

# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
1.	LOIS GÉNÉRALES D'ÉLECTROTECHNIQUE .....	9
2.	SYMBOLES ET CONVENTIONS	
	2.1. Les symboles électriques .....	13
	2.2. Les symboles pneumatiques et hydrauliques.....	40
	2.3. Les opérateurs logiques.....	46
	2.4. Les symboles et conventions pour les organigrammes.....	50
3.	PRÉVENTIONS DES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES	
	3.1. Accidents d'origine électrique : nature et importance .....	55
	3.2. Mesures pratiques de protection.....	60
	3.3. Sécurité du personnel.....	65
4.	SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE	
	4.1. Étude des schémas des liaisons à la terre et les risques encourus .....	95
	4.2. Défauts d'isolement et protection des personnes.....	96
	4.3. Incidence des SLT sur la protection des personnes et des biens. Continuité de service.....	102
	4.4. Exemples d'application.....	112
	4.5. Choix d'un schéma des liaisons à la terre .....	119
5.	CLASSIFICATION DES LOCAUX À PARTIR DES INFLUENCES EXTERNES INDICES DE PROTECTION	
	5.1. Définition des influences externes.....	123
	5.2. Définition des indices de protection.....	124
	5.3. Classification des locaux selon les influences externes – indice de protection minimum .....	125
6.	LES CONDUCTEURS – LES CÂBLES – LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES	
	6.1. Détermination des sections des conducteurs.....	129
	6.2. Câbles et conducteurs .....	161
	6.3. Conduits.....	163
	6.4. Goulottes .....	167
	6.5. Chemin de câbles.....	168
	6.6. Canalisations enterrées.....	170
	6.7. Canalisations préfabriquées .....	171
	6.8. Exemple de choix d'une canalisation électrique.....	173
7.	L'ÉCLAIRAGE	
	7.1. Démarche de détermination d'un avant-projet d'éclairage .....	175
	7.2. Renseignements nécessaires à l'établissement d'un avant-projet d'éclairage .....	176
	7.3. Choix des sources lumineuses .....	184
	7.4. Les techniques et les matériels d'éclairage .....	185
	7.5. Avant-projet d'éclairage .....	192
8.	LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE ÉLECTRIQUE	
	8.1. Démarche simplifiée de détermination d'un avant-projet de chauffage intégré.....	197
	8.2. Informations sur les éléments chauffants utilisés en chauffage électrique intégré haute isolation...	198
	8.3. Les câbles électrique chauffants.....	200
	8.4. Éléments permettant de vérifier les calculs d'un avant-projet de chauffage.....	203
	8.5. Définition des climats .....	205
	8.6. Caractéristiques des matériaux isolants thermiques.....	208
	8.7. Aération générale (réglementation) .....	210
	8.8. Exemple d'une maison en zone froide.....	212
	8.9. Schémas et repérage des circuits permettant d'effectuer les raccordements .....	213
	8.10. La régulation en chauffage électrique intégré haute isolation .....	216

CHAPITRES		PAGES
	8.11. Éléments chauffants utilisés en CEIH (Procédés de chauffage) .....	217
	8.12. Les pompes à chaleur .....	218
	8.13. Exemple d'étude thermique (pavillon) .....	219
	8.14. Abaque de consommations annuelles .....	222
	8.15. Lexique .....	223
	8.16. Production du froid en climatisation .....	224
9.	<b>ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU DOMESTIQUE ET TERTIARE</b>	
	9.1. La distribution publique BT .....	229
	9.2. Règles d'installations électriques domestiques .....	230
	9.3. Canalisations sous conduits encastrés .....	234
	9.4. Canalisations sous conduits apparents .....	236
	9.5. Schémas de principe d'une installation .....	238
	9.6. Les conducteurs de protections (PE) .....	240
	9.7. Le conducteur neutre .....	243
	9.8. Les prises de terre .....	248
	9.9. Équipement électrique d'une salle d'eau .....	247
	9.10. Protection des installations électriques contre la foudre .....	248
	9.11. Gestion de l'énergie électrique en milieu domestique .....	263
	9.12. Montages lumières .....	268
	9.13. Exemple d'installation électrique domestique .....	269
10.	<b>SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS</b>	
	10.1. De la conception à la maintenance .....	271
	10.2. Spécificités d'un établissement .....	272
	10.3. Éclairage de sécurité .....	277
	10.4. Sécurité incendie .....	285
	10.5. Dispositifs de coupure .....	305
	10.6. Alarmes techniques. La surveillance technique d'un bâtiment .....	306
	10.7. Les mots clés de la sécurité .....	307
	10.8. Normes relatives aux installations de sécurité .....	308
	10.9. Sécurité intrusion .....	309
	10.10. Détection, commande et transmission .....	312
	10.11. Alimentations secourues – Filtres et conditionneur de réseau .....	314
	10.12. Alimentation sans interruption (ASI) .....	318
11.	<b>LES MOTEURS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS</b>	
	11.1. Les moteurs asynchrones .....	319
	11.1.1. Démarche de détermination d'un moteur asynchrone .....	319
	11.1.2. Machine entraînée .....	320
	11.1.3. Environnement .....	326
	11.1.4. Caractéristiques électriques .....	328
	11.1.5. Détermination de la puissance nominale d'un moteur .....	331
	11.1.6. Conditions de démarrage .....	334
	11.1.7. Choix du démarreur .....	338
	11.1.8. Démarrage et freinage des moteurs asynchrones .....	344
	11.1.9. Détermination des démarreurs (calculs approchés) .....	357
	11.1.10. Protection thermique des moteurs asynchrones .....	363
	11.1.11. Fonctionnement en service intermittent .....	363
	11.1.12. Choix des moteurs .....	368
	11.1.13. Exemple de choix d'un moteur et de son mode de démarrage .....	377
	11.2. Les moteurs à courant continu	
	11.2.1. Démarche de détermination d'un moteur à courant continu .....	379
	11.2.2. Possibilités d'adaptation des moteurs à courant continu .....	379
	11.2.3. Machine entraînée .....	380
	11.2.4. Environnement .....	380
	11.2.5. Paramètres électriques .....	380
	11.2.6. Conditions d'utilisation .....	381

# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
	11.2.7. Repérage des circuits internes d'un moteur à courant continu .....	381
	11.2.8. Guide de choix des moteurs à courant continu .....	382
	11.2.9. Caractéristiques des moteurs à courant continu type LSK .....	383
	11.2.10. Abaques de sélection des moteurs à courant continu type LSK .....	384
	11.2.11. Choix de la motoventilation pour moteurs à courant continu type LSK .....	384
	11.2.12. Conditions particulières de protection .....	385
	11.2.13. Exemple de choix .....	385
	11.3. Moteurs synchrones à aimants (sans balai) Brushless .....	386
	11.3.1. Concept des servomoteurs Brushless .....	386
	11.3.2. Paramètres techniques .....	387
	11.3.3. Guide de choix des moteurs sans balais (Brushless) .....	388
	11.3.4. Caractéristiques des moteurs .....	389
	11.3.5. Aباques de résolution des moteurs sans balais type LS .....	390
	11.3.6. Exemple de choix de moteur .....	390
12.	<b>LES CONVERTISSEURS STATIQUES</b>	
	12.1. Identification du convertisseur dans les équipements d'automatismes .....	391
	12.2. Éléments à prendre en compte pour choisir un convertisseur statique .....	391
	12.3. Guide de choix des convertisseurs statiques .....	398
	12.4. Schéma de branchement des convertisseurs statiques .....	400
13.	<b>LES MICROMOTEURS</b>	
	13.1. Guide de choix des micromoteurs .....	407
	13.2. Guide de choix du réducteur .....	408
	13.3. Détermination des micromoteurs .....	408
	13.3.1. Moteur PAS A PAS .....	408
	13.3.2. Moteur à courant continu .....	411
	13.3.3. Moteur asynchrone .....	412
	13.3.4. Moteur synchrone .....	413
14.	<b>LES VÉRINS PNEUMATIQUES ET LES VÉRINS ÉLECTRIQUES</b>	
	14.1. Structure générale d'une installation .....	415
	14.2. Démarche de détermination d'un vérin pneumatique .....	417
	14.3. Les distributeurs et les électrovannes .....	426
	14.4. Guide de choix d'un détecteur .....	433
	14.5. Exemple montrant l'exploitation des éléments à prendre en compte pour vérifier le comportement des composants pneumatiques .....	435
	14.6. Schémas et repérages des circuits permettant d'effectuer les raccords .....	437
	14.7. Les vérins électriques .....	439
15.	<b>LES VÉRINS HYDRAULIQUES</b>	
	15.1. Informations sur les composants hydrauliques .....	443
	15.2. Les vérins hydrauliques (type HY/CUM) .....	446
	15.3. Les vérins hydrauliques (type CBDH) .....	448
16.	<b>DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE – LES RÉSEAUX ET LES POSTES HT/BT</b>	
	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 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

CHAPITRES		PAGES
17.	<b>LES TRANSFORMATEURS</b>	
	17.1. Éléments à prendre en compte pour choisir un transformateur d'abonné .....	463
	17.2. Couplage des transformateurs.....	468
	17.3. Installation des transformateurs HT/BT (sécurité) .....	469
	17.4. Installation des transformateurs HT/BT (bruits).....	470
	17.5. Protection des transformateurs HT/BT .....	470
	17.6. Questions sur les transformateurs BT .....	471
	17.7. Détermination approchée de la puissance d'un transformateur d'équipement.....	473
	17.8. Chute de tension d'un transformateur .....	475
	17.9. Guide de choix d'un transformateur .....	476
	17.10. Remarques relatives au branchement des machines-outils .....	484
18.	<b>LES COFFRETS – LES ARMOIRES ET LES PUPITRES</b>	
	18.1. Démarche de détermination d'un coffret, d'une armoire ou d'un pupitre.....	485
	18.2. Guide de choix d'une enveloppe de protection .....	486
	18.3. Surfaces d'encombrement $S_o$ et hauteur d'encombrement $H_o$ .....	488
	18.4. Propriétés des enveloppes .....	488
	18.5. Choix de la climatisation pour les enveloppes.....	490
	18.6. Exemple.....	492
19.	<b>LES RÉSEAUX DE TERRAIN. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI)</b>	
	19.1. Communication et protocole.....	493
	19.2. Les réseaux informatiques .....	494
	19.3. Les architectures d'automatismes.....	496
	19.4. Les bus et les réseaux de terrain en automatisme industriel.....	497
	19.5. Les liaisons asynchrones .....	501
	19.6. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI).....	503
	19.7. Lexique de la VDI .....	506
20.	<b>ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU INDUSTRIEL</b>	
	20.1. Règles générales.....	507
	20.2. Les sectionneurs à fusibles .....	513
	20.3. Les porte-fusibles .....	514
	20.4. Les fusibles .....	514
	20.5. Les contacteurs .....	525
	20.6. La protection contre les courts-circuits et les surcharges .....	535
	20.7. Le relais de protection thermique.....	536
	20.8. Le relais de protection magnétique .....	537
	20.9. Le relais de protection multifonction .....	538
	20.10. Les appareils intégrés .....	540
	20.11. Démarreur-Contrôleur .....	541
	20.12. Les disjoncteurs.....	542
	20.13. La protection différentielle .....	550
	20.14. Les interrupteurs.....	552
	20.15. Les détecteurs.....	554
	20.16. Les auxiliaires de commande et de signalisation .....	562
	20.17. Les contacteurs auxiliaires .....	563
	20.18. Les automates programmables industriels (API).....	565
	20.19. Les modules logiques de sécurité.....	572
	20.20. Sélectivité et coordination.....	576
21.	<b>LA GESTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE</b>	
	21.1. La tarification.....	579
	21.2. Guide de choix d'un mode de tarification.....	579
	21.3. Informations sur les données tarifaires EDF en fonction des contrats.....	580
	21.4. Éléments permettant la vérification du choix d'une version tarifaire EDF.....	581

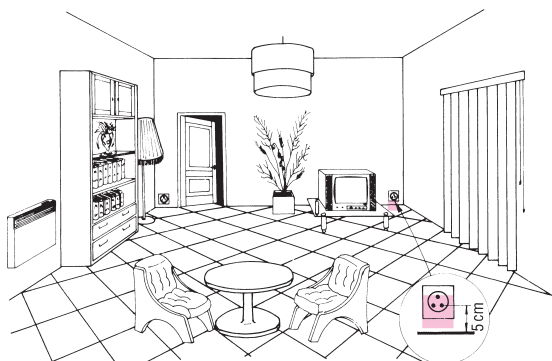
# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
	21.5. La compensation de l'énergie réactive .....	588
	21.6. Guide de choix d'une installation des condensateurs .....	592
22.	<b>LES COMMANDES DE SYSTÈMES</b>	
	22.1. Structuration des systèmes automatisés .....	593
	22.2. Le GRAFCET .....	594
	22.2.1. Langage de spécification Grafcet pour diagrammes fonctionnels en séquence .....	594
	22.2.2. Représentation graphique des éléments .....	600
	22.2.3. Représentation graphique des structures de séquence .....	605
	22.2.4. Structuration .....	608
	22.2.5. Exemple : doseur malaxeur automatique .....	612
	22.2.6. Le Gemma .....	616
23.	<b>ÉLECTRONIQUE DE COMMANDE</b>	
	23.1. Les circuits intégrés logiques (C.I.L) .....	617
	23.2. Attaques des entrées et des sorties des circuits intégrés logiques .....	620
	23.3. Table des circuits intégrés logiques par fonction .....	622
	23.4. Règles d'emploi des circuits intégrés logiques .....	624
	23.5. Composants passifs .....	626
	23.6. Les semi-conducteurs .....	628
	23.7. Transformateurs d'impulsions .....	630
	23.8. Circuits intégrés analogiques .....	631
	23.9. Brochages des composants .....	632
	23.10. Réalisation pratique des circuits imprimés .....	634
	23.11. Exemples de montages .....	636
24.	<b>ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE</b>	
	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 (Gate Turn off Thyristor) .....	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.	<b>MESURE ÉLECTRIQUE INDUSTRIELLE</b>	
	25.1. Multimétrie .....	665
	25.2. Sécurité électrique et mesures associées .....	675
	25.3. Sécurité des appareils de mesurage .....	684
26.	<b>NORMES ET TEXTES RÉGLEMENTAIRES</b>	
	26.1. Décrets, circulaires, arrêtés, brochures relatifs à la sécurité .....	693
	26.2. Normes d'électricité NFC .....	698
	26.3. Organismes agréés .....	699
ANNEXES		
	– Symboles des grandeurs et des unités de mesure .....	700
	– Caractéristiques des matériaux .....	704
	– Lexique anglais-français .....	705
	– Liste des constructeurs et des organismes .....	707
	– Index alphabétique .....	710

## 9.2.10. POSE DES SOCLES DE PRISES DE COURANT

- Tous les socles de prises de courant sont du type (2P + T).
- Tous les socles de prises de courant (16 A) doivent être à obturateurs par construction.
- Protection des prises de courant (16, 20, 32 A) par un dispositif différentiel (30 mA) ou moins.
- Les prises extérieures ont un IP 25 et sont placées à 1 m du sol fini.

### SOCLES DE PRISES DE COURANT 16 A ET 20 A

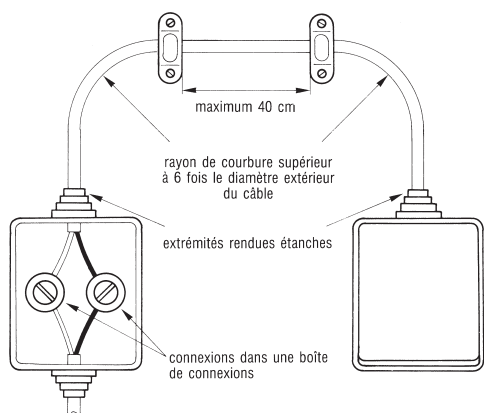


### SOCLES DE PRISES DE COURANT 32 A



## 9.2.11. POSE DES CÂBLES EN APPARENT

### CONDITIONS DE POSE DES CANALISATIONS EN CÂBLE



### TYPES DE CÂBLES

- Les séries FR. N 05 VV. U, R et A05 VV. F sont le plus souvent utilisées.

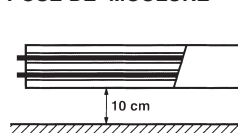
### CONDITIONS DE POSE

- L'encastrement des câbles ne peut se faire que dans des conduits.
- Les câbles doivent être fixés à l'aide de dispositifs appropriés ne les déformant pas.

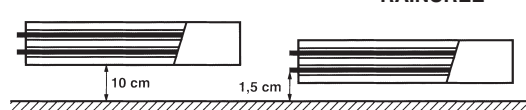
## 9.2.12. POSE DE MOULURE, PLINTHE ET CHAMBRANLE

- Un seul conducteur isolé par rainure en bois, toutefois, il est admis d'en poser plusieurs si les conducteurs appartiennent à un seul et même circuit.
- Les moulures sont fixées sur des matériaux secs.
- Il est interdit de les encastrer et de les recouvrir de papier peint.
- Il est interdit de poser les moulures à moins de 6,5 cm de l'intérieur d'un conduit de fumée.

### POSE DE MOULURE



### POSE DE PLINTHE RAINURÉE



SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm <sup>2</sup> )	NOMBRE DE CONDUCTEURS PAR RAINURE			
	1	2	3	4
1,5	6 mm	6 mm	8 mm	8 mm
2,5	6	6	8	10
4	6	8	10	12
6	6	10	12	15
10	8	12	15	20
16	8	15	20	20
25	10	20	25	25
35	12	20	25	30
50	15	25	30	35

• **Les surtensions induites ou rayonnées**

– Un coup de foudre indirect qui tombe n'importe où sur le sol est l'équivalent d'une antenne de grande longueur qui rayonne un champ électrique.

– Le rayonnement est d'autant plus important que le front de montée du courant est raide (**50 à 100 kA/μs**). Les effets se feront sentir à plusieurs centaines de mètres voire plusieurs kilomètres.

• **Conséquences :**

– Le couplage champ à câble : le champ électromagnétique va se coupler sur tout câble rencontré et générer des surtensions de mode commun et/ou de mode différentiel. Ces surtensions se propagent ensuite par conduction Fig. 4.

– Le couplage câble à câble : **diaphonie inductive** : de la même façon, le courant de la surtension circulant dans un câble, va générer à son tour un champ électromagnétique dont la composante magnétique **H** va induire une surtension dans tout câble qui forme une boucle. C'est la diaphonie inductive, **diaphonie capacitive** : de la même façon, le champ électromagnétique apparaissant lors d'une surtension va induire une surtension sur les câbles voisins à cause des capacités parasites existant entre ces câbles.

– Ce phénomène se rencontre surtout dans les chemins de câbles. Il a des effets néfastes lorsqu'un câble de puissance voisine avec des câbles de courants faibles.

– Induction dans les boucles de masse : un câble de signal relie un micro-ordinateur et son imprimante isolés galvaniquement. Chaque appareil est relié à la terre par un câble d'alimentation qui emprunte un chemin différent du câble de signal. La surtension engendrée est proportionnelle à la surface ainsi formée par les deux câbles. Par exemple, pour une surface de **300 m<sup>2</sup>** et un coup de foudre de **100 kA/μs** tombant à **400 mètres**, la surtension induite en mode commun sur la liaison signal sera de **15 kV** environ.

• **Montée en potentiel de la prise de terre :**

– Un coup de foudre qui frappe le sol engendre un courant de foudre qui se propage dans le sol suivant une loi dépendant de la nature du sol et de la prise de terre.

– Une surtension apparaît entre deux points du sol, provoquant une différence de potentiel de **500 V** entre les pattes d'un animal espacées de **1 m**, à plus de **100 m** de l'impact.

– De même, pour un courant moyen de **30 kA** et une prise de terre excellente de **20 ohms**, la montée en potentiel des masses sera, selon la loi d'Ohm, de **60 kV** par rapport au réseau. La montée en potentiel des équipements se réalise indépendamment du réseau, qui peut être aérien ou souterrain.

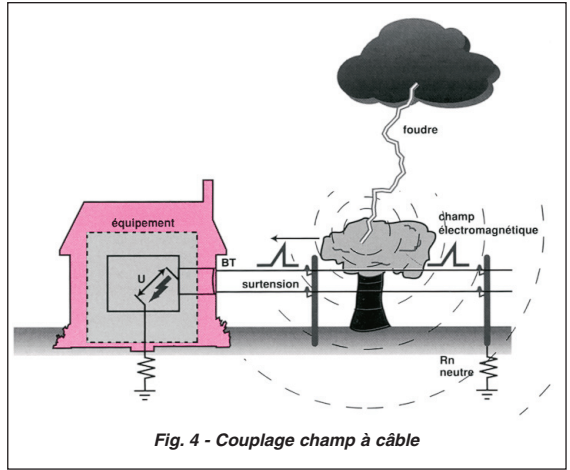


Fig. 4 - Couplage champ à câble

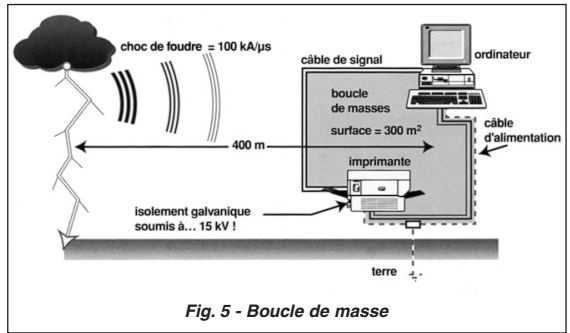


Fig. 5 - Boucle de masse

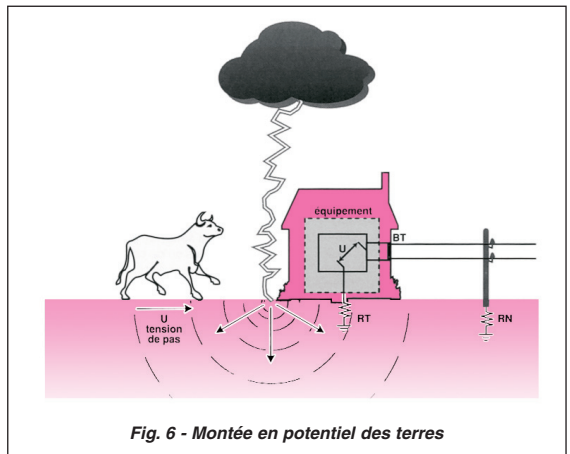


Fig. 6 - Montée en potentiel des terres