n'est pas un livre de technologie, c'est un auxiliaire précieux destiné aux étudiants et aux techniciens de l'industrie qui permet d'obtenir en temps réel tous les renseignements nécessaires à leurs projets.

Les auteurs.

I.S.B.N. : 978.2.7135.3494.2

I.S.S.N. : 0986-4024

Couverture : ph©Istockphoto

© Éditions CASTEILLA, 5, allée de la 2^e D.B., 75015 PARIS – 2013

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, fait sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
1.	LOIS GÉNÉRALES D'ÉLECTROTECHNIQUE	7
2.	SYMBOLES ET CONVENTIONS	
	2.1. Les symboles électriques	11
	2.2. Les symboles pneumatiques et hydrauliques.	31
	2.3. Les opérateurs logiques	36
3.	PRÉVENTION DES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES	
	3.1. Accidents d'origine électrique : nature et importance.	37
	3.2. Mesures pratiques de protection	42
	3.3. Sécurité du personnel.	47
4.	SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE	
	4.1. Étude des schémas des liaisons à la terre et les risques encourus.	77
	4.2. Défauts d'isolement et protection des personnes	78
	4.3. Incidence des SLT sur la protection des personnes et des biens. Continuité de service	84
	4.4. Exemples d'application	94
	4.5. Choix d'un schéma des liaisons à la terre.	100
5.	CLASSIFICATION DES LOCAUX À PARTIR DES INFLUENCES EXTERNES INDICES DE PROTECTION	
	5.1. Définition des influences externes	103
	5.2. Définition des indices de protection	104
	5.3. Classification des locaux selon les influences externes – indice de protection minimum	105
6.	LES CONDUCTEURS – LES CÂBLES – LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES	
	6.1. Détermination des sections des conducteurs.	109
	6.2. Câbles et conducteurs	141
	6.3. Conduits	143
	6.4. Goulottes.	149
	6.5. Chemins de câbles	150
	6.6. Canalisations enterrées	152
	6.7. Canalisations préfabriquées	153
	6.8. Exemple de choix d'une canalisation électrique.	155
7.	L'ÉCLAIRAGE	
	7.1. Démarche de détermination d'un avant-projet d'éclairage	157
	7.2. Renseignements nécessaires à l'établissement d'un avant-projet d'éclairage.	158
	7.3. Les techniques et les matériels d'éclairage	166
	7.4. Avant-projet d'éclairage	174
8.	LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE ÉLECTRIQUE	
	8.1. Démarche simplifiée de détermination d'un avant-projet de chauffage électrique intégré.	179
	8.2. Informations sur les éléments chauffants utilisés en chauffage électrique intégré haute isolation	180
	8.3. Les câbles électriques chauffants.	182
	8.4. Éléments permettant de vérifier les calculs d'un avant-projet de chauffage	191
	8.5. Définition des climats	193
	8.6. Caractéristiques des matériaux isolants thermiques	196
	8.7. Aération générale (réglementation)	198
	8.8. Schémas et repérage des circuits permettant d'effectuer les raccordements	200
	8.9. La régulation en chauffage électrique intégré haute isolation.	203
	8.10. Éléments chauffants utilisés en CEIH (Procédés de chauffage)	204
	8.11. Les pompes à chaleur.	205
	8.12. Exemple d'étude thermique (pavillon)	206
	8.13. Abaque de consommations annuelles	209
	8.14. Lexique	210
	8.15. Production du froid en climatisation	211
9.	ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU DOMESTIQUE ET TERTIAIRE	
	9.1. La distribution publique BT.	215
	9.2. Règles d'installations électriques	216
	9.3. Règles générales de pose des matériels	223
	9.4. Canalisations sous conduits encastrés.	226
	9.5. Canalisations sous conduits apparents	229
	9.6. Schémas de principe d'une installation en fonction de la superficie du logement.	232
	9.7. Les conducteurs de protection (PE)	245
	9.8. Le conducteur neutre	248
	9.9. La protection électrique	248

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES	PAGES
10.	9.10. Équipement électrique d'une salle d'eau 252 9.11. Protection des installations électriques contre la foudre 254 9.12. Gestion de l'énergie électrique en milieu domestique 266 SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS 10.1. De la conception à la maintenance 269 10.2. Spécificités d'un établissement 270 10.3. Éclairage de sécurité 275 10.4. Sécurité incendie 283 10.5. Dispositifs de coupure 303 10.6. Alarmes techniques. La surveillance technique d'un bâtiment 304 10.7. Les mots clefs de la sécurité 305 10.8. Normes relatives aux installations de sécurité 306 10.9. Sécurité intrusion 307 10.10. Détection, commande et transmission 310 10.11. Alimentations secourues – Filtres et conditionneur de réseau 312 10.12. Alimentations secourues – Guide de choix 314 10.13. Alimentation sans interruption (ASI) 316
11.	LES MOTEURS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS 11.1. Nouvelles norme et directive européenne 317 11.1.1. Que dit la norme ? 317 11.1.2. Rendement suivant le label 317 11.1.3. Mesure du rendement 317 11.1.4. Le plaquage des moteurs 318 11.1.5. La classe IE4 est à l'étude 318 11.1.6. Tableau des valeurs de rendement assigné 318 11.2. Les moteurs asynchrones 319 11.2.1. Démarche de détermination d'un moteur asynchrone 319 11.2.2. Machine entraînée 320 11.2.3. Environnement 327 11.2.4. Caractéristiques électriques 329 11.2.5. Détermination de la puissance nominale des moteurs 333 11.2.6. Conditions de démarrage 336 11.2.7. Choix du démarreur 340 11.2.8. Démarrage et freinage des moteurs asynchrones 345 11.2.9. Détermination des temps de démarrage 355 11.2.10. Modes de refroidissement 359 11.2.11. Protection thermique des moteurs asynchrones 361 11.2.12. Fonctionnement en service intermittent 361 11.2.13. Choix des moteurs 366 11.2.14. Exemple de choix de moteurs asynchrones 371 11.3. Les génératrices asynchrones 375 11.3.1. Utilisation des génératrices asynchrones 375 11.3.2. Les éoliennes 375 11.3.3. Caractéristiques de fonctionnement des génératrices asynchrones 375 11.3.4. Couplage des génératrices asynchrones à un réseau puissant 376 11.3.5. Génératrices asynchrones sur un réseau isolé 376 11.4. Les moteurs à courant continu 377 11.4.1. Démarche de détermination d'un moteur à courant continu 377 11.4.2. Adaptations possibles sur un moteur à courant continu 377 11.4.3. Alimentations électriques 378 11.4.4. Facteur de forme 378 11.4.5. Surcharges admissibles 378 11.4.6. Fréquence de rotation 378 11.4.7. Correction suivant le type de service S 379 11.4.8. Correction suivant le mode de refroidissement 379 11.4.9. Repérage des circuits internes d'un moteur à courant continu 380 11.4.10. Caractéristiques des moteurs à courant continu 381 11.4.11. Abaque de sélection des moteurs à courant continu 382 11.4.12. Protection des moteurs à courant continu 383 11.4.13. Exemples de choix d'un moteur à courant continu 383 11.5. Moteurs synchrones à aimants permanents ou moteur sans balais (<i>Brushless</i>) 384 11.5.1. Les servomoteurs 384 11.5.2. Moteurs synchrones à aimants permanents (<i>DYNÉO</i>) 389 11.6. Les codeurs (capteurs de position) 392 11.6.1. Différents types de codeurs 392 11.6.2. Les capteurs à effet Hall 392 11.6.3. Les codeurs absolus 392 11.6.4. Les codeurs incrémentaux 393 11.6.5. Les codeurs sinus/cosinus 393 11.6.6. Les codeurs SLM 393 11.6.7. Les résolveurs 393 11.7. Maintenance des machines électriques 394 11.7.1. Maintenance des machines à courant alternatif 394 11.7.2. Maintenance des moteurs à courant continu 394
12.	LES CONVERTISSEURS STATIQUES 12.1. Identification du convertisseur dans les équipements d'automatismes 395 12.2. Éléments à prendre en compte pour choisir un convertisseur statique 395

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES	PAGES
12.3. Guide de choix des convertisseurs statiques	402
12.4. Choix et schéma de branchement des convertisseurs statiques	404
13. LES MICROMOTEURS	
13.1. Guide de choix des micromoteurs	409
13.2. Guide de choix du réducteur	410
13.3. Détermination des micromoteurs	410
13.3.1. Moteur PAS À PAS	410
13.3.2. Moteur à courant continu	413
13.3.3. Moteur asynchrone	414
13.3.4. Moteur synchrone	415
14. LES VÉRINS PNEUMATIQUES ET LES VÉRINS ÉLECTRIQUES	
14.1. Structure générale d'une installation	417
14.2. Détermination d'un vérin pneumatique	419
14.3. Les distributeurs et les électrovannes	428
14.4. Guide de choix d'un détecteur	435
14.5. Exemple montrant l'exploitation des éléments à prendre en compte pour vérifier le comportement des composants pneumatiques	437
14.6. Schémas et repérages des circuits permettant d'effectuer les raccordements	439
14.7. Les vérins électriques	441
15. EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE	
15.1. Informations sur les composants hydrauliques	443
15.2. Les vérins hydrauliques (type <i>HYCUM</i>)	446
15.3. Les vérins hydrauliques (type <i>C 80 H</i>)	448
16. DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE – LES RÉSEAUX ET LES POSTES HT/BT	
16.1. Principales architectures de la distribution BT	449
16.2. La continuité de l'énergie électrique	450
16.3. Évaluation et justification de la puissance d'une installation BT	451
16.4. Exemple d'estimation de la puissance installée et de la puissance d'utilisation d'un atelier de fabrications mécaniques	452
16.5. Réseau de distribution de deuxième catégorie	453
16.6. Démarche de détermination des caractéristiques d'un poste de livraison	454
16.7. Poste de livraison à comptage BT	455
16.8. Choix de la cellule de protection du transformateur	456
16.9. Poste de livraison à comptage HT	457
16.10. Les postes HT/BT	458
17. LES TRANSFORMATEURS	
17.1. Éléments à prendre en compte pour choisir un transformateur d'abonné	463
17.2. Guide de choix d'un transformateur HT/BT	468
17.3. Couplage des transformateurs	470
17.4. Installation des transformateurs HT/BT (sécurité)	471
17.5. Installation des transformateurs HT/BT (bruits)	472
17.6. Protection des transformateurs HT/BT	472
17.7. Questions sur les transformateurs BT	473
17.8. Détermination approchée de la puissance d'un transformateur d'équipement BT	475
17.9. Chute de tension d'un transformateur BT	477
17.10. Guide de choix d'un transformateur BT	478
17.11. Remarques relatives au branchement des machines-outils	480
18. LES COFFRETS – LES ARMOIRES ET LES PUPITRES	
18.1. Démarche de détermination d'un coffret, d'une armoire ou d'un pupitre	481
18.2. Guide de choix d'une enveloppe de protection	482
18.3. Surfaces d'encombrement S_e et hauteur d'encombrement H_e	484
18.4. Propriétés des enveloppes	484
18.5. Choix de la climatisation pour les enveloppes	486
18.6. Exemple	488
19. LES RÉSEAUX DE TERRAIN. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI)	
19.1. Communication et protocole	489
19.2. Les réseaux informatiques	490
19.3. Les architectures d'automatismes	492
19.4. Les bus et les réseaux de terrain en automatisme industriel	493
19.5. Les liaisons asynchrones	499
19.6. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI)	501
19.7. Lexique de la VDI	504

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
20.	ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU INDUSTRIEL	
	20.1. Règles générales	505
	20.2. Les sectionneurs à fusibles	511
	20.3. Les porte-fusibles	512
	20.4. Les fusibles	512
	20.5. Les contacteurs	523
	20.6. La protection contre les courts-circuits et les surcharges	533
	20.7. Le relais de protection thermique	534
	20.8. Le relais de protection magnétique	535
	20.9. Le relais de protection multifonction	536
	20.10. Les appareils intégrés	538
	20.11. Démarreur-Contrôleur	539
	20.12. Les disjoncteurs	540
	20.13. La protection différentielle	548
	20.14. Les interrupteurs	550
	20.15. Les détecteurs	552
	20.16. Les auxiliaires de commande et de signalisation	560
	20.17. Les contacteurs auxiliaires	561
	20.18. Les automates programmables industriels (API)	563
	20.19. Les modules de sécurité	567
	20.20. Sélectivité et coordination	570
21.	LA GESTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	
	21.1. Les énergies renouvelables	573
	21.2.1. Le contrat	599
	21.2.2. Guide de choix d'un mode de tarification	599
	21.2.3. Informations sur les données tarifaires EDF en fonction des contrats	600
	21.2.4. Éléments permettant la vérification du choix d'une version tarifaire EDF	601
	21.2. La tarification	599
	21.3. La compensation de l'énergie réactive	608
	21.4. Guide de choix d'une installation des condensateurs	612
22.	LES COMMANDES DE SYSTÈMES	
	22.1. Structuration des systèmes automatisés	613
	22.2. Le GRAFCET	614
	22.2.1. Éléments du Grafcet	614
	22.2.2. Structure usuelle	616
	22.2.3. Exemple de chronogrammes associés aux actions	620
	22.2.4. Exemple : doseur malaxeur automatique	620
	22.3. Le Gemma	622
	22.4. La méthode SADT	625
23.	ÉLECTRONIQUE DE COMMANDE	
	23.1. Les circuits intégrés logiques (C.I.L.)	627
	23.2. Table des circuits intégrés logiques par fonction	630
	23.3. Composants passifs	631
	23.4. Semi-conducteurs	633
	23.5. Brochages des composants	635
	23.6 Exemples de montages	636
24.	ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE	
	24.1. Éléments à prendre en compte pour choisir et protéger les composants électroniques de puissance	637
	24.2. Choix des diodes	641
	24.3. Choix des thyristors	643
	24.4. Choix des triacs	647
	24.5. Les thyristors G.T.O (<i>Gate Turn off Thyristor</i>)	649
	24.6. Choix des transistors	650
	24.7. Choix des fusibles en électronique de puissance	652
	24.8. Choix des dissipateurs	656
	24.9. Exemples d'application	660
25.	MESURE ÉLECTRIQUE INDUSTRIELLE	
	25.1. Multimétrie	665
	25.2. Sécurité électrique et mesures associées	670
	25.3. Sécurité des appareils de mesurage	679
26.	NORMES ET TEXTES RÉGLEMENTAIRES	
	26.1. Décrets, circulaires, arrêtés, brochures relatifs à la sécurité	685
	26.2. Normes d'électricité NFC	690
	26.3. Organismes agréés	691
Annexes	– Symboles des grandeurs et des unités de mesure	692
	– Caractéristiques des matériaux	696
	– Lexique anglais-français	697
	– Liste des constructeurs et des organismes	699
	– Index alphabétique	703