

SPECIFICATION E.1

REVISION DES NORMES CITEES DE CETTE SPECIFICATION E1

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	9
GLOSSAIRE	10
ARTICLE 1 DOMAINE D'APPLICATION, OBJET, PRESCRIPTIONS	
FONDAMENTALES, NORMES ET REGLEMENTS APPLICABLES, VALIDITE....	11
2 Domaine d'application.....	11
3 Prescriptions fondamentales.....	11
4 Protection pour assurer la sécurité.....	11
5 Protection contre les chocs électriques.....	11
6 Protection contre les effets thermiques.....	11
7 Protection contre les surtensions.....	11
8 Conceptions des installations et équipements électriques	12
9 Sectionnement et commande.....	12
10 Accessibilité des matériels électriques.....	12
11 Continuité d'exploitation.....	12
12 Normes et règlements applicables.....	12
13 Du domaine de la sécurité des personnels.....	13
14 Du domaine de la conception des équipements et installations.....	13
15 Principales normes françaises applicables.....	13
16 Directives de la Communauté Européenne et normes d'applications.....	13
17 Directive basse tension.....	13
18 Directive comptabilité électromagnétique (C.E.M.).....	13
19 Autres documents.....	14
ARTICLE 20 DÉFINITIONS.....	14
21 Termes définis dans les normes.....	14
22 Domaines de tension.....	14
23 Définitions spécifiques aux équipements dynamiques de la route.....	15
24 Armoire d'alimentation.....	15
25 Armoire de répartition (sous-distribution).....	15
26 Equipement de service.....	16
27 Equipement d'exploitation.....	16
28 Dispositif de couplage.....	16
29 Dispositif de coupure - dérivation.....	16
30 Diagramme de distribution.....	17
ARTICLE 31 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES INSTALLATIONS.....	17

32 Sources d'énergie et structure des installations.....	17
33 Puissance d'alimentation.....	17
34 Caractéristiques des sources d'alimentation.....	18
35 Généralités.....	18
36 Sources d'alimentation primaires.....	18
37 Sources d'alimentation internes.....	18
38 Caractéristiques des sources d'alimentations primaires.....	18
39 Courant alternatif HTA-EDF.....	18
40 Courant alternatif HTA non publique.....	19
41 Courant alternatif BTA-EDF.....	19
42 Caractéristiques des sources d'alimentation internes.....	19
43 Source à courant alternatif BTA.....	19
44 Source à courant continu.....	20
45 Schémas de distribution et des liaisons à la terre.....	20
46 En haute tension (HTA).....	20
47 En BTA, branchement EDF.....	21
48 En BTA, hors branchement EDF.....	22
49 En courant continu.....	23
50 Structure des distributions.....	23
51 Réseau en antenne ou bus BT.....	23
52 Réseau en étoile.....	24
53 Réseau en antenne étoilée.....	25
54 Alimentation par repiquage.....	26
55 Sécurisation de la distribution électrique.....	26
56 Généralités.....	26
57 Sécurisation par sources de remplacement.....	26
58 Par groupe électrique de secours ou onduleur, mobiles.....	26
59 Par sources BTA.....	27
60 Choix de la sécurisation.....	28
61 Influences externes.....	28
62 Environnement.....	28
63 Utilisation.....	28
64 Compatibilité.....	28
65 Généralités	28
66 Compatibilité électromagnétique.....	28
67 Maintenabilité.....	29
68 Généralités.....	29
69 Choix et mise en oeuvre en fonction de la maintenance, y compris l'exploitation et le nettoyage.....	30
70 Localisation de défaut d'isolement des câbles enterrés.....	30
71 Télécommande et supervision de la distribution d'énergie.....	30
72 Généralités.....	30
73 Equipements prévus dans l'armoire énergie d'alimentation.....	30
74 Informations - états.....	30
75 Télécommandes.....	31
76 Mesures.....	31
77 Equipements prévus dans les équipements des sources internes.....	31
78 Groupe électrique de secours.....	31
79 Ensemble chargeur, batterie et onduleur.....	32

80 Chargeur.....	32
81 Batterie d'accumulateurs.....	32
82 Onduleur et by-pass.....	32
83 Informations de synthèses du système d'énergie.....	32
84 Services et installations de sécurité.....	33
85 Généralités.....	33
86 Eclairage de secours des locaux techniques.....	33
87 Sources de secours de remplacement.....	34
88 Installations temporaires.....	34
89 Généralités.....	34
90 Installations temporaires de secours.....	34
 <u>ARTICLE 91 PROTECTION POUR ASSURER LA SÉCURITÉ.....</u>	 <u>35</u>
92 Protection contre les chocs électriques.....	35
93 Utilisation de la très basse tension.....	35
94 Mesures de protection contre les contacts directs.....	35
95 Protection contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation.....	35
96 Généralités.....	35
97 Règles applicables au schéma TN dans le cas où la protection est assurée uniquement par des dispositifs à surintensité (disjoncteur ou fusible).....	36
98 Règles applicables aux schémas TT ou TN avec D.R.....	36
99 Règles applicables au schéma IT.....	37
100 Règles applicables aux distributions à courant continu.....	37
101 Protection contre les contacts indirects sans coupure automatique de l'alimentation.....	38
102 Emploi de matériel de classe II.....	38
103 Protection par isolation supplémentaire lors de l'installation.....	38
104 Séparation des circuits.....	39
105 Protection contre les effets thermiques en service normal.....	39
106 Protection contre les surintensités.....	39
107 Généralités.....	39
108 Nature des dispositifs de protection.....	40
109 Protection contre les surcharges.....	40
110 Protection contre les courts-circuits.....	40
111 Généralités.....	40
112 Dispositifs de protection pour les câbles électriques.....	40
113 Remarques préliminaires.....	40
114 Détermination des dispositifs de protection.....	40
115 Température permanente initiale de fonctionnement des câbles.....	40
Exemple de calcul de la température initiale, θ , de fonctionnement d'un câble.....	42
116 Température finale des conducteurs en cas de court-circuit.....	43
117 Dispositifs de protection des récepteurs.....	43
118 Cas général.....	43
119 Cas du récepteur sur antenne ou bus BT.....	43
120 Protection contre les surtensions.....	43
121 Règles générales.....	43
122 Dispositions de protections contre les surtensions.....	44
123 Tenue aux chocs des installations.....	44
124 Protection contre les baisses de tension.....	44
125 Prescriptions générales.....	44

126 Alimentation continue par batterie d'accumulateurs.....	45
127 Sectionnement et commande.....	45
128 Généralités.....	45
129 Coupure de sécurité.....	46
130 Commande.....	46
131 Application des mesures de protection pour assurer la sécurité.....	46
132 Mesures de protection contre les chocs électriques.....	46
133 Protection contre les contacts directs.....	46
134 Protection contre les contacts indirects.....	46
135 Tronçon entre source et armoire d'alimentation.....	47
136 Tronçons entre armoire d'alimentation et les équipements de service ou armoires de répartition.....	47
137 Solution pour distribution extérieure.....	47
138 Solution pour distribution intérieure.....	48
139 Solution à continuité d'exploitation renforcée.....	49
140 Autres solutions.....	50
141 Tronçons entre armoire de répartition et équipements de service.....	51
142 Tronçons entre équipements de service et équipements d'exploitation.....	52
143 Mesures de protection contre les effets thermiques en service normal.....	52
144 Mesures de protection contre les surintensités.....	53
145 Protection contre les surcharges.....	53
146 Protection contre les courts-circuits.....	53
<u>ARTICLE 147 CHOIX ET MISE EN OEUVRE DES MATÉRIELS.....</u>	<u>54</u>
148 Règles communes à tous les matériels.....	54
149 Généralités.....	54
150 Qualité du matériel employé.....	54
151 Choix des matériels en fonction des conditions de service et des influences externes.....	54
152 Choix des matériels en fonction des conditions de service.....	54
153 Performances.....	54
154 Autres conditions de fonctionnement des équipements.....	54
155 Conditions générales.....	54
156 Tension assignée de tenue aux chocs.....	55
157 Courant d'appel ou courant magnétisant.....	55
158 Equilibrage des phases.....	55
159 Création d'harmoniques.....	55
160 Choix et mise en oeuvre des matériels en fonction des influences externes.....	56
161 Accessibilité des matériels électriques.....	56
162 Identification et repérage.....	56
163 Généralités.....	56
164 Identification et repérage des canalisations et des accessoires de raccordements.....	56
165 Identification et repérage des conducteurs, des composants, dans des ensembles, armoires, ou coffrets.....	57
166 Identification et repérage des équipements et composants sur les représentations schématiques.....	57
167 Indépendance des matériels électriques.....	58
168 Généralités.....	58
169 Régimes transitoires.....	58
170 Manoeuvres de mise sous tension de l'équipement.....	58

171 Fonctionnement dynamique de l'équipement.....	58
172 Canalisations.....	59
173 Généralités.....	59
174 Modes et conditions de pose.....	59
175 Canalisations extérieures.....	59
176 Canalisations intérieures.....	59
177 Effort de tirage des câbles.....	60
178 Température de déroulage des câbles.....	60
179 Rayons de courbure des câbles.....	60
180 Conditions de conception des réseaux de câbles de distribution en antenne.....	60
181 Choix et mise en oeuvre en fonction des influences externes.....	61
182 Réseau BTA extérieur.....	61
183 Réseau BTA dans les locaux.....	62
184 Réseau BTA dans armoires ou coffrets.....	62
185 Réseaux spécifiques TBT.....	62
186 Courants admissibles.....	62
187 Généralités.....	62
188 Température ambiante.....	62
189 Résistivité thermique du sol.....	63
190 Autres conditions d'utilisation selon chapitres 523-4 à 523-7 de la norme NF C 15-100.....	63
191 Sections des conducteurs.....	63
192 Chutes de tension.....	63
193 Généralités.....	63
194 Répartitions des chutes de tension.....	64
195 Alimentation BTA/EDF selon NF C14-100.....	64
196 Alimentation par poste HTA/BTA (réseau non publique).....	64
197 Formule de calculs des chutes de tension.....	65
198 Affectation et type d'alimentation des récepteurs.....	67
199 Pour les caméras.....	67
200 Pour les RAD.....	67
201 Pour les « gros consommateurs » d'énergie.....	67
202 Chutes de tension pour les équipements implantés dans des locaux techniques.....	67
203 Connexions.....	68
204 Généralités.....	68
205 Jonctions et dérivations.....	68
206 Liaisons BTA cuivre-cuivre et aluminium-aluminium.....	68
207 Dérivations BTA aluminium-cuivre.....	69
208 Connexions, dérivations des conducteurs de protection.....	69
209 Choix et mise en oeuvre pour limiter la propagation du feu.....	69
210 Généralités.....	69
211 Barrières coupe-feu.....	69
212 Voisinage avec les autres canalisations.....	69
213 Règles particulières aux différents modes de pose.....	70
214 Appareillage (protection, commande et sectionnement).....	70
215 Généralités et dispositions communes.....	70
216 Dispositifs de protection contre les chocs électriques.....	70
217 Dispositifs de protection contre les surintensités.....	70
218 Généralités.....	70

219 Choix des dispositifs contre les surcharges.....	70
220 Utilisation de fusibles.....	70
221 Utilisation des disjoncteurs.....	71
222 Dispositifs de protection contre les surtensions.....	71
223 Dispositifs de protection contre les baisses de tension.....	72
224 Coordination entre les différents dispositifs de protection.....	72
225 Sélectivité entre dispositifs de protection contre les surintensités.....	72
226 Coordination entre les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel et les dispositifs de protection contre les surintensités.....	72
227 Coordination entre les dispositifs de protection à courant résiduel.....	72
228 Dispositifs de commande et de sectionnement.....	72
229 Mises à la terre et conducteurs de protection.....	73
230 Généralités.....	73
231 Liaisons à la terre.....	73
232 Conducteurs de protection.....	73
233 Mise à la terre pour des raisons de protection.....	73
234 Mise à la terre pour des raisons fonctionnelles.....	73
235 Mise à la terre pour des raisons combinées de protection et fonctionnelles.....	74
236 Conducteurs d'équipotentialité.....	74
237 Autres matériels.....	74
238 Transformateurs.....	74
239 Machines tournantes.....	74
240 Convertisseurs.....	75
241 Règles générales complémentaires à la norme NF C 15-100.....	75
242 Dispositions générales.....	75
243 Eléments pour supervision.....	75
244 Energie de secours.....	75
245 Redresseur/chargeur.....	76
246 Onduleur (alimentation sans interruption : ASI).....	76
247 Batterie d'accumulateurs.....	77
248 Matériels d'installation.....	78
249 Appareils de mesures.....	78
250 Condensateurs statiques.....	78
251 Ensemble d'appareillage.....	78
252 Matériels d'utilisation.....	78
253 Alimentation pour service de secours.....	78
254 Matériels divers.....	78
255 Pénétrations des câbles extérieurs dans les locaux techniques, coffrets ou armoires électriques.....	78
256 Protection parafoudre dans les équipements dynamiques.....	79
257 Limitation des effets des courants magnétisants des transformateurs des équipements dynamiques.....	80
258 Alimentation de secours des locaux techniques.....	81
259 Groupe électrique mobile de secours.....	81
260 Généralités.....	81
261 Caractéristiques principales de l'ensemble groupe de secours.....	82
262 Equipements principaux du groupe électrique de secours.....	82
<u>ARTICLE 263 VÉRIFICATION DES INSTALLATIONS.....</u>	<u>83</u>

264 Généralités.....	83
265 Essais usine.....	83
266 Vérifications en cours de montage.....	83
267 Contrôles des puits de terre et câbles de protection.....	83
268 Contrôles des câblages.....	83
269 Câbles HTA.....	83
270 Câbles basse tension BTA.....	84
271 Contrôles d'isolement des équipements.....	84
272 Essais fonctionnels.....	84

TABLE DES ILLUSTRATIONS

<u>FIGURE 1 - DIAGRAMME DE DISTRIBUTION.....</u>	<u>17</u>
<u>FIGURE 2 - RÉGIME DES LIAISONS À LA TERRE, BRANCHEMENT À PUISSANCE LIMITÉE : SCHÉMA TT.....</u>	<u>21</u>
<u>FIGURE 3 - RÉGIME DES LIAISONS À LA TERRE, BRANCHEMENT À PUISSANCE SURVEILLÉE : SCHÉMA TT.....</u>	<u>21</u>
<u>FIGURE 4 - RÉGIME DES LIAISONS À LA TERRE, CONNEXION AU NEUTRE DU POSTE DE LIVRAISON.....</u>	<u>22</u>
<u>FIGURE 5 - RÉGIME DES LIAISONS À LA TERRE HORS BRANCHEMENT EDF : SCHÉMA TNS.....</u>	<u>23</u>
<u>FIGURE 6 - SCHÉMA DISTRIBUTION EN ANTENNE OU BUS BT.....</u>	<u>24</u>
<u>FIGURE 7 - SCHÉMA DISTRIBUTION EN ÉTOILE.....</u>	<u>25</u>
<u>FIGURE 8 - SCHÉMA D'UN RÉSEAU EN ANTENNE ÉTOILÉE.....</u>	<u>26</u>
<u>FIGURE 9 - DISTRIBUTION PAR UN SEUL BUS-BT.....</u>	<u>27</u>
<u>FIGURE 10 - DISTRIBUTION PAR DEUX BUS-BT.....</u>	<u>27</u>
<u>FIGURE 11 - DISTRIBUTION À COURANT CONTINU.....</u>	<u>38</u>
<u>FIGURE 12 - SOLUTION POUR DISTRIBUTION EXTÉRIEURE.....</u>	<u>48</u>
<u>FIGURE 13 - SOLUTION POUR DISTRIBUTION INTÉRIEURE.....</u>	<u>49</u>
<u>FIGURE 14 - SOLUTION À CONTINUITÉ D'EXPLOITATION RENFORCÉE.....</u>	<u>50</u>

FIGURE 15 - AUTRES MODES DE DISTRIBUTION POSSIBLE.....	51
FIGURE 16 - TYPES DE DISTRIBUTIONS ET PROTECTIONS ASSOCIÉES.....	52
FIGURE 17 - INSTALLATION TYPE DES RÉSEAUX EN ANTENNE OU BUS-BT...61	61
FIGURE 18 - ALIMENTATION BTA/EDF.....	64
FIGURE 19 - ALIMENTATION PAR POSTE HTA/BTA (RÉSEAU NON PUBLIC).....	65
FIGURE 20 - CALCULS DES CHUTES DE TENSION.....	66
FIGURE 21 - EXTRÉMITÉ DE BUS-BT EN ANTENNE.....	69
FIGURE 22 - SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE SOURCE ONDULEUR.....	76
FIGURE 23 - PÉNÉTRATION DES CÂBLES DANS UN LOCAL TECHNIQUE.....	79
FIGURE 24 - PÉNÉTRATION DES CÂBLES DANS UNE ARMOIRE OU COFFRET EXTÉRIEURS.....	79
FIGURE 25 - SCHÉMA DE PRINCIPE D'ALIMENTATION D'UN ÉQUIPEMENT DYNAMIQUE.....	80
FIGURE 26 - EXEMPLE DE SCHÉMA DE SECOURS.....	81
TABLEAU 1 : DOMAINES DE TENSIONS.....	14
TABLEAU 2 : TENSIONS DES SOURCES À COURANT CONTINU.....	20
TABLEAU 3 : MESURES DE PROTECTION.....	37
TABLEAU 4 : TENSION ASSIGNÉE DE TENUE AUX CHOCS.....	55
TABLEAU 5 : VARIATION DE TENSION DES GROUPES ÉLECTRIQUES MOBILES.....	82

SPECIFICATION E.1

REVISION DES NORMES CITEES DE CETTE SPECIFICATION E1

MODIFICATIONS		DATE	VISA
a	Première édition ; schémas à main levée	22/06/1982	
b	Création de la Spécification G1 - Création article 5 - Approbation par le Chef de l'Arrondissement EVR (article 1-2)	25/03/1983 14/01/1988	
c	Mise à jour pour projet SIRIUS-ouest	6/11/1998	
d1	Petites corrections	en cours	
e	Révision des normes citées de ce document	10/10/2013	

AVANT-PROPOS

La spécification E1 est relative aux équipements et installations utilisant l'énergie électrique basse tension et très basse tension définies au paragraphe 22 destinés à permettre le fonctionnement des matériels d'exploitation routière situés hors abri au voisinage des chaussées ou dans des locaux techniques.

La présente spécification E1 est un complément restrictif aux normes et règlements applicables, elle est conçue selon les dispositions de la norme NF C 15-100, et du décret 88-1056 du 14 Novembre 1988 ; elle précise les choix du Maître d'Ouvrage par rapport aux possibilités offertes par les normes et réglementations.

L'indice c de mise à jour de la procédure E1 intègre les principales modifications suivantes :

- ◆ Suppression des alimentations par transformateurs MT/BT et coffret de sectionnement disposés en regards enterrés.
- ◆ Alimentation en énergie des équipements par réseaux basse tension d'EDF.
- ◆ Développement de la distribution basse tension en antenne de « bus basse tension ».
- ◆ Intégration des réglementations européennes relatives :
 - au marquage CE
 - à la Comptabilité Electromagnétique (C.E.M.).

GLOSSAIRE

Selon NF C 15-100, : Chapitre Introduction

Spécifique, aux équipements dynamiques de la route :

- *Bus BT : Feeder constitué d'un câble BT, généralement en aluminium destiné à alimenter, en dérivation, les équipements électriques le long des voies routières.
- *CAC : Ensemble de « Contrôle d'accès » sur voie routière comprenant armoire de service et équipements d'exploitation.
- *PMV : Ensemble « Panneaux à message variable » avec équipement de service et d'exploitation.
- *RAD : Equipement d'exploitation de « Recueil automatique de données » de trafic avec son détecteur et alimentation en énergie.
- *SAV : Ensemble « Signaux d'affectation de voies », comprenant armoire de service et caissons d'exploitation.
- *CAM : Equipement d'exploitation type caméra.
- * Δu : Chute de tension (volt).
- * I_{cc} : Courant de court-circuit (ampère).
- *CA : Courant alternatif.
- *CC : Courant continu.
- *DR : Dispositif résiduel (relais de protection à courant différentiel).
- *BTA : Courant alternatif basse tension (inférieure à 1000 V).
- *TBT : Très basse tension.
- * $I_{\Delta n}$: Courant différentiel résiduel (ampère).

SPÉCIFICATION E1

ARTICLE 1 DOMAINE D'APPLICATION, OBJET, PRESCRIPTIONS FONDAMENTALES, NORMES ET REGLEMENTS APPLICABLES, VALIDITE

2 Domaine d'application

La présente spécification générale s'applique à l'ensemble des systèmes, équipements, fournitures et services en rapport avec l'exploitation des autoroutes et voies assimilées d'Ile de France définies par l'arrêté du ministre de l'équipement du 28 octobre 1988.

3 Prescriptions fondamentales

4 Protection pour assurer la sécurité

Les règles énoncées dans la présente spécification sont destinées à assurer la sécurité des personnes et des équipements contre les dangers et dommages pouvant résulter de l'utilisation des installations et équipements électriques dans des conditions qui peuvent raisonnablement être prévues.

5 Protection contre les chocs électriques

Les personnes doivent être protégées contre les dangers pouvant résulter d'un contact :

- ◆ avec les parties actives (contact direct),
- ◆ avec des masses accidentellement sous tension (contact indirect).

6 Protection contre les effets thermiques

Les personnes et les biens doivent être protégés contre toute élévation anormale de température des matériels, pouvant engendrer des brûlures, la destruction ou même la dégradation des biens.

Cette élévation de température pouvant résulter :

- ◆ d'une surcharge,
- ◆ d'un court-circuit.

Voir paragraphe 106

7 Protection contre les surtensions

Les personnes et les biens doivent être protégés contre toutes élévations anormales de la tension d'alimentation.

Ces surtensions pouvant être d'origine :

- ◆ atmosphérique (foudre),
- ◆ inductive, présence de réseaux de distribution à haute tension ou de forte puissance (EDF, RATP, SNCF...),
- ◆ de manoeuvre d'équipement ou de défaut d'isolement.

Voir paragraphe 120

8 Conceptions des installations et équipements électriques

Les installations et les équipements électriques doivent être conçus afin :

- ♦ d'assurer la protection des personnes et des matériels,
 - ♦ d'assurer le fonctionnement satisfaisant des installations et équipements électriques en fonction des utilisations requises,
 - ♦ de permettre un dépannage méthodique et pratique
- selon les critères fonctionnels et de disponibilité contractuelle (par exemple : localisation des défauts des câbles enterrés).

9 Sectionnement et commande

Des dispositifs de sectionnement doivent être prévus afin de pouvoir procéder en tous points de l'installation, à l'entretien, à la vérification, à la localisation des défauts, aux réparations et aux modifications de l'installation.

Voir également paragraphe 127

10 Accessibilité des matériels électriques

Les matériels doivent être disposés de façon à permettre leur accessibilité aux fins de réalisation de l'installation, de service, de vérification, d'entretien, de réparation et de modification.

Voir également :

- ♦ Spécification G1
- ♦ Spécification E1, paragraphe 161

11 Continuité d'exploitation

Les installations doivent être conçues de façon qu'un défaut sur une partie de l'installation ne mette en cause que le fonctionnement de cette partie d'installation ou de la partie d'installation située en aval.

Par convention la présente spécification distingue :

- ♦ La continuité d'exploitation ordinaire, dans les cas où un défaut sur une canalisation en amont d'un équipement de service peut entraîner la mise hors tension d'un autre équipement de service (voir définition du paragraphe 26).
- ♦ La continuité d'exploitation renforcée, dans les cas où la continuité d'exploitation est totale même en cas de défaut sur une canalisation de distribution en amont d'un équipement de service.

Voir également spécification G1.

12 Normes et règlements applicables

Le présent paragraphe indique les normes et documents de portée générale, applicables à l'ensembles des ouvrages et installations. Des normes particulières selon équipements ou les parties d'installation sont mentionnées dans le reste de la présente spécification.

13 Du domaine de la sécurité des personnels

- ♦ Décret 88-1056 du 14/11/1988.
- ♦ Décret 93-1418 du 31 décembre 1993, Intégration de la sécurité et organisation de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé lors des opérations de bâtiment ou de génie civil.
- ♦ Note technique SEC/EL N°14 de Mars 1971.
- ♦ NF EN 61140
- ♦ C 12-101U Textes officiels relatifs à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques.
- ♦ UTE C 18-510U Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique.
- ♦ NF EN 50110-1
 - ♦ NF EN 50110-2

14 Du domaine de la conception des équipements et installations

15 Principales normes françaises applicables

- ♦ NF C 15-100 Installations électriques basse tension.
- ♦ NF C 14-100 Installation de branchement à basse tension.
- ♦ NF C 13-100 Postes électriques de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie.
- ♦ NF C 13-200 Installations électriques à haute tension - Règles.
- ♦ NF C 68-300 Matériel de pose des canalisations - Presse-étoupe - Règles générales.
- ♦ NF C 68-312 Matériels de pose des canalisations - Presse-étoupe en matière métallique - Règles particulières ♦
- ♦ NF EN 60529 Degrés de protection procurés par les enveloppes. (indice C 20-010).
- ♦ NF EN 61000-3-2 Compatibilité électromagnétique - Partie 3 : limites - Section 2 : limites pour les émissions de courant harmonique.

16 Directives de la Communauté Européenne et normes d'applications

Sont applicables non seulement les directives suivantes, mais aussi leurs textes d'application par famille et par produit.

17 Directive basse tension

Référence : 73/23/CEE du 12/12/2006 et 93/68/CEE du 22/07/1993.

Transposition en droit français : Décret 95/1081 du 03/10/1995.

Date d'application (avec marquage CE), à compter du 02/01/1997.

18 Directive compatibilité électromagnétique (C.E.M.)

Références :

- ♦ 2004/108/CE du 15/12/2004
- ♦ 92/31/CEE du 28/04/1992
- ♦ 93/68/CEE du 22/07/1993.
- ♦ UTE C 00-200 et additif 1

Transposition en droit français : Décret 92-587 du 28/06/1992 et décret 95-283 du 13/03/1995

Date d'application (avec marquage CE), à compter du 02/01/1997.

19 Autres documents

- ♦ Spécification G1
- ♦ Spécification MS1

et les normes et documents de référence qui y sont mentionnés.

ARTICLE 20 DÉFINITIONS

21 Termes définis dans les normes

Les définitions des normes à retenir sont, en particulier :

- ♦ NF C 15-100, Partie 2, Chapitres 2-1 à 2-9.
- ♦ NF C 14-100.

22 Domaines de tension

Les domaines de tension selon le décret du 14 Novembre 1988 article 3-1 et repris dans la UTE C 18-510U au chapitre 2-3-2 sont les suivants :

Tableau 1 : Domaines de tensions

Domaines de tension		Valeur de la tension nominale U_n exprimée en volts	
		en courant alternatif	en courant continu lisse
Très basse tension (domaine TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse tension (domaine BT)	Domaine BTA	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	Domaine BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute tension (domaine HT)	Domaine HTA	$1000 < U_n \leq 50000$	$1500 < U_n \leq 75000$
	Domaine HTB	$U_n \geq 50000$	$U_n \geq 75000$

23 Définitions spécifiques aux équipements dynamiques de la route

24 Armoire d'alimentation

Ensemble d'appareillage et son enveloppe, installé dans un lieu accessible sans danger (local technique) que l'on rencontre obligatoirement à l'aval des sources d'alimentation définies au paragraphe 32

Elle est conçue en cohésion avec les protections de ces sources et assure les fonctions suivantes :

- ◆ Séparation de la source d'énergie : sectionnement d'une manière pleinement apparente de tous les conducteurs actifs par un dispositif condamnable mécaniquement en position ouvert.
- ◆ Protection de l'aval contre les contacts indirects.
- ◆ Protection de l'aval contre les surintensités.
- ◆ Raccordement des divers conducteurs, y compris canalisations de terre et conducteurs de protection.

L'armoire d'alimentation doit également comporter :

- ◆ Un dispositif « d'arrêt d'urgence » des installations en cas de danger.
- ◆ Des équipements et accessoires permettant de satisfaire aux spécifications de télécommande et supervision de la distribution électrique, telles que définies au paragraphe 71 de la présente spécification.
- ◆ Des équipements mécaniques, électroniques, électromécaniques et un dispositif de chauffage (régulé) assurant un fonctionnement sûr des matériels (température).

L'armoire d'alimentation doit être conçue en cohérence avec les dispositifs amont assurant la protection contre les chocs électriques et les risques de brûlures.

Les spécifications générales des enveloppes sont données par la spécification G1.

Selon les spécifications particulières, certaines fonctions de protection-distribution peuvent être réalisées par les matériels débouchables ou fixes installés dans des tiroirs déconnectables.

Cette armoire d'alimentation peut également être appelée TGBT (Tableau Général Basse Tension).

25 Armoire de répartition (sous-distribution)

Ensemble d'appareillage et son enveloppe, installé dans un lieu accessible sans danger, rencontré éventuellement en aval d'une armoire d'alimentation.

Cette armoire est conçue en cohésion avec les protections de l'armoire d'alimentation et assure les fonctions suivantes :

- ◆ Séparation de la source d'énergie : sectionnement d'une manière pleinement apparente de tous les conducteurs actifs par un dispositif condamnable mécaniquement en position ouvert.
- ◆ Protection de l'aval contre les contacts indirects.

- ◆ Protection de l'aval contre les surintensités.
- ◆ Raccordement des divers conducteurs, y compris canalisations de terre et conducteurs de protection.

Cet ensemble comprend divers dispositifs, mécaniques, électroniques, électromécaniques et un dispositif de chauffage assurant un fonctionnement sur du matériel (température).

Si des armoires d'alimentation et de répartition sont côte à côte, elles peuvent être dans la même enveloppe.

26 Equipement de service

Ensemble d'appareillages et son enveloppe nécessaire au fonctionnement des matériels d'exploitation. L'équipement de service est installé dans un lieu aussi sûr que possible, d'un accès sans danger. Tout le matériel non techniquement indispensable dans l'équipement d'exploitation doit être installé dans l'équipement de service.

Voir également spécification G1.

27 Equipement d'exploitation

Matériel en contact avec la circulation pouvant de ce fait se trouver dans un endroit peu ou pas accessible en circulation normale.

Voir également spécification G1.

28 Dispositif de couplage

Ensemble d'appareillage et son enveloppe utilisé pour une distribution en antenne ou BUS/BT, il permet d'assurer les fonctions suivantes :

- ◆ Couplage, sectionnement, séparation réseaux de câbles.
- ◆ Mise à la terre des câbles et consignation.

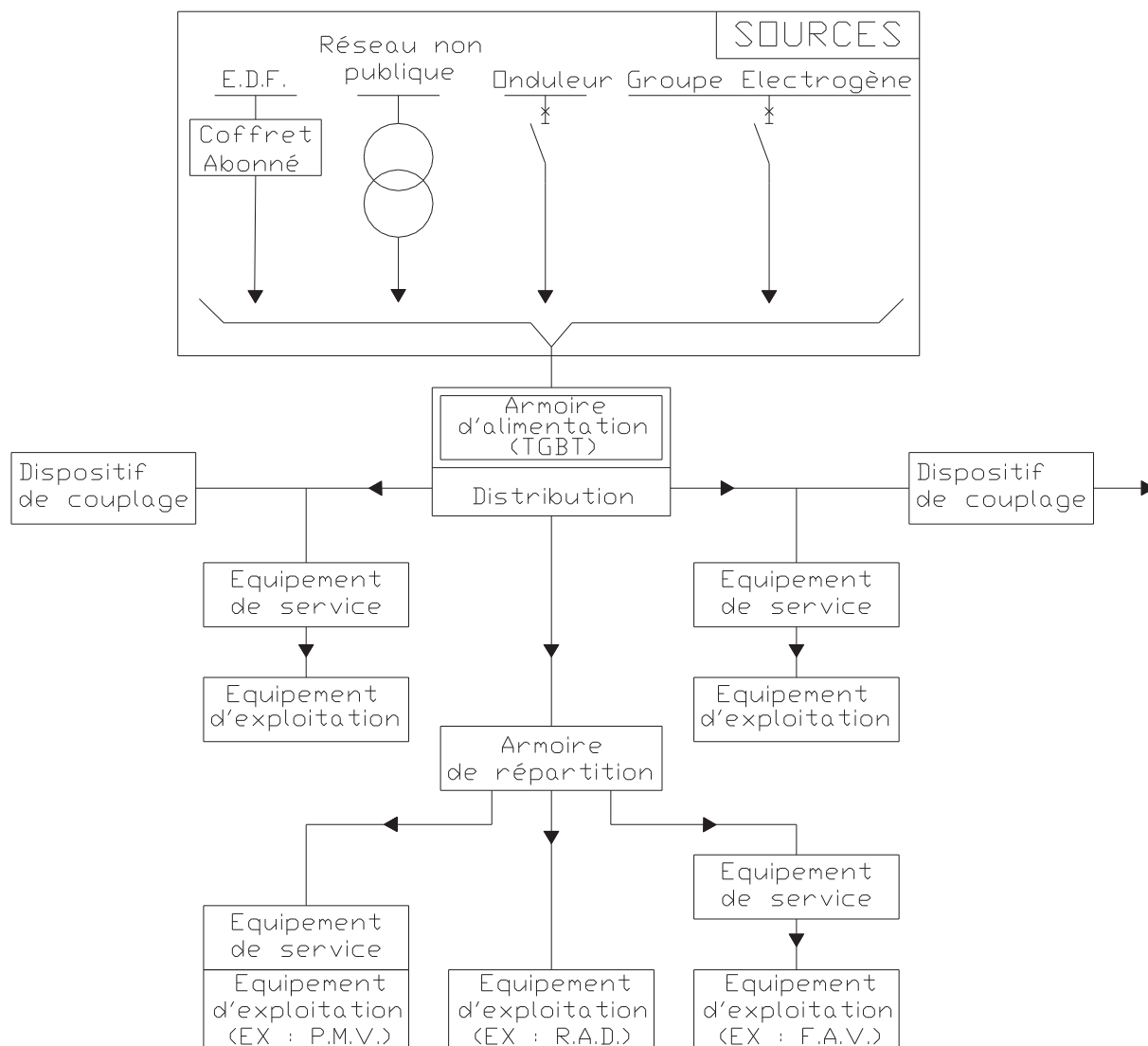
Un dispositif de couplage ne comporte pas de protection.

29 Dispositif de coupure - dérivation

Cet équipement assure les mêmes fonctions qu'un dispositif de couplage ; il permet en plus d'isoler un équipement dynamique.

30 Diagramme de distribution

Figure 1 - Diagramme de distribution



ARTICLE 31 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES INSTALLATIONS

32 Sources d'énergie et structure des installations

33 Puissance d'alimentation

Les dimensionnements des sources d'énergie des équipements et des canalisations tiendront compte des conditions fonctionnelles, en particulier :

- ♦ De la simultanéité de fonctionnement des récepteurs ; pas de foisonnement admis.
- ♦ Des démarrages à chaud et à froid de tout ou partie de l'installation.
- ♦ Des différents régime de marche possibles (exemple : surbrillance) et des influences :
 - de la tension d'alimentation,
 - de l'intensité consommée, et de l'équilibrage des consommations,
 - du facteur de puissance,

- du courant magnétisant d'appel,
- de la présence d'harmoniques.
- ♦ De réserve de puissance à prévoir pour extension, ou pour sécurisation d'alimentation, voir paragraphe 55
- ♦ De réserve de puissance pour prises de courant locales pour interventions (exemple : oscilloscope).
- ♦ De l'autonomie de fonctionnement demandée, par exemple 48 heures pour la batterie de la source à courant continu alimentant les équipements du système RAU (Réseau d'Appel d'Urgence) ou des systèmes de soutien supportant ce RAU, voir paragraphe 44 de la présente spécification.
- ♦ De la normalisation dimensionnelle des matériels (transformateur, onduleur) ou des branchements EDF (tarifs Jaune et Bleu).
- ♦ Des besoins spécifiques en énergie monophasée, triphasée, voire biphasée, définis par l'entreprise et acceptés par le Maître d'Oeuvre.

34 Caractéristiques des sources d'alimentation

35 Généralités

Les matériels d'exploitation routière sont alimentés en basse tension par des sources d'alimentation primaires ou Ddes sources d'alimentation internes.

36 Sources d'alimentation primaires

Ces sources étant constituées :

- ♦ Soit directement par un réseau de distribution publique de première catégorie, par l'intermédiaire d'une installation de branchement conforme à la norme NF C 14-100.
- ♦ Soit par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie, par l'intermédiaire d'un poste de transformation, dit d'abonné, conforme à la norme NF C 13-100.
- ♦ Soit par une installation à haute tension par l'intermédiaire d'un poste de transformation conforme à la norme NF C 13-200, et d'un réseau spécifique de distribution HTA de tension triphasée de 5,5 kV.

37 Sources d'alimentation internes

Ces sources étant constituées :

- ♦ En courant alternatif
 - de groupe électrogène mobile,
 - d'onduleur monophasé ou triphasé avec ou sans autonomie.
- ♦ En courant continu
 - de redresseur sans autonomie,
 - de chargeur avec batterie, avec autonomie.

38 Caractéristiques des sources d'alimentations primaires

39 Courant alternatif HTA-EDF

Les caractéristiques principales de ces sources sont les suivantes :

- ♦ Tension nominale : 20kV + ou -7%
(en Région Parisienne, possibilité + ou - 5%).

- ◆ Fréquence : 50 Hz + ou -2%.
- ◆ Puissance de court-circuit communiquée par EDF pour pré-étude ou sans information retenir = 500 MVA.
- ◆ Réglementation : NF C 13-100.

40 Courant alternatif HTA non publique

Les caractéristiques principales de ces sources sont les suivantes :

- ◆ Distribution triphasée, sans neutre, 5,5 kV.
- ◆ Tension réglable au secondaire des transformateurs 20/5,5 kV, réglages possibles - 5 / - 2,5 / 0 / + 2,5 et + 5 %.
- ◆ Transformateur couplage triangle-étoile, puissance : 160 à 315 kVA, tension de court circuit = 6%.
- ◆ Neutre à la terre, par résistance de limitation du courant de défaut.
- ◆ Réglementation : NF C 13-200.

41 Courant alternatif BTA-EDF

- ◆ Branchements EDF :
 - Tarif bleu : « Puissance limitée » à 36 kVA de types 1 et 2.
 - Tarif jaune : « Puissance surveillée », puissance maximale : 250 kVA, type de branchement à privilégier.
- ◆ Tensions nominales :
 - Tarif bleu : Monophasé, $U_n = 230$ V.
 - Tarifs bleu ou jaune : Triphasé plus Neutre, $U_n = 230/400$ V.
- ◆ Tensions EDF contractuelles
 - $U_n = + 6\%$ soit 244/424 V
 - $U_n = -10\%$ soit 207/360 V.
 - Régime de distribution du neutre : T T.
- ◆ Puissance de court-circuit communiquée par EDF.
En l'absence d'information retenir pour I_{cc} maximum
 - 2 kA en tarif bleu,
 - 6 kA en tarif jaune.
- ◆ Réglementation : NF C 14-100.

42 Caractéristiques des sources d'alimentation internes

43 Source à courant alternatif BTA

Il s'agit de la production d'énergie produite par une source monophasée ou triphasée (avec neutre) de types :

- ◆ onduleur, voir paragraphe 246
- ◆ groupe électrique mobile de secours, voir paragraphe 259.

Les caractéristiques générales de cette source à courant alternatif BTA sont les suivantes :

- ◆ Tension Monophasée : $U_n = 230$ V
ou Tension Triphasée + Neutre : $U_n = 230/400$ V.
- ◆ Réglages de tensions, fréquences et puissances de court-circuit suivant les types de matériels retenus.

- ♦ Régime de distribution du neutre = TNS.
- ♦ Réglementation : NF C 15-100.

44 Source à courant continu

Les caractéristiques principales des sources à courant continu sont les suivantes :

- ♦ Tension du domaine : 1, tension inférieure à 120 V.
- ♦ Définitions :
 - Tensions
 - ♦ U_n = Nominale (de floating)
 - ♦ U_{mx} = Maximale (charge à fond)
 - ♦ U_{mi} = Minimale (fin décharge).
 - Batterie : capacité et nature à préciser et justifier par l'entreprise au Maître d'Oeuvre.
 - Régime de distribution : polarité positive réunie directement à la terre

Voir également paragraphes 100, 245 et 247 de la présente spécification.

Tensions imposées : voir Tableau 2

Tableau 2 : Tensions des sources à courant continu

Caractéristiques	Batterie plomb étanche (à préciser)	Batterie cadmium-nickel (à préciser)
Nombre d'éléments	24	37
Capacité (Ah)	A définir	A définir
Tension de floating	2,25V/ élément soit 54V	1,45V/ élément soit 53,6V
Tension de charge à fond	2,5V/ élément soit 60V	1,5V/ élément soit 55,5V
Tension de fin de décharge	1,75V/ élément soit 42V	1,1V/ élément soit 40,7V
Gamme de fonctionnement des équipements	de 40,7 V à 60 V	

45 Schémas de distribution et des liaisons à la terre

46 En haute tension (HTA)

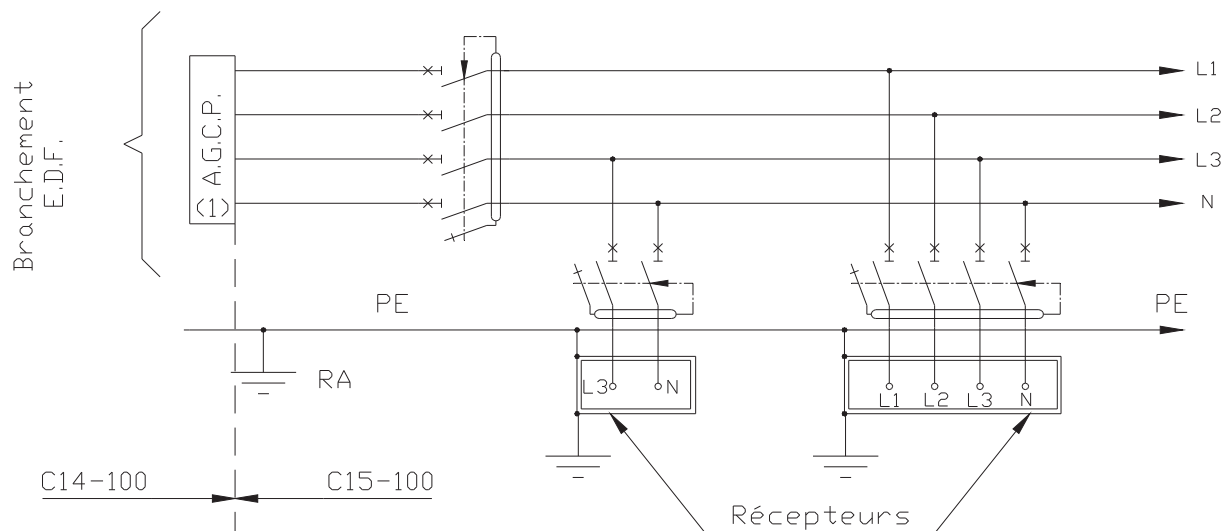
Sans objet.

47 En BTA, branchement EDF

- ◆ Tarif bleu : Monophasé, deux conducteurs (L,N).
- ◆ Tarifs bleu et jaune : Triphasé, quatre conducteurs avec neutre distribué (N,L1,L2,L3).

Figure 2 - Régime des liaisons à la terre, branchement à puissance limitée : Schéma TT

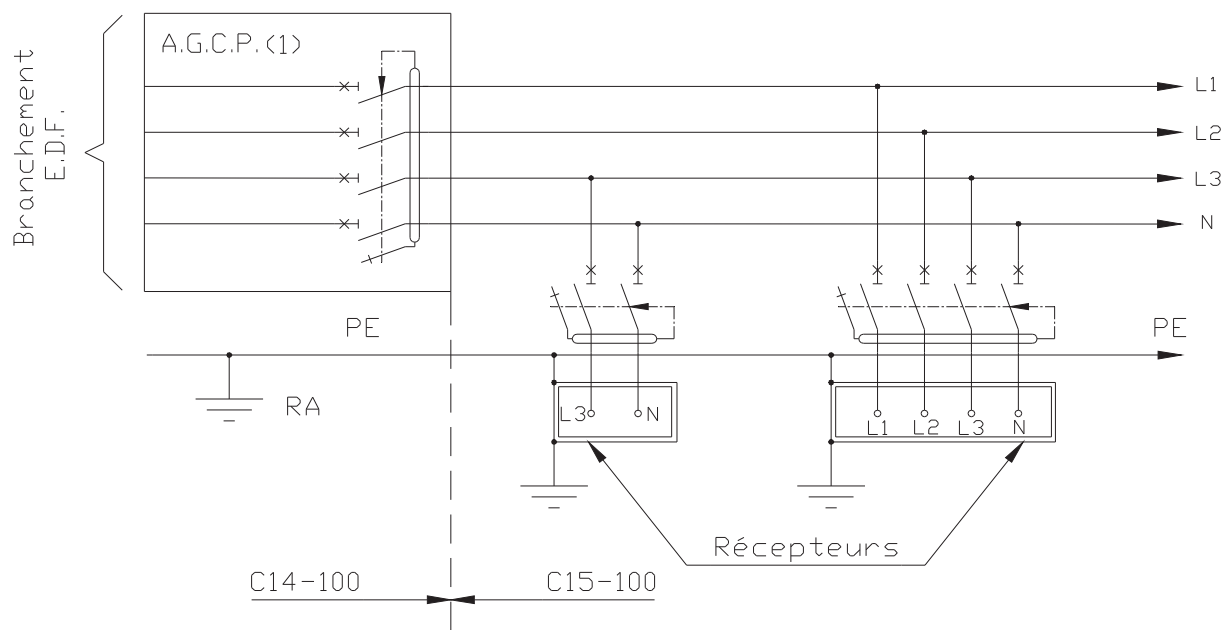
Branchement à puissance limitée



(1) A.G.C.P. = Appareil Général de Commande et Protection

Figure 3 - Régime des liaisons à la terre, branchement à puissance surveillée : Schéma TT

Branchement à puissance surveillée



(1) A.G.C.P. = Appareil Général de Commande et Protection

Adaptation des liaisons à la terre entre les installations :

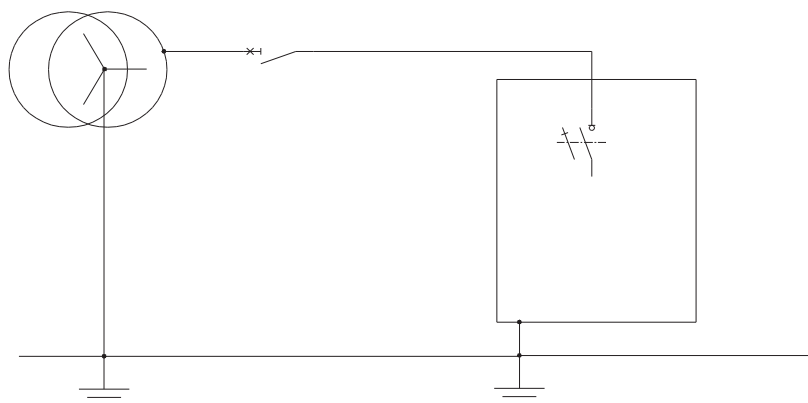
- ◆ d'alimentation EDF : régime TT
- ◆ de distribution BTA : régime TNS.

selon les prescriptions des normes :

- ◆ NF C 14-100, annexe VI
- ◆ NF C 15-100, annexe I du chapitre 471-2-3-1.

Lorsque c'est possible, la masse de l'installation sera connectée directement au neutre du point de livraison, par un câble de section adaptée, pour éviter l'usage de matériel de classe IIA pour l'armoie d'alimentation

Figure 4 - Régime des liaisons à la terre, connexion au neutre du poste de livraison

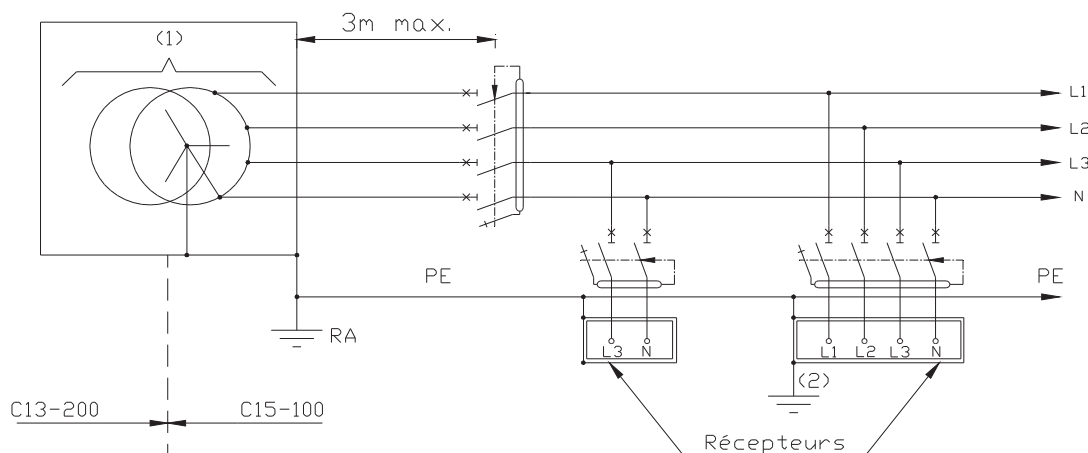


48 En BTA, hors branchement EDF

Ce schéma est notamment applicable lorsque la source est un onduleur, groupe électrique de secours...

Les distributions possibles sont les suivantes :

- ◆ Monophasé, deux conducteurs (L,N).
- ◆ Monophasé, trois conducteurs (L1,N,L2) avec transformateur à point milieu relié à la terre.
- ◆ Biphase, deux conducteurs (exemple : L1 et L2).
- ◆ Triphasé avec neutre, quatre conducteurs (N, L1, L2, L3).

Figure 5 - Régime des liaisons à la terre hors branchement EDF : Schéma TNS

(1) Transformateur, Alternateur ou onduleur

(2) Ceinturage en fond de fouille, selon récept

49 En courant continu

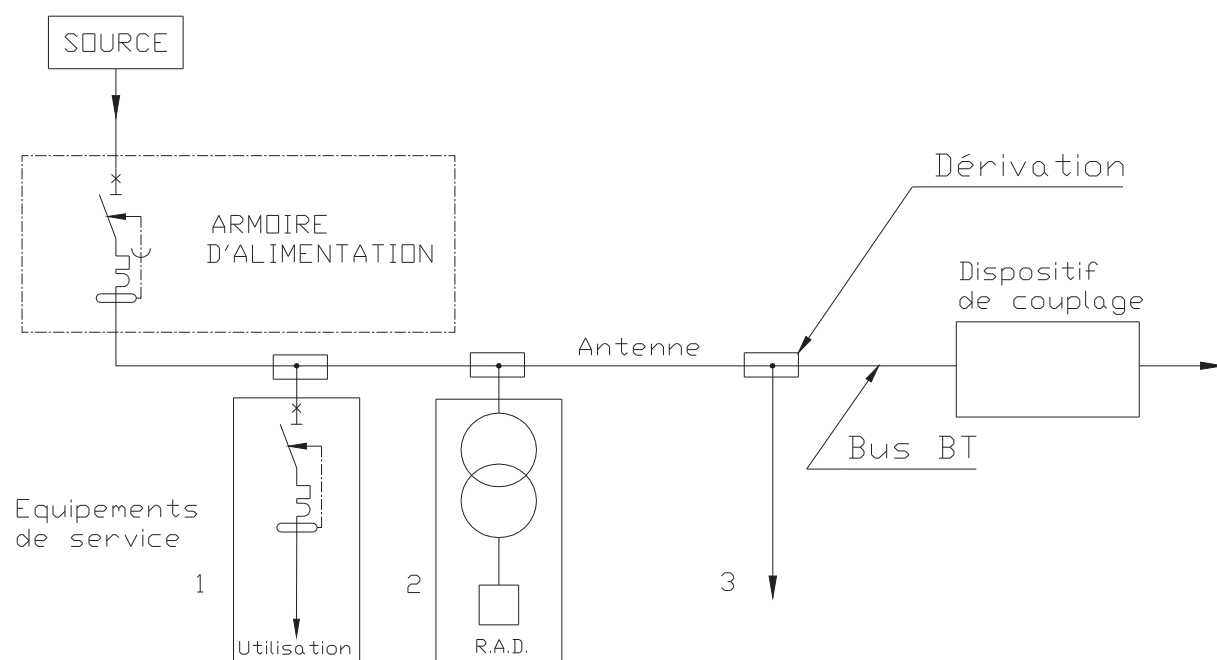
- ♦ Distribution à deux conducteurs (L+ et L-).
- ♦ Régime des liaisons à la terre : Polarité positive reliée à la terre, uniquement du côté source.

50 Structure des distributions

Afin de satisfaire aux prescriptions fondamentales exposées au paragraphe 3, la présente spécification retient, d'une façon exhaustive, les structures de distributions, décrites ci-après. Ces structures peuvent être concomitantes.

51 Réseau en antenne ou bus BT

Chaque équipement de service est raccordé à une artère de constitution homogène commune à plusieurs équipements de service, qui constitue un circuit au sens de la NF C 15-100 chapitre 314. Cette artère est protégée par un disjoncteur magnéto-thermique associé à un dispositif D.R. Par application de la Note Technique SEC/EL N°14 de Mars 1971 (Ministère du travail) la protection D.R. sera sélective : temporisation à une valeur comprise entre 50 et 200 ms, seuil de fonctionnement au moins double des protections D.R. temporisées situées en aval. Cet appareil sera installé dans l'armoire de répartition.

Figure 6 - Schéma distribution en antenne ou Bus BT

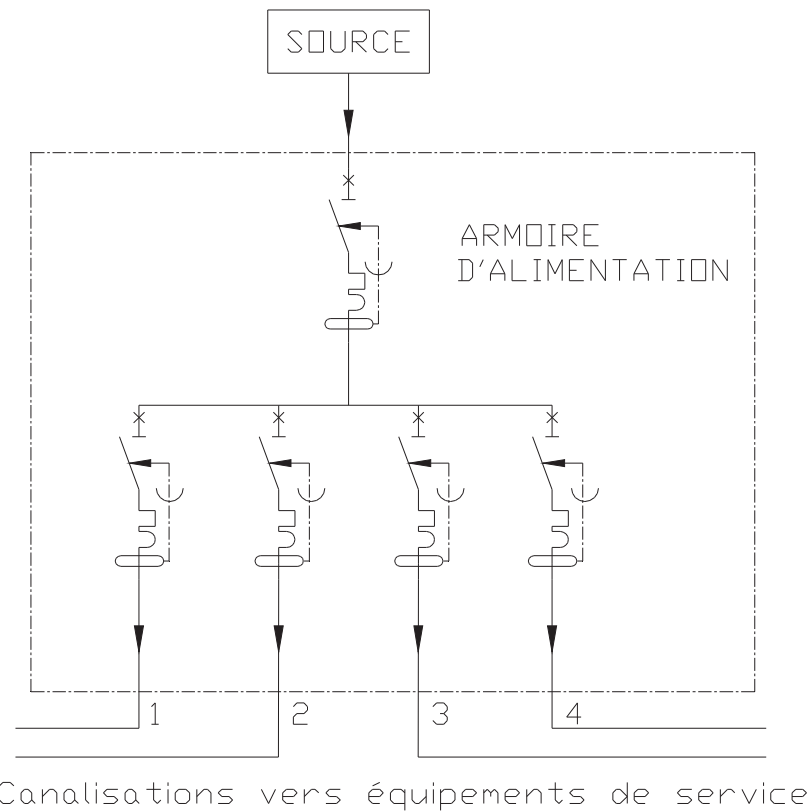
52 Réseau en étoile

Chaque équipement de service est raccordé à l'armoire de distribution par une canalisation qui lui est propre.

Chaque canalisation est protégée à son origine par un disjoncteur magnéto-thermique associé :

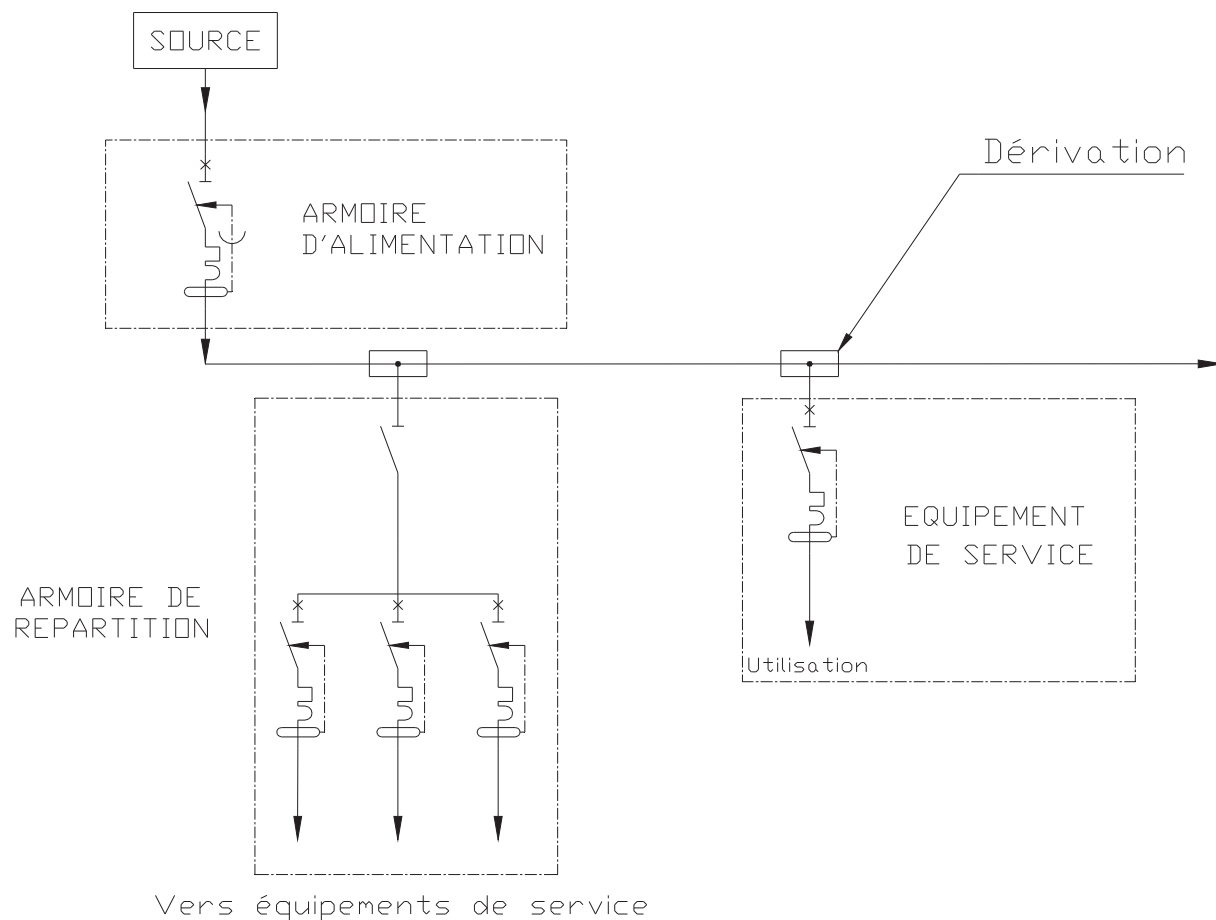
- ◆ Soit à un dispositif D.R. instantané (un par canalisation).
- ◆ Soit à un dispositif D.R. légèrement temporisé (un par canalisation), dans le cadre de l'application de la Note Technique mentionnée ci-dessus.

Le montage d'un dispositif D.R. légèrement temporisé suivi d'un D.R. instantané dans une même armoire de répartition ne présente pas d'inconvénient. Par contre le montage inverse est inutile. Une des branches de l'étoile peut, elle même, avoir une structure de distribution en antenne.

Figure 7 - Schéma distribution en étoile

53 Réseau en antenne étoilée

Il s'agit d'un réseau en antenne où un ou plusieurs équipements de service sont remplacés par une distribution en étoile réalisée à l'intérieur d'une armoire de répartition. Chaque canalisation peut-être protégée à son origine par un dispositif D.R. instantané.

Figure 8 - Schéma d'un réseau en antenne étoilée

54 Alimentation par repiquage

L'alimentation d'un équipement de service par « repiquage » sur un autre équipement de service ou d'exploitation est impérativement exclue ; seul le branchement sur l'artère de distribution par une canalisation de caractéristique identique à celle-ci ou d'une dérivation de section appropriée à la protection générale amont est autorisée.

55 Sécurisation de la distribution électrique

56 Généralités

Compte tenu des exigences de continuité d'exploitation de certains équipements (voir paragraphe 11), les spécifications particulières du projet peuvent prescrire une sécurisation de la production et de la distribution de l'énergie.

57 Sécurisation par sources de remplacement

Quelque soit le mode de distribution retenu, l'entreprise doit prévoir, pour chaque local technique, au niveau de l'armoire d'alimentation des dispositifs de raccordement rapide pour des sources de remplacement telles que précisées ci-après.

58 Par groupe électrique de secours ou onduleur, mobiles

Voir paragraphes 246 et 259 de la présente spécification.

59 Par sources BTA

Sources BTA constituées de branchements EDF ou sources BTA découplées, par exemple : alimentation depuis réseau HTA privé.

Les Figure 9 et Figure 10 donnent des Exemples de Sécurisation par sources BTA.

Figure 9 - Distribution par un seul BUS-BT

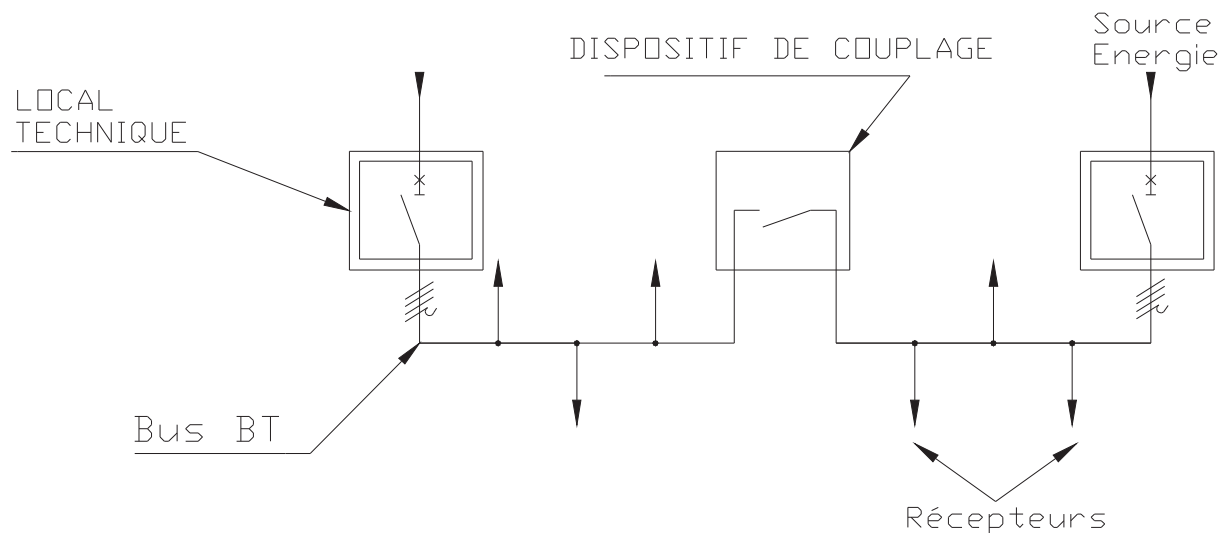
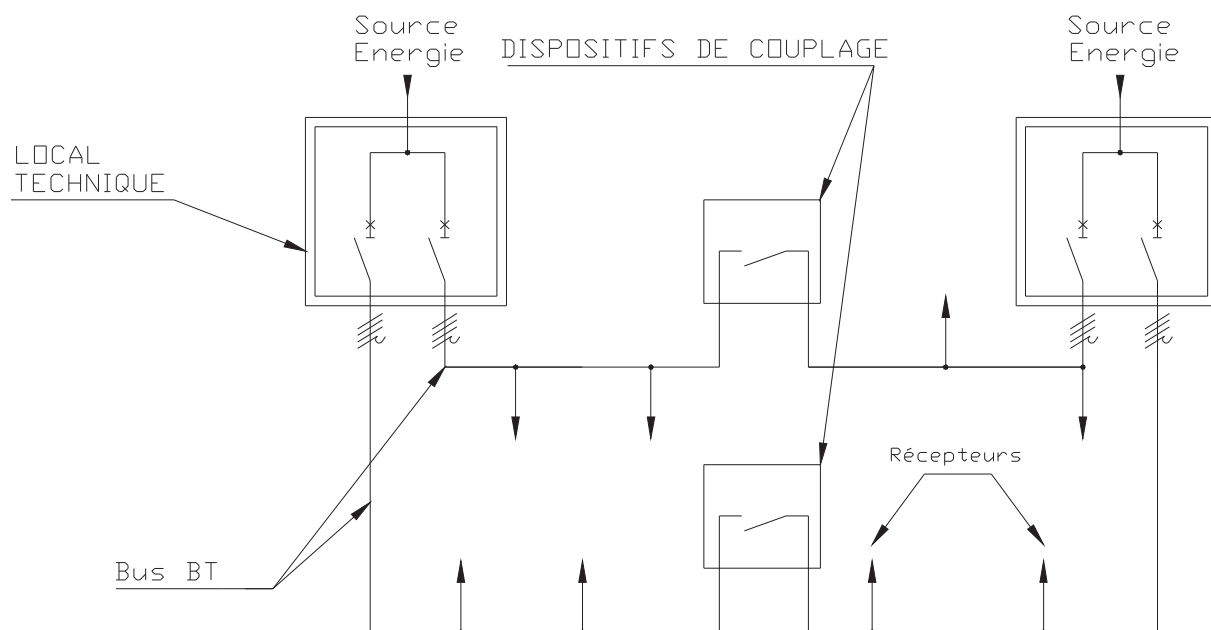


Figure 10 - Distribution par deux BUS-BT



Nota : En fonctionnement normal les interrupteurs sectionneurs des dispositifs couplage sont ouverts

60 Choix de la sécurisation

Les spécifications particulières du projet préciseront la méthode et les moyens de sécurisation préconisés, ou à retenir.

61 Influences externes

62 Environnement

Les spécifications relatives à l'environnement sont définies par la spécification G1.

63 Utilisation

Tous les équipements étant accessibles de l'extérieur, ils doivent être conçus et installés de manière à respecter les conditions suivantes :

- ◆ personnes non averties, ordinaire : code BA1,
- ◆ dans des conditions mouillées : code BB3,
- ◆ sur des emplacements conducteurs : code BC3.

Il en est de même des armoires, première porte ouverte.

64 Compatibilité

65 Généralités

Des dispositions appropriées doivent être prises lorsque des matériels sont susceptibles d'avoir des effets nuisibles sur les autres matériels électriques ou sur des autres services, ou d'entraver le fonctionnement de la source d'alimentation.

Les principaux effets nuisibles sont les suivants :

- ◆ les surtensions transitoires,
- ◆ les variations rapides de puissance,
- ◆ les courants de démarrage,
- ◆ les courants harmoniques,
- ◆ les composantes continues,
- ◆ les oscillations à haute fréquence,
- ◆ les courants de fuite.

Les dispositions à retenir sont également précisées dans la spécification G1.

66 Compatibilité électromagnétique

Tant pour les prestations d'installations que pour les fournitures des équipements, ceux-ci devront être conformes aux normes C.E.E. en vigueur, voir paragraphe 16

Voir également :

- ◆ paragraphe 167 de la présente spécification
- ◆ spécification G1.

67 Maintenabilité

68 Généralités

Il y a lieu d'estimer la fréquence et la qualité de l'entretien de l'installation qui peuvent être raisonnablement attendues durant sa durée de vie prévue. Le responsable du fonctionnement de l'installation devra être consulté.

Ces caractéristiques sont à prendre en considération en appliquant les prescriptions des articles 91 à 263 de la présente spécification de telle sorte que, compte tenu de la fréquence et de la qualité de l'entretien prévues :

- ♦ toute vérification périodique, tout essai, tout entretien et toute réparation nécessaires pendant la durée de vie prévue puissent être effectués facilement et sûrement,
- ♦ l'efficacité des mesures de protection pour satisfaire la sécurité soit assurée,
- ♦ la fiabilité des matériels permettant l'isolement correct d'éléments de l'installation soit appropriée à la durée de vie prévue.

Sur demande du coordonateur de sécurité, suivant section 6 du décret 93-1418 (voir paragraphe 13 de la présente spécification), l'entreprise participera à l'élaboration du "Dossier d'Intervention Ulérieure sur l'Ouvrage" (D.I.U.O).

Ce dossier rassemble tous les documents, tels que les plans, notes techniques, notices d'exploitation de nature à faciliter l'intervention ultérieure sur l'ouvrage à des fins d'exploitation, de vérification, de maintenance des installations, et d'intervention et de travaux au voisinage des celles-ci.

Ce dossier comportera notamment les documents suivants :

- ♦ les schémas unifilaires de principe des installations (principes, installation et implantations),
- ♦ les listes des fournitures et des pièces de rechange,
- ♦ les consignes de sécurité, incluant la localisation des appareils de coupure,
- ♦ les procédures d'exploitation et de supervision des équipements,
- ♦ les fiches de manoeuvre de consignation et déconsignation,
- ♦ les procédures de vérifications périodiques des installations et des équipements,
- ♦ les notices de fonctionnement d'exploitation et d'entretien des installations et équipements :
 - les fiches de maintenance préventive et périodicité,
 - les fiches de maintenance curative de défauts prévisibles,
- ♦ les procédures de secours,
- ♦ les procédures particulières lors de fonctionnement en régimes dégradés d'énergie :
 - délestage de certains équipements,
 - de couplage de réseaux,
 - de mise en place de groupe d'énergie de secours.

Les affiches décrivant les manoeuvres d'urgence, devront être créées ou mises à jour, et affichés dans les locaux.

69 Choix et mise en oeuvre en fonction de la maintenance, y compris l'exploitation et le nettoyage

La présente spécification ne retient pas, du fait de la concomitance avec d'autres risques qu'électriques, la possibilité offerte par la norme NF C 15-100 (cf. commentaires 341 et règles 481-2) de se dispenser de certaines mesures de protection du fait de l'exploitation effectuée par du personnel qualifié.

70 Localisation de défaut d'isolement des câbles enterrés

Pour les câbles d'énergie enterrés, il y a lieu de prévoir dès la conception des réseaux des dispositions, et règles nécessaires, afin de localiser avec grande précision les défauts d'isollements éventuels.

Voir recommandations données au paragraphe 180 de la présente spécification et la spécification G1.

71 Télécommande et supervision de la distribution d'énergie

72 Généralités

Suivant l'objectif de continuité d'exploitation des équipements (voir paragraphe 11 de la présente spécification) l'entreprise doit prévoir les équipements et prestations permettant d'assurer une exploitation optimale des installations.

Pour cela, l'entreprise doit prévoir des dispositifs permettant de transmettre au système général de supervision et d'exploitation des installations :

- ◆ des informations ou états,
- ◆ des télécommandes,
- ◆ des mesures.

Les informations, télécommandes et mesures sont mises à disposition, sur bornes, au niveau des équipements électriques selon les spécifications techniques suivantes :

- ◆ Informations ou états de position
Informations "Tout ou Rien (TOR) générées par des ensembles O-F 3 ou 4 fils, de type maintenu et sans tension.
- ◆ Télécommandes
Tension et énergie de commande générées par l'automate programmable local.
- ◆ Mesures
Capteurs de types industriels, de précision meilleure que + ou - 2,5% (selon spécifications particulières), qui seront adaptés aux valeurs à mesurer et aux systèmes de transmission de données prévus dans le contrat.

73 Equipements prévus dans l'armoire énergie d'alimentation

74 Informations - états

Les informations et états à prévoir sont les suivants :

- ◆ Contacts de position et de défaut (séparés) pour :
 - le disjoncteur général de l'armoire,

- les disjoncteurs d'alimentation des Bus-BT et les départs vers les différents récepteurs,
- les disjoncteurs d'alimentation des récepteurs internes aux locaux techniques.
- ♦ Contacts de position pour :
 - les interrupteurs et contacteurs généraux d'alimentation (EDF et groupe de secours),
 - les interrupteurs et contacteurs des départs Bus-BT et les départs vers les différents récepteurs,
 - le contacteur d'alimentation du jeu de barres alimentant les récepteurs internes aux locaux techniques,
 - les sectionneurs de mise à la terre des départs Bus-BT.

75 Télécommandes

Télécommandes depuis l'automatisme local pour :

- ♦ le contacteur général de l'armoire d'alimentation,
- ♦ le contacteur du jeu de barres des récepteurs internes aux locaux techniques,
- ♦ les contacteurs d'alimentation des Bus-BT.

76 Mesures

Les mesures suivantes seront disponibles sur un répartiteur technique, ou sur un bornier spécifique dans l'armoire si le local ne contient pas de répartiteur. Le câblage sera réalisé avec un câble blindé par paires.

- ♦ Mesure de tension (3 tensions simples) pour :
 - jeu de barres général,
 - chaque départ des Bus-BT.
- ♦ Mesure de fréquence (1 tension simple) pour utilisation avec groupe de secours selon § 259 de la présente spécification.
- ♦ Mesure d'intensité (4 intensités pour les 3 phases et pour le neutre) pour l'alimentation générale de l'armoire. Mesures communes aux alimentations Normale (EDF) et Secours (groupe électrique de secours).

NOTA : Les consommations générales énergie (W et VAR) sont disponibles au niveau des comptages EDF. Cependant pour l'exploitation des installations il peut-être nécessaire de connaître les consommations. Dans ce cas, les spécifications sont définie dans les clauses particulières relatives au contrat.

77 Equipements prévus dans les équipements des sources internes

78 Groupe électrique de secours

Les spécifications du groupe électrique de secours sont données au paragraphe 259 de la présente spécification.

Les informations à prévoir par l'entreprise sont les suivantes :

- ♦ Alarmes de température d'huile moteur, deux seuils.
- ♦ Niveaux de carburant, deux seuils.
- ♦ Défaut ou indisponibilité général du groupe.

NOTA 1 Les équipements de mesures prévus dans l'armoire d'alimentation seront également utilisés pour les tensions, les fréquences et les consommations I , W et VAR .

NOTA 2 Les informations seront transmises par un "câble spécifique" solidaire du groupe de secours, raccordé à une prise multibroches dans l'armoire d'alimentation du local technique. Ces informations seront ramenées au répartiteur par un câble blindé par paires.

79 Ensemble chargeur, batterie et onduleur

Les spécifications de ces équipements sont données aux paragraphes 240 et 247 de la présente spécification.

Les informations de télécommandes et de mesures à prévoir par l'entreprise sont les suivantes :

80 Chargeur

- ◆ Contacts généraux de défauts et d'indisponibilité du chargeur.
- ◆ Fonction "d'arrêt d'urgence", selon paragraphes 128 et 129 de la présente spécification.
- ◆ Fonction commune aux trois équipements chargeur, batterie et onduleur :
 - mesure du débit chargeur,
 - mesure de la tension courant continu, mesure commune à la batterie. Cette mesure permet de contrôler la tension de décharge. Prévoir deux seuils réglables pour informations d'autonomie restante,
 - mesures de l'intensité courant continu consommé par l'utilisation. Mesure commune à la batterie. Cette mesure permet d'estimer également l'autonomie de la batterie.

81 Batterie d'accumulateurs

- ◆ Contact de fusion fusible.
- ◆ Contacts de déconnexion, de défauts et d'indisponibilité de la batterie.
- ◆ Mesures : voir 80

82 Onduleur et by-pass

- ◆ Contacts généraux de défauts et indisponibilité pour :
 - l'onduleur,
 - le by-pass électronique,
 - le by-pass manuel.
- ◆ Mesures des valeurs de sortie (onduleur) suivantes :
 - tension (3 tensions simples) si onduleur triphasé,
 - fréquence (1 tension simple),
 - intensité consommée (1 intensité pour onduleur monophasé, 3 intensités phases et 1 neutre pour onduleur triphasé).

83 Informations de synthèses du système d'énergie

Avec les informations, mesures explicitées ci-dessus, le système de Supervision pourra élaborer des synthèses permettant une exploitation optimale des installations et des équipements.

Ces synthèses seront détaillées dans les clauses particulières du contrat. En particulier on peut envisager les synthèses suivantes :

- ◆ Etats d'alimentation, disponibilité ou indisponibilité pour les sources suivantes :
 - réseau EDF,
 - réseau HTA/BTA (éventuel),
 - groupe électrique mobile de secours (éventuel).
- ◆ Etat d'alimentation, disponibilité ou indisponibilité pour
 - les alimentations ou distributions suivantes :
 - ◆ jeu de barres général,
 - ◆ jeu de barres des récepteurs internes aux locaux techniques,
 - ◆ départs des Bus BT.
 - les sources internes suivantes :
 - ◆ groupe électrique mobile de secours,
 - ◆ chargeur, batterie,
 - ◆ onduleur, by-pass.
- ◆ Charges des sources primaires et internes avec contrôles :
 - des tensions et fréquences,
 - des débits et consommations.

84 Services et installations de sécurité

85 Généralités

Les installations, les locaux du domaine de la Spécification E1 ne sont pas du type « Etablissement recevant du public » (E.R.P.). Cependant, les locaux techniques doivent être équipés de systèmes d'éclairage de secours.

86 Eclairage de secours des locaux techniques

Chaque local technique doit être équipé d'un éclairage de secours de balisage, d'autonomie minimale d'une heure.

L'éclairage de secours peut être assuré par des blocs autonomes ou par batterie centrale.

NOTA : Les blocs autonomes standards sont à modifier pour assurer les conditions de fonctionnement définies ci-après.

Le fonctionnement de l'éclairage de secours est le suivant. Il est mis en service lorsque deux conditions sont réunies :

- ◆ 1ère condition
 - lors d'une panne de l'éclairage normal,
 - ou lors d'une coupure d'énergie, de la source, l'EDF par exemple.
- ◆ 2ème condition : si la commande de l'éclairage normal a été actionnée (minuterie d'autonomie une heure), c'est-à-dire s'il y a présence effective ou supposée de personnel dans le local technique.

Il n'est pas mis en service en cas d'absence de personnel dans le local technique, ou plus exactement lorsque la commande de l'éclairage normal n'a pas été actionnée, et ceci quelque soit la situation fonctionnelle de l'éclairage normal.

NOTA: En effet l'éclairage de secours doit être disponible, autonomie d'une heure, à l'arrivée du personnel d'intervention, quand celui-ci actionnera la commande d'éclairage normal.

87 Sources de secours de remplacement

Les sources de secours pour l'intervention des personnels sont décrites au paragraphe 86

Les sources de remplacement, éventuellement, nécessaires pour les fonctionnements de certains équipements (calculateurs, RAU, MIC, etc) ne font pas partie du présent paragraphe, (voir paragraphe 237 "Autres matériels").

88 Installations temporaires

89 Généralités

Applications des règles de la norme NF C 15-100 chapitre 36 pour les installations :

- ◆ de dépannage,
- ◆ de travaux (voir également "Installations de chantier" chapitre 704),
- ◆ dites semi-permanentes.

90 Installations temporaires de secours

Afin d'assurer la continuité d'exploitation des équipements en cas d'indisponibilité d'alimentation en énergie l'entreprise doit prévoir pour l'ensemble des locaux techniques du projet des dispositions d'alimentation de secours.

Pour l'ensemble des locaux techniques et suivant spécification du marché il sera prévu une source mobile, triphasée, pouvant être :

- ◆ Un ensemble groupe électrique de secours.
- ◆ Un ensemble onduleur/batterie/chargeur.

La puissance de la source temporaire de secours sera déterminée par l'entreprise et soumise pour accord au Maître d'Ouvre. Elle devra assurer le secours du local technique le plus chargé en régime normal de fonctionnement.

Les principales caractéristiques des équipements et sources temporaires de secours sont précisées aux paragraphes suivants :

- ◆ 37 « Sources d'alimentation internes »
- ◆ 240 « Convertisseurs »
- ◆ 259 « Groupe électrique mobile de secours ».

Dans ses prestations l'entreprise doit donc prévoir un système mobile, autonome, générateur d'énergie pouvant être raccordé à l'ensemble des locaux techniques du projet. L'entreprise devant préciser ou prévoir les emplacements nécessaires aux installations de la source de secours, en conformité aux exigences de stationnement détaillées dans la spécification G1.

ARTICLE 91 PROTECTION POUR ASSURER LA SÉCURITÉ

92 Protection contre les chocs électriques

93 Utilisation de la très basse tension

L'utilisation de la très basse tension TBTP, sous réserve de respecter les conditions indiquées par la norme NF C 15-100 (411-1) permet d'assurer à la fois la protection contre les contacts directs et indirects. La présente spécification fixe les tensions limites à 25 V en courant alternatif et 60 V en courant continu.

L'utilisation de la très basse tension TBTP telle que définie au 411-1 de la norme NF C 15-100 vise en particulier le raccordement entre l'équipement de service et l'équipement d'exploitation. Elle doit être envisagée en premier lieu dans l'étude de conception. Cette mesure ne dispense pas de satisfaire à la protection contre les surintensités souvent difficile à mettre en oeuvre eu égard aux faibles courants de court-circuit rencontrés.

Dans le cadre de la présente spécification, la source sera toujours un transformateur portant la marque de conformité à la norme NF EN 60742. La présente spécification impose que les masses des circuits à très basse tension soient reliées intentionnellement à la terre, aux conducteurs de protection, aux autres masses de l'installation et aux éléments conducteurs voisins. A ce sujet il y a lieu de remarquer que le principe d'interconnexion totale des masses diminue efficacement le risque d'apparition de tension dangereuse, entre ces masses d'une part et ces masses et la terre d'autre part.

La présente spécification retient la mesure de protection par la très basse tension TBTP comme préférentielle.

94 Mesures de protection contre les contacts directs

La protection doit être complète. Toutes les surfaces extérieures doivent posséder au moins le degré de protection IPXXC, on se reportera pour les caractéristiques des obstacles à interposer au 412-2 de la norme NF C 15-100. De plus, à l'intérieur des armoires, la protection, première porte ouverte, doit à nouveau être assurée à un degré IPXXC. A l'intérieur d'un coffret ouvrable à l'aide d'un outil la présente spécification n'impose pas cette deuxième protection. Il est à noter que l'emploi de dispositif D.R. à haute sensibilité n'est pas reconnu comme constituant en soi une mesure de protection contre les contacts directs.

95 Protection contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation

96 Généralités

La tension limite conventionnelle, dans le domaine d'application, est fixée à un maximum de 25 V en courant alternatif et 60 V en courant continu.

Toute installation doit comporter un conducteur principal d'équipotentialité réunissant les éléments conducteurs suivants :

- ◆ Conducteur principal de protection (PE),
- ◆ Toutes les masses métalliques selon définitions de la norme NF C 15-100,

- ♦ Les points "neutre" de fixation des potentiels des générateurs à courant alternatif (transformateur, onduleur, alternateur),
- ♦ Les polarités positives de fixation des potentiels des générateurs à courant continu (batterie, redresseur),
- ♦ Masses des câbles (écran, feuillard des câbles de téléphone, télévision, télécommande et énergie),
- ♦ Eléments métalliques accessibles (potence, portique, etc.),
- ♦ Prises de terre avoisinantes (sous les massifs béton en particulier),

La section de ce conducteur d'équipotentialité est fixée à un minimum de 25mm² cuivre.

97 Règles applicables au schéma TN dans le cas où la protection est assurée uniquement par des dispositifs à surintensité (disjoncteur ou fusible)

L'utilisation de ce schéma n'est admise que pour des liaisons d'alimentation de composants, sous-ensembles, (hors prise de courants) implantés dans la même enveloppe que leur source d'alimentation (transformateur).

Lorsqu'aucun point neutre n'est disponible, celui-ci sera créé par la mise à la terre d'un conducteur, selon l'article 413-1-3 de la norme NF C 15-100. Mais ce conducteur de phase et le conducteur de protection ne doivent pas être confondus ; il s'agira alors de schéma TN-S.

Pour des câblages vers des récepteurs, sous-ensembles situés à l'extérieur de l'enveloppe, on devra utiliser l'une des trois règles suivantes :

- ♦ Schéma TN,
- ♦ Schéma TT avec DR,
- ♦ Distribution très basse tension TBTP.

Une méthode de calcul de la longueur maximale de canalisation en fonction des caractéristiques de l'installation, est donnée en Annexe 2.

98 Règles applicables aux schémas TT ou TN avec D.R.

C'est selon ces schémas que sont réalisés les réseaux en antenne, en étoile et en antenne étoilée (voir paragraphe 50). L'application de la Note Technique SEC/EL N°14 interdit la protection des éléments terminaux par un dispositif D.R. légèrement temporisé.

La présente spécification précise que les éléments suivants seront éventuellement protégés par un dispositif D.R. légèrement temporisé, à savoir :

- ♦ Canalisations,
- ♦ Masses des enveloppes des équipements de service,
- ♦ Transformateurs de classe 1 ou 2,
- ♦ Appareillages des équipements de service affectés à la distribution de l'énergie électrique.

Les équipements terminaux, éventuellement situés en aval d'un dispositif D.R. légèrement temporisé, devront comporter une des protections complémentaires suivantes :

- ♦ utilisation de la très basse tension TBTP,
- ♦ utilisation de matériel de classe 2,
- ♦ séparation de sécurité des circuits,
- ♦ utilisation de dispositifs D.R. instantanés.

La protection par l'utilisation de dispositifs D.R. instantanés rend difficile l'écoulement des décharges atmosphériques sans entraîner la mise hors tension du circuit. On devra donc en limiter l'usage. Les dispositifs D.R. instantanés seront calibrés à 0,3 A ou 0,030 A, sauf pour la protection des prises de courant où le calibre sera de 0,010 A.

Les possibilités d'utilisation des mesures de protection sont précisées dans le Tableau 3. Dans le cas où plusieurs possibilités sont admises, on choisira de préférence la mesure de protection située dans la colonne la plus à gauche du tableau.

Tableau 3 : Mesures de protection

Possibilités ⇒ Equipements ↓	Tension T.B.T.P.	Matériel classe II	séparation de sécurité	D.R. ¹ 0,3 A ou 0,030 A	D.R. 0,010 A
Equipement de service Exp. ordinaire ²	ADMISE	ADMISE	ADMISE	ADMISE	INTERDITE
Equipement de service Exp. renforcée ³	ADMISE	ADMISE	ADMISE	INTERDITE	INTERDITE
Equipement d'exploitation	ADMISE	ADMISE	ADMISE	INTERDITE	INTERDITE
Chauffage climatisation	ADMISE	ADMISE	ADMISE	ADMISE	ADMISE
Prise de courant	INTERDITE	INTERDITE	INTERDITE	INTERDITE	ADMISE
Canalisation distribution étoilée	sans objet	INTERDITE	ADMISE	ADMISE	INTERDITE

99 Règles applicables au schéma IT

Distribution non retenue.

100 Règles applicables aux distributions à courant continu

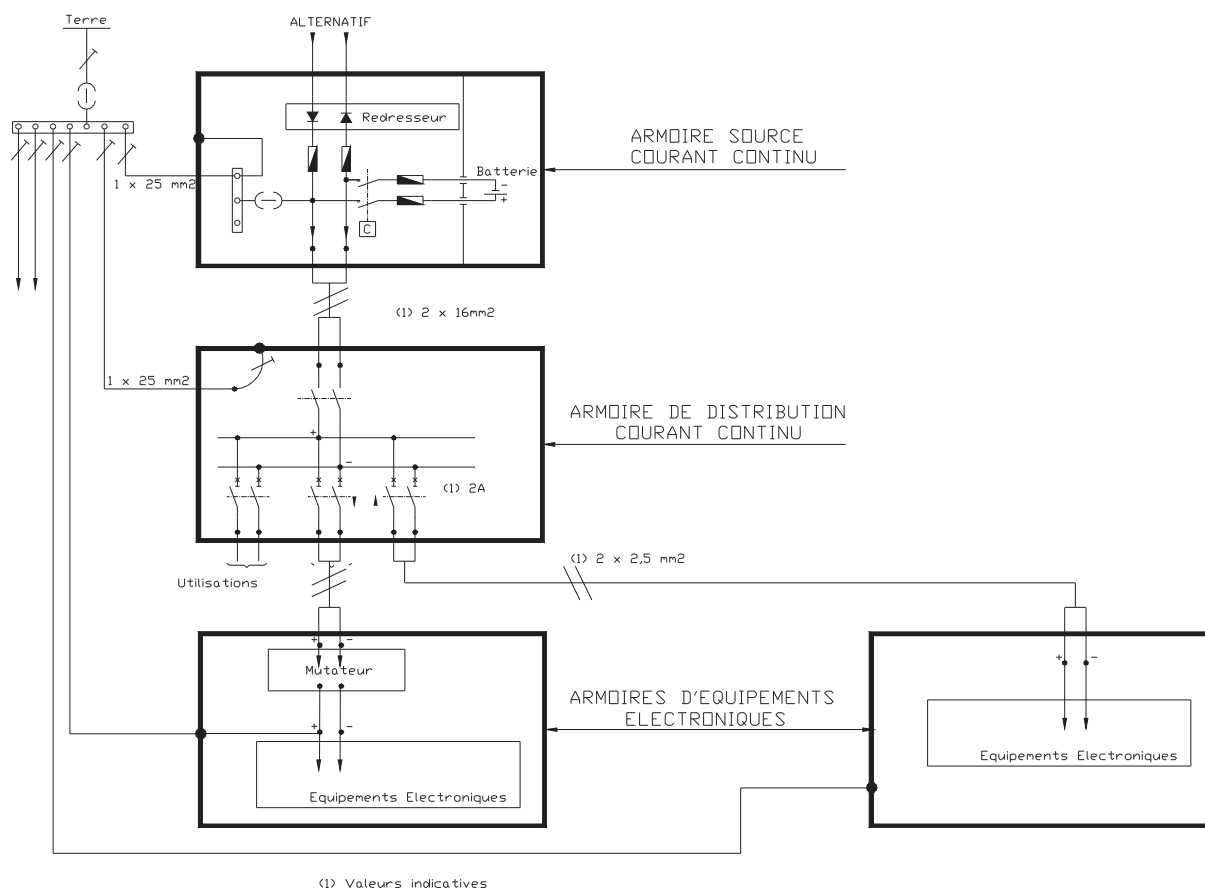
Comme indiqué au paragraphe 44, la polarité positive de la source d'alimentation de courant continu est réunie à la terre au niveau de la source : batterie ou redresseur (voir Figure 11).

Afin d'éviter les courants parasites par circulation de courants continus ; les récepteurs à courant continu ne posséderont pas de connexion de la polarité à la masse. Si un équipement nécessite une référence de l'alimentation, il devra être fait usage de mutateur assurant l'isolement, de façon à ce qu'il ne circule jamais de courant dans les canalisations de terre.

¹ Protection DR du type protégé contre les déclenchements intempestifs.

² Continuité d'exploitation ordinaire (cf. paragraphe 11)

³ Continuité d'exploitation renforcée (cf. paragraphe 11)

Figure 11 - Distribution à courant continu**101 Protection contre les contacts indirects sans coupure automatique de l'alimentation****102 Emploi de matériel de classe II**

La classe II définition selon norme NF EN 60529 (indice C 20-010) est reconnue par les normes relatives à un certain nombre de matériels. Ces matériels, y compris les coffrets et armoires, devront être identifiés par le symbole double carré. Les matériels de construction équivalente, non estampillés, ne sont pas admis. Les armoires et coffrets doivent respecter les conditions de la norme NF EN 60439-1. A partir du 1^{er} novembre 2014, la NF EN 60439-1 sera remplacée par les normes NF EN 61439-1 « Ensemble d'appareillage à basse tension : Partie 1 Règles générales » et NF EN 61439-2 « Ensemble d'appareillage à basse tension : Partie 2 Ensemble d'appareillage de puissance ».

103 Protection par isolation supplémentaire lors de l'installation

Cette mesure de protection n'est pas admise par la présente spécification.

104 Séparation des circuits

La présente spécification limite l'utilisation de la séparation des circuits :

- ◆ soit à plusieurs matériels réunis dans une même enveloppe,
- ◆ soit à un matériel unique déporté (par exemple équipement d'exploitation).

Dans le cadre de la présente spécification la source sera toujours un transformateur de classe I ou II identifié par le marquage de conformité à la norme NF EN 60742. La présente spécification impose que les masses des matériels protégés par la séparation des circuits soient reliées intentionnellement avec la terre, les autres masses de l'installation et les éléments conducteurs voisins. De ce fait la sécurité des personnes ne repose pas sur la mesure de protection par la séparation de sécurité des circuits mais sur les mesures de protection dont les masses font l'objet.

Des borniers doivent être disposés à l'origine des circuits afin de pouvoir en vérifier l'isolement.

La présente spécification retient comme règle que la tension du circuit séparé ne soit pas supérieure à 500 V, et que, s'il y a câblage extérieur à l'enveloppe de la source, celui-ci soit protégé par un ensemble de protections adaptées contre les surcharges et courants résiduels. Elle retient de plus, du fait de l'interconnexion totale des masses et pour des conditions d'influences externes AG4 selon tableau 51A de la norme NF C 15-100, la nécessité d'utiliser, à l'extérieur des enveloppes, des câbles armés.

Elle définit pour cette mesure de protection le terme : séparation fonctionnelle des circuits.

105 Protection contre les effets thermiques en service normal

Application des spécifications de la norme NF C 15-100, aucune prescription complémentaire.

106 Protection contre les surintensités

107 Généralités

L'attention est attirée sur les conséquences que peuvent présenter, sur la sécurité, des échauffements exagérés provoquant une détérioration de la qualité des isolants.

108 Nature des dispositifs de protection

Dans la mesure du possible on utilisera des dispositifs assurant à la fois la protection contre les surcharges et la protection contre les courts-circuits ; si ces dispositifs sont distincts ils seront coordonnés.

109 Protection contre les surcharges

On tiendra compte de certaines influences externes parfois sévères pour la détermination des protections, par exemple pour celles installées dans des armoires, coffrets, caissons installés au soleil, pour cela on devra utiliser des protections compensées en température.

110 Protection contre les courts-circuits

111 Généralités

Les courants de courts-circuits : maximum et minimum présumés doivent être déterminés en tous points des canalisations. Cette détermination sera effectuée par calculs, (cf. norme NF C 15-100 chapitre 434-2).

112 Dispositifs de protection pour les câbles électriques

113 Remarques préliminaires

Les câbles d'alimentation des équipements dynamiques installés le long des autoroutes sont généralement :

- ♦ de grandes longueurs,
- ♦ faiblement chargés, donc protégés par des dispositifs de protection (disjoncteurs) de calibres faibles,
- ♦ de fortes sections au vu des intensités qu'ils transitent car déterminés par la réglementation de la chute de tension admissible, (voir paragraphe 192).

De cette remarque il en résulte que pour la détermination des sections de câbles pour leur tenue aux courts-circuits, maximum et minimum, on doit retenir la méthode par calculs indiquée dans la présente spécification.

114 Détermination des dispositifs de protection

La présente spécification impose que les circuits soient protégés en tous points contre les effets thermiques des courts-circuits, y compris, à l'origine et dans la longueur d'une canalisation. Il est convenu que les protections seront calculées pour une température de départ des conducteurs égale à la température que présenteraient ces conducteurs s'ils étaient parcourus depuis un temps infini par un courant égal au courant conventionnel de non fonctionnement (Inf) de la protection contre les surcharges.

Voir également paragraphe 146 de la présente spécification.

115 Température permanente initiale de fonctionnement des câbles

La norme NF C 15-100 précise au chapitre 434-3-2 :

« Le temps de coupure de tout courant résultant d'un court-circuit se produisant en un point quelconque du circuit ne doit pas être supérieur au temps portant la température des conducteurs à la limite admissible ».

La connaissance de la température initiale, en régime permanent maximum, est importante car elle permet de déterminer la résistance des conducteurs, d'où les calculs pour :

- ♦ les chutes de tension,
- ♦ les courants de court-circuit minimums.

Pour déterminer cette température initiale on doit utiliser la formule des câblers :

$$\frac{I}{I_p} = \sqrt{\frac{\theta - \theta_0}{\theta_p - \theta_0} \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_p - 20)}{1 + \alpha_{20}(\theta - 20)}}$$

d'où l'on déduit la valeur de θ (voir exemple de calculs ci-après).

On trouve généralement une valeur de θ comprise entre 30°C et 40°C maximum avec les notations suivantes :

θ = Température initiale permanente atteinte sur l'âme pour une intensité transportée, donnée : I inférieure ou égale à I_p .

I_p = Intensité admissible dans un conducteur en régime permanent, (A) ; selon NF C 15-100.

θ_p = Température maximale admissible sur l'âme en permanence, °C, selon norme NF C 15-100, chapitre 523-1 et tableau 52D, à savoir :

- ♦ $\theta_p \leq 70^\circ\text{C}$ pour isolant PVC, utilisé pour câble/fil H07V-K
- ♦ $\theta_p \leq 90^\circ\text{C}$ pour isolant PVC, utilisé pour câbles U1000R2V, RVFV (cuivre et aluminium) et H07RNF.

θ_0 = Température du milieu environnant (air ou sol), °C, voir paragraphe 188 de la présente spécification.

α_{20} = Coefficient de variation de la résistance ohmique avec la température, à 20°C, on a :

- ♦ α_{20} - cuivre = $3,93 \cdot 10^{-3}$
- ♦ α_{20} - aluminium = $4,03 \cdot 10^{-3}$

I = Intensité transportée, égale à I_{nf} telle que définie au **114**

Exemple de calcul de la température initiale, θ , de fonctionnement d'un câble

Matériel retenu :

Câble ARVF, 4 x 95 mm² protégé par un disjoncteur calibre 50 A.

Caractéristiques et conditions d'utilisation retenues :

- ♦ $\theta_p = 90^\circ\text{C}$
- ♦ $\alpha_{20} = 4,03 \cdot 10^{-3}$
- ♦ I_p compte tenu des conditions de pose :
 I théorique d'un 4 x 95 mm² ARFV = 236A
 k de réduction admis # 0,80
 $I_p = 236 \times 0,8 \# 189\text{A}$
- ♦ I_{nf} donné par le disjoncteur = 50A x 1,2 # 60A
- ♦ θ_0 = Température du milieu environnant, câble enterré, retenu # 20°C

Calcul de θ :

$$\text{Formule : } A = \frac{I}{I_p} = \sqrt{\frac{\theta - \theta_0}{\theta_p - \theta_0} \cdot \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_p - 20)}{1 + \alpha_{20}(\theta - 20)}}$$

Transformation et application :

$$A^2 = \left(\frac{I}{I_p} \right)^2 = \frac{\theta - \theta_0}{\theta_p - \theta_0} \cdot \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_p - 20)}{1 + \alpha_{20}(\theta - 20)}$$

$$A^2 = \frac{\theta - 20}{90 - 20} \cdot \frac{1 + 4,03 \cdot 10^{-3} (90 - 20)}{1 + 4,03 \cdot 10^{-3} (\theta - 20)}$$

$$A^2 = \frac{(\theta - 20) \cdot [1 + 4,03 \cdot 10^{-3} (90 - 20)]}{70 + 282,1 \cdot 10^{-3} \theta - 5,642}$$

$$A^2 = \frac{1,2821\theta - 25,6420}{282,1 \cdot 10^{-3} \theta + 64,358}$$

$$\text{d'où } \theta = \frac{64,358 \cdot A^2 + 25,642}{1,2821 - 282,1 \cdot 10^{-3} A^2}$$

$$\text{avec } A = \frac{I}{I_p} = \frac{60}{189} \approx 0,3175 \text{ d'où } A^2 \approx 0,1$$

Enfin $\theta \approx 25,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

Conclusions :

Température de fonctionnement $\theta \approx 25,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

d'où un échauffement d'environ $5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ par rapport à la température du milieu environnant

116 Température finale des conducteurs en cas de court-circuit

Les températures maximales admissibles sont données au paragraphe 146 Elles peuvent être vérifiées par application du chapitre 525 de la norme NF C 13-200, ces prescriptions étant étendues au domaine d'application de la présente spécification. Voir en Annexe 1 de la présente spécification.

117 Dispositifs de protection des récepteurs

118 Cas général

Pour les protections spécifiques installées dans les récepteurs ou équipements tels que PMV, contrôle d'accès, armoire de climatisation, rack électronique etc., l'entreprise devra bien préciser à ses fournisseurs les conditions fonctionnelles du projet, telles que :

- ◆ Conformité aux normes et règlements en vigueur pour le projet,
- ◆ Nature et variations de tension possibles,
- ◆ Régime de neutre ou de mise à la terre,
- ◆ Protections des réseaux d'alimentation,
- ◆ Limitation du courant magnétisant à la mise sous tension,
- ◆ Protection contre les surtensions, etc.

119 Cas du récepteur sur antenne ou bus BT

Un dispositif de protection contre les surintensités sera systématiquement installé entre le récepteur et sa jonction ou dérivation du bus.

120 Protection contre les surtensions

121 Règles générales

Des dispositions doivent être prises pour protéger les personnes et les biens contre les conséquences dangereuses des surtensions pouvant affecter leur sécurité.

Les dispositions de protection à prévoir découleront d'études techniques détaillées des risques de surtensions dues à :

- ◆ Des défauts d'isolement avec des installations ou équipements à tension plus élevée,
- ◆ La foudre,
- ◆ Des manoeuvres ou des rayonnements induits d'autres équipements,
- ◆ Des inductions produites par des liaisons d'énergie voisines par exemple :
 - alimentations traction SNCF ou RATP
 - lignes HTA et HTB d'EDF souterraines et aériennes, en particulier lors des défauts de distribution de celles-ci.

122 Dispositions de protections contre les surtensions

Les dispositions retenues pourront être :

- ◆ Du type parafoudre et/ou parasurtenseur adapté aux équipements,
- ◆ Des dispositions spécifiques des réseaux de mises à la terre, par :
 - interconnexions et/ou mises à la terre complémentaires
 - isolations et/ou découplages des équipements et des câblages
- ◆ Des dispositions techniques d'isolement renforcé des équipements : voir paragraphe 123 ci-après.

Les dispositions de protection retenues ne devront pas altérer le fonctionnement normal des installations après élimination ou disparition des surtensions.

123 Tenue aux chocs des installations

Les matériels et/ou ensembles de composants électriques (armoire, coffret, châssis etc...) devront avoir une tension assignée de tenue aux chocs supérieure ou égale à :

- ◆ 4 kV : Pour tous les équipements reliés, alimentés à des réseaux de tension du domaine BT^{4 5}
- ◆ 1,5 kV: Pour les équipements ou circuits alimentés ou reliés à des réseaux de tension du domaine TBT Erreur : source de la référence non trouvée.

124 Protection contre les baisses de tension

125 Prescriptions générales

Des dispositions doivent être prises lorsque la disparition transitoire ou permanente de la tension et son rétablissement peuvent entraîner des dangers pour les personnes et pour les biens.

Les schémas de fonctionnement dits « A manque de tension » ne sont pas autorisés. En régime de fonctionnement normal programmé, et lors d'une coupure générale d'énergie au

⁴ Définitions selon NF C 15-100 - Tableaux 22A et 22B - Voir paragraphe 22 de la présente spécification.

⁵ La tension de tenue aux chocs doit être de 5 kV pour les dispositifs de sectionnement (NF C 15-100 § 537-2).

retour de celle-ci les équipements et installations doivent être normalement réalimentés sans intervention de personnel.

***RAPPEL** : Les récepteurs et équipements doivent assurer leurs fonctionnements normaux, en permanence, pour les plages de tension définies au paragraphe 153*

126 Alimentation continue par batterie d'accumulateurs

Des dispositions de délestage des batteries en fin d'autonomie seront prévues et réalisées par l'entreprise.

Les valeurs de tensions minimales admissibles, retenues au paragraphe 44 pour le délestage seront confirmées par l'entreprise au Maître d'Oeuvre.

127 Sectionnement et commande

128 Généralités

Tout circuit doit pouvoir être sectionné sur chacun des conducteurs actifs.

L'ouverture des contacts doit être visible pour les organes de sectionnement situés :

- ◆ A l'origine d'une installation,
- ◆ Au départ d'une alimentation par câble.

Les armoires ou coffrets de distribution des locaux techniques qui peuvent contenir des parties actives reliées à plusieurs alimentations telles que :

- ◆ Réseau EDF : normal
- ◆ Réseau EDF : secours
- ◆ Onduleur
- ◆ Batterie
- ◆ Groupe électrique de secours

devront comporter des dispositions de telle manière que toute personne devant intervenir puisse prendre toutes les dispositions de sécurité nécessaires résultant de cette situation.

Les dispositions sécuritaires à prévoir et à mettre en place par l'entreprise sont :

- ◆ Dispositifs de verrouillage
- ◆ Etiquettes, affiches d'informations⁶
- ◆ Repérages, marquages, identifications, des équipements contenus dans les armoires aux coffrets (cf. NF C 15-100 chapitres 514-3 pour les câbles raccordés et 558-6 pour les équipements et borniers).

Les affiches décrivant les manoeuvres d'urgence, devront être créées ou mises à jour, et affichées dans les locaux.

⁶ Les affiches réglementaires, et celles décrivant les manoeuvres d'urgence, devront être créées ou mises à jour, et affichées dans les locaux ou armoires.

129 Coupure de sécurité

Il est nécessaire de munir chaque équipement, à l'exception des équipements d'exploitation, des baies d'électroniques situées à côté des armoires de répartition et des coffrets de couplage, d'un dispositif dit « d'arrêt d'urgence ».

L'action locale du dispositif d'arrêt d'urgence est totalement indépendante, et prioritaire sur toutes les actions déclenchées par d'éventuels systèmes de télécommande ou commande centralisée.

Pour les locaux techniques pouvant contenir plusieurs sources d'alimentation, (voir paragraphe 128) les dispositifs d'arrêt d'urgence prévus devront couper simultanément toutes les sources d'alimentations possibles, et ce quelles que soient les sources de tension présentes.

Les boutons d'arrêt d'urgence, sont de couleur rouge, d'un diamètre de 40 mm et déverrouillables, sans clef, par dispositif dit « quart de tour ».

Les remises sous tension ne devront nécessiter aucune intervention hors du lieu ⁷ d'où a été commandé l'arrêt.

130 Commande

Il y a lieu de prévoir un dispositif de commande sur tout élément de circuit que l'on peut-être appelé à établir ou interrompre indépendamment des autres parties de l'installation. Ce dispositif, cadénassable en position ouverture du circuit, agira sur un moyen de coupure omnipolaire.

131 Application des mesures de protection pour assurer la sécurité

132 Mesures de protection contre les chocs électriques

133 Protection contre les contacts directs

L'attention est attirée sur les difficultés à rendre la protection, en conformité aux mesures de protection données au paragraphe 94 de la présente spécification, par interposition d'écrans ou à installer du matériel IPXXC au niveau des borniers. S'il est fait usage d'écrans de protection rapportés, ces écrans devront respecter les subdivisions en ensembles et sous-ensembles.

134 Protection contre les contacts indirects

Voir: Figure 1 - Diagramme de distribution, selon paragraphe 30

⁷ Un lieu doit pouvoir être parcouru à pied dans un délai compatible avec le délai d'intervention requis. A titre d'exemple, deux équipements situés de part et d'autre d'une même voie rapide seront considérés comme situés dans un même lieu s'il existe, à proximité immédiate des équipements, une passerelle ou un tunnel piétonnier permettant de traverser la voie. Dans le cas contraire, ces équipements seront considérés comme situés dans deux lieux différents.

135 Tronçon entre source et armoire d'alimentation

- ♦ Alimentation par branchement EDF
Application de la norme NF C 14-100 suivant les différents types de branchements possibles.
- ♦ Alimentation par transformateur HTA/BTA
Liaison en câble série 1000 V type U 1000 R02 V cuivre protégée :
 - contre les surcharges par la protection de tête de l'armoire d'alimentation,
 - contre les courts-circuits par la protection HTA du transformateur d'alimentation. On trouvera en Annexe 2 à la présente spécification une méthode de calcul de la longueur maximale de cette liaison en fonction des caractéristiques de l'installation.

136 Tronçons entre armoire d'alimentation et les équipements de service ou armoires de répartition

Les masses propres de l'armoire d'alimentation sont protégées contre les contacts indirects :

- ♦ Dans le cas d'une source HTA/BTA conforme à la norme NF C 13-200, par le dispositif à fusible installé dans la cellule HTA.
- ♦ Dans le cas d'une source BT conforme soit à la norme NF C 14-100 ou NF C 13-100, par la réalisation d'une double isolation du matériel assurant la protection DR et du matériel en amont de cette protection.

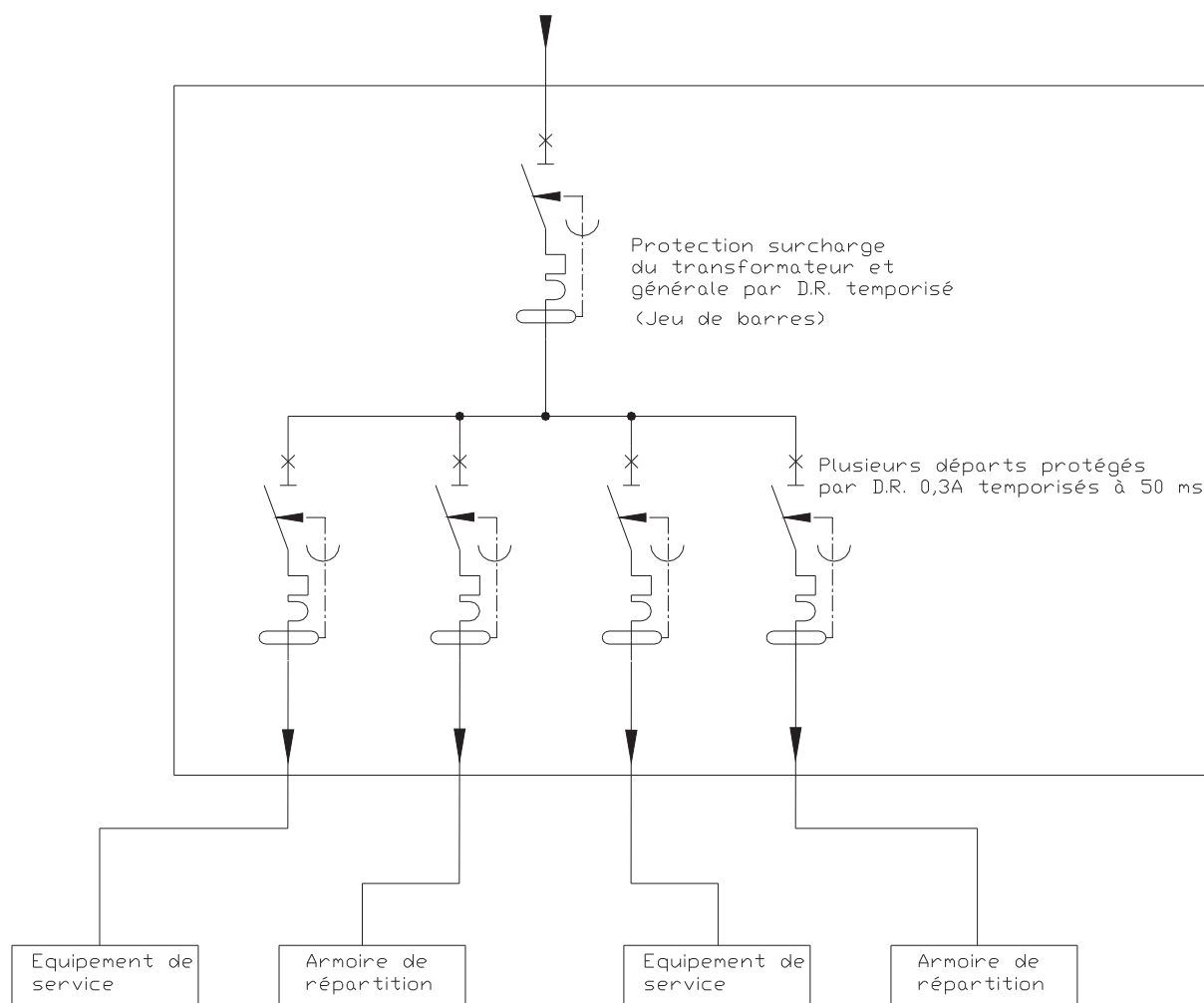
La détermination des protections ne pose pas de problème particulier.

On trouvera ci-après différents types de schémas précisant l'intérêt et l'application de chacun. La solution dite "pour distribution extérieure" sera appliquée de préférence. Les solutions suivantes ne sont applicables que lorsqu'elles sont préconisées par des clauses particulières ou autorisées par le Maître d'Oeuvre.

Pour tous les modes de distributions utilisés on assurera au maximum les fonctionnements sélectifs des protections (surcharges et différentielles) compte tenu des types d'alimentation : EDF, ou transformateur HTA/BTA.

137 Solution pour distribution extérieure

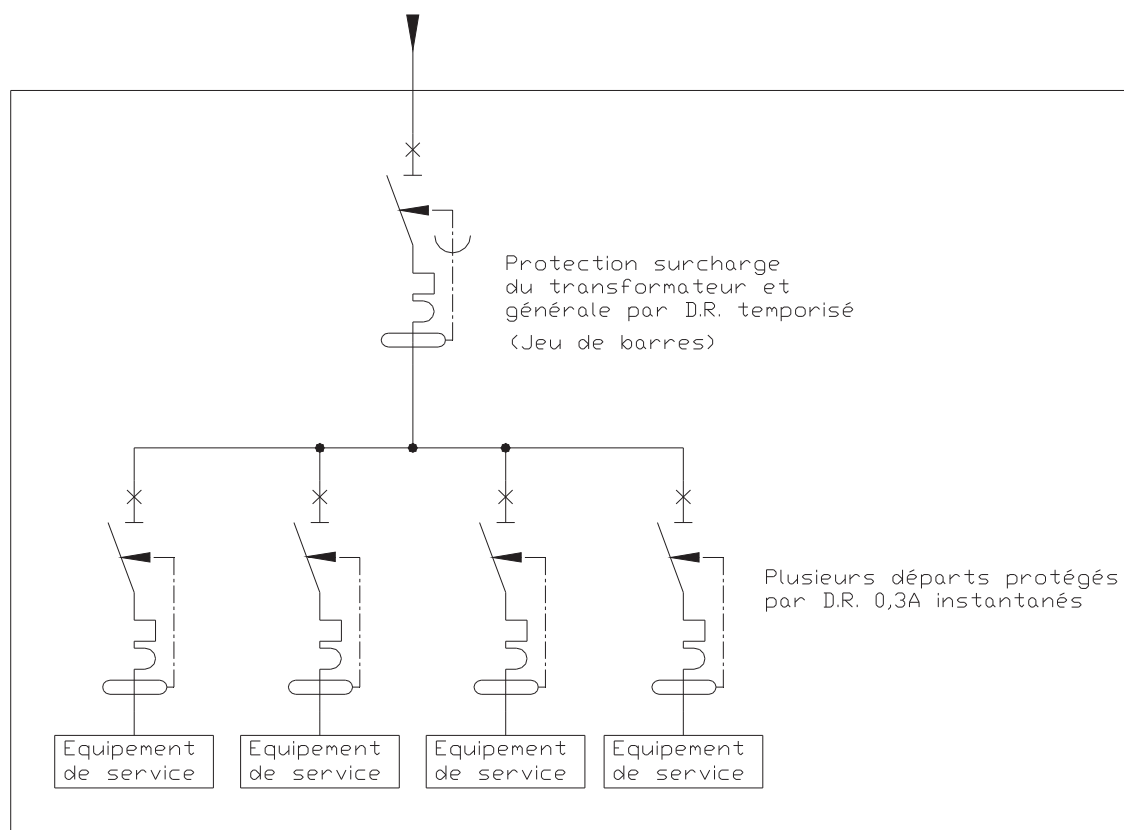
Le choix de ce dispositif est possible avec du matériel modulaire. Il permet, si la très basse tension TBTP ou la séparation de sécurité des circuits est utilisée au niveau de l'équipement de service, de ne pas intercaler de dispositif DR instantané, particulièrement sensible à l'écoulement des décharges atmosphériques.

Figure 12 - Solution pour distribution extérieure

138 Solution pour distribution intérieure

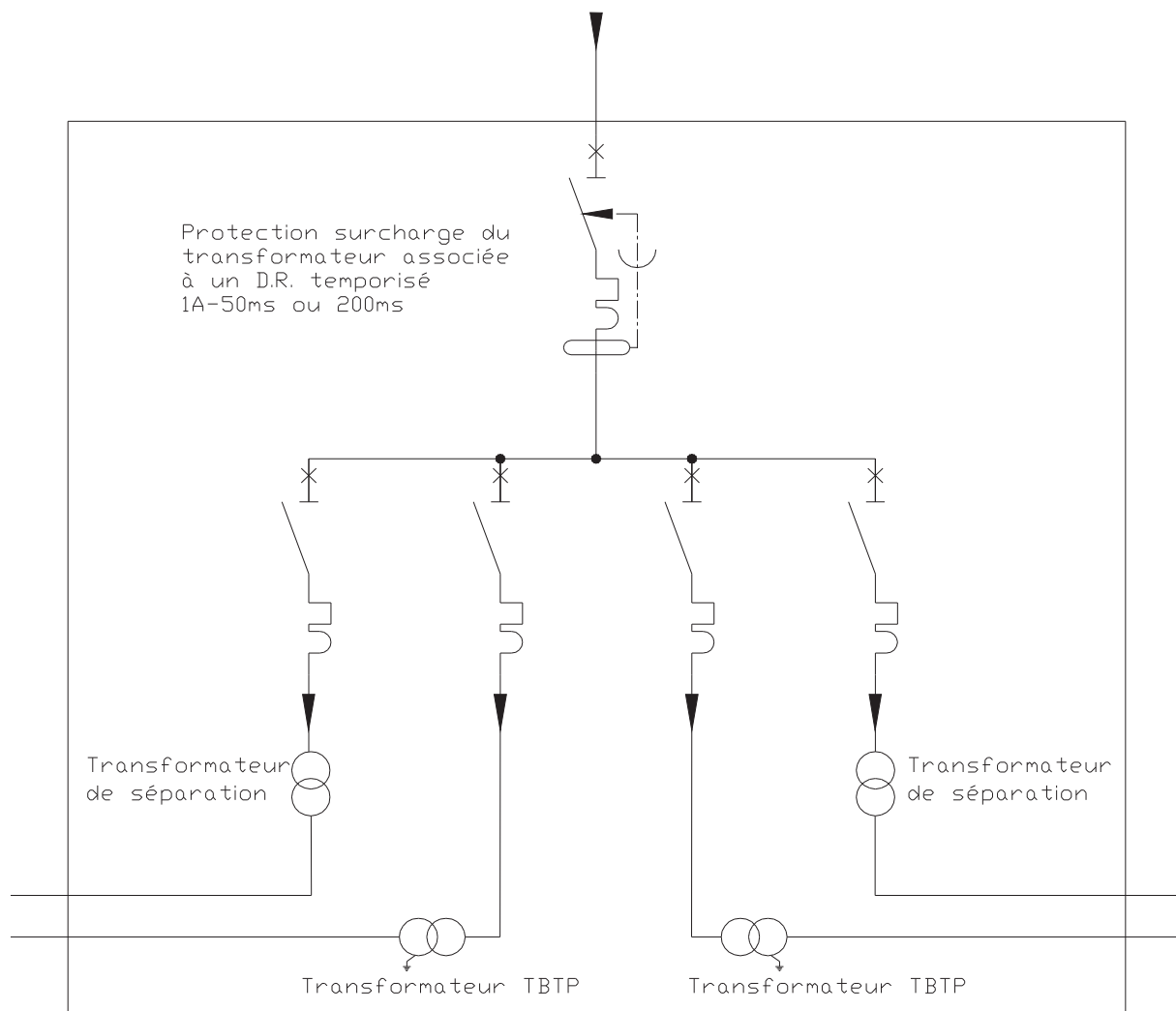
Inconvénient lié à la protection DR instantané, réduisant l'intérêt de la continuité d'exploitation assurée par l'utilisation de la très basse tension TBTP ou de la séparation de sécurité des circuits dans l'équipement de service.

Elle est réservée à l'usage de la distribution intérieure vers les équipements de service situés dans un même local.

Figure 13 - Solution pour distribution intérieure

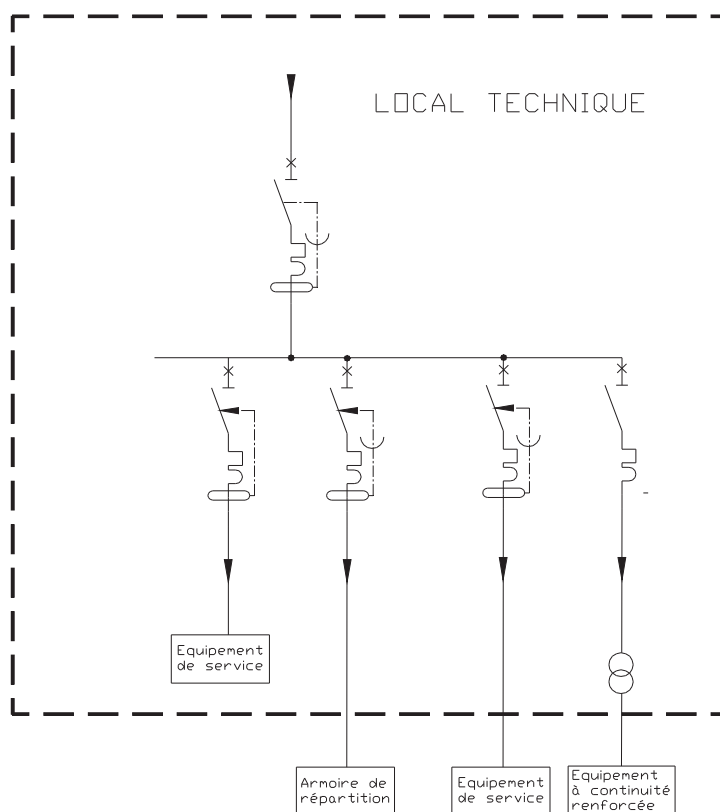
139 Solution à continuité d'exploitation renforcée

Il s'agit d'une solution qui laisse l'intérêt de l'utilisation de la très basse tension TBTP ou de la séparation de sécurité des circuits, la continuité d'exploitation n'étant perturbée que par des défauts sur les canalisations entre l'armoire de distribution et l'équipement de service.

Figure 14 - Solution à continuité d'exploitation renforcée

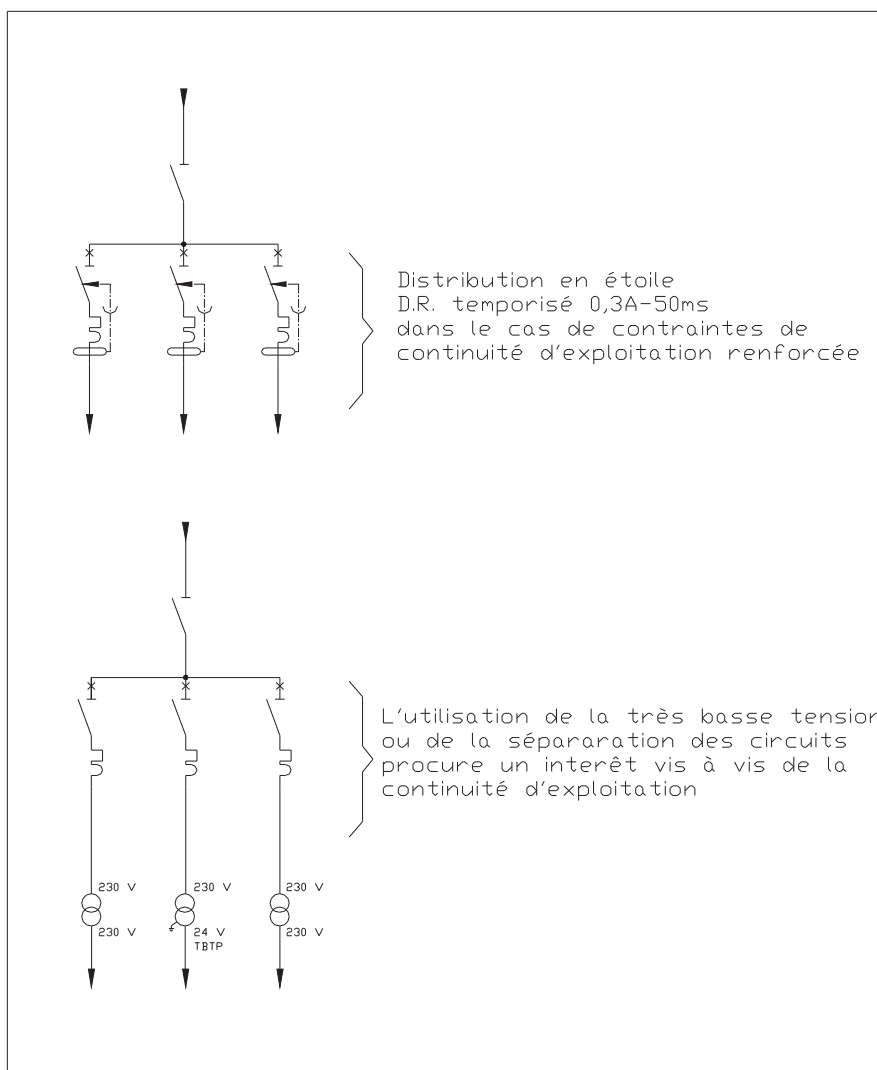
140 Autres solutions

Tous les schémas qui suivent utilisent des solutions mixtes ou limites ; ils sont donnés à titre d'exemple et ne constituent pas une étude exhaustive au titre de la présente spécification.

Figure 15 - Autres modes de distribution possible

141 Tronçons entre armoire de répartition et équipements de service

Dans ce cas, les masses de l'armoire de répartition sont protégées contre les contacts indirects par un dispositif DR 1 A retardé à 200 ms, installé dans l'armoire de distribution, ce qui laisse deux possibilités de sous-distribution.

Figure 16 - Types de distributions et protections associées**142 Tronçons entre équipements de service et équipements d'exploitation**

Les règles énoncées pour la protection contre les contacts indirects dans la présente spécification ne présentent pas de difficulté d'application.

Il est rappelé que seules :

- ♦ la masse de l'armoire de service,
 - ♦ la masse des transformateurs assurant la source de la TBTP,
 - ♦ la masse des transformateurs assurant la séparation de sécurité
- peuvent être protégées contre les contacts indirects par des dispositifs DR temporisés.

143 Mesures de protection contre les effets thermiques en service normal

Aucune mesure n'est à prévoir, dans les cas où les critères de chute de tension conduisent à utiliser des sections de conducteurs dont le courant admissible est très largement supérieur au courant d'emploi.

144 Mesures de protection contre les surintensités

145 Protection contre les surcharges

Dans la mesure du possible utiliser des dispositifs magnéto-thermiques, associant à la protection surcharge contre les courts-circuits.

Les secondaires des transformateurs HTA/BTA doivent être protégés contre les surcharges. Cette protection est installée dans l'armoire d'alimentation.

146 Protection contre les courts-circuits

Toutes les parties d'une installation doivent être protégées à leur origine contre les courts-circuits.

Les installations du domaine d'application de la présente spécification posent quelques problèmes de calcul des dispositifs de protection contre les courts-circuits.

La méthode de calcul à retenir par l'entreprise repose sur les hypothèses suivantes :

- ◆ Avant le court-circuit les conducteurs sont supposés être à une température égale à celle qu'ils présenteraient s'ils étaient parcourus depuis un temps infini par un courant égal au courant conventionnel de non fonctionnement du dispositif de protection contre les surcharges (Inf).
- ◆ D'où la détermination de la température initiale de fonctionnement en régime permanent des câbles, avant court-circuit :
Voir paragraphes de la présente spécification :
 - 113 « Remarques préliminaires »
 - 114 « Détermination des dispositifs de protection »
 - 115 « Température permanente initiale de fonctionnement des câbles »
- ◆ Pendant le court-circuit les courants de consommation sont négligés.
- ◆ Pendant le passage du courant de court-circuit, l'échauffement des conducteurs est supposé adiabatique (hypothèse pessimiste). C'est-à-dire que l'énergie dissipée par effet joule sert entièrement à échauffer, sans dissipation de chaleur, la masse métallique des conducteurs.
- ◆ On pourra utiliser la formule de calcul d'échauffement des câbles, donnée en Annexe 1 pour la vérification de tenue des câbles de distribution retenus lors des courts-circuits.
- ◆ Les températures maximales sur court-circuit étant données au 434-3 de la NF C 15-100, à savoir :
 - 160° pour le PVC,
 - 160° pour les connexions soudées à l'étain
 - 220° pour le caoutchouc butyle,
 - 250° pour le PRC.

ARTICLE 147 CHOIX ET MISE EN OEUVRE DES MATÉRIELS

148 Règles communes à tous les matériels

149 Généralités

Le choix du matériel et sa mise en oeuvre doivent permettre de satisfaire aux mesures de protection pour assurer la sécurité, aux prescriptions pour assurer un fonctionnement satisfaisant de l'installation pour l'utilisation prévue, et aux prescriptions appropriées aux conditions d'influences externes selon spécification G1.

150 Qualité du matériel employé

Applications des règles de la NF C 15-100 chapitre 511 et de la Spécification G1.

151 Choix des matériels en fonction des conditions de service et des influences externes

152 Choix des matériels en fonction des conditions de service

153 Performances

Les performances des équipements et des systèmes devront être assurées dans les conditions suivantes :

- ◆ Plage de +10% à -15% de la tension nominale 230/400 volts, selon NF C 46-002 (IDT CEI 654-2).
- ◆ Plage de variation lente de $\pm 2\%$ sur la fréquence de la tension d'alimentation.
- ◆ Plage de 40,7 à 60 V pour les appareils et équipements alimentés en courant continu (voir paragraphe 44 de la présente spécification).

154 Autres conditions de fonctionnement des équipements

155 Conditions générales

- ◆ Les micro-coupures d'une durée inférieure à 200 ms et de récurrence supérieure à 10 secondes ne devront pas entraîner de dégradation des performances des systèmes.
- ◆ Les coupures d'énergie ne devront pas nécessiter le déplacement d'un agent pour la remise en exploitation des équipements après le retour de l'énergie.
- ◆ Les équipements et les conducteurs ne devront subir aucun dommage dû à la coupure, la déconnexion ou la mise en court-circuit de l'un des câbles d'énergie.
- ◆ Le facteur de puissance de l'installation devra être supérieur ou égal à 0,927, soit $\text{tg } \varphi < 0,4$ pour un régime sinusoïdal pur.
- ◆ Pour les appareils et équipements alimentés en courant continu, la polarité positive est réunie à la masse électrique (Terre). Les appareils ne comporteront pas de connexion interne « Plus $\bar{\text{O}}$ Masse » (voir § 100).

156 Tension assignée de tenue aux chocs

Voir paragraphe 123 de la présente spécification.

Tableau 4 : Tension assignée de tenue aux chocs

Tension assignée (kV)	Domaine de tension UTE C 18-510U Chapitre 2-3-2
4	BTA et BTB
1,5	TBT

157 Courant d'appel ou courant magnétisant

Le courant d'appel sera limité à 10 In pour tous les équipements alimentés sous la tension nominale Un.

In étant l'intensité absorbée en fonctionnement maximal permanent (ex : surbrillance avec réchauffage) pour un équipement alimenté sous sa tension nominale.

Le fournisseur de l'équipement produira au Maître d'Oeuvre, pour accord, le certificat du composant (transformateur en particulier) garantissant cette limitation du courant d'appel.

Les équipements à courant d'appel perturbant (ex : PMV, Contrôle d'accès) seront équipés d'un contacteur temporisé, réglable, (0 à 30 secondes) permettant à la suite d'une coupure générale d'énergie d'effectuer un restage satisfaisant pour l'ensemble des récepteurs, voir schéma Figure 25, selon paragraphe 257 de la présente spécification.

158 Equilibrage des phases

Les équipements alimentés en triphasé auront des consommations permanentes équilibrées sur les trois phases.

Les consommations (pour les trois phases) pour les divers régimes de fonctionnement (maximum et minimum) et pour la totalité de la gamme de tension (-15% à +10% de Un) seront communiquées au Maître d'Oeuvre pour accord.

159 Création d'harmoniques

En conformité aux normes en vigueur (voir paragraphe 12 et NF EN 61000-3-2), tous les types d'équipements alimentés en courant alternatif ou continu ne devront pas réinjecter d'harmoniques sur les réseaux d'alimentation.

160 Choix et mise en oeuvre des matériels en fonction des influences externes

Les matériels électriques doivent être choisis et mis en oeuvre conformément aux prescriptions du tableau 51A de la norme NF C 15-100.

Les influences externes à prendre en compte sont précisées au paragraphe 61 de la présente spécification ; voir également spécification G1.

161 Accessibilité des matériels électriques

Accessibilité définie est précisée aux :

- ◆ paragraphe 10 de la présente spécification,
- ◆ chapitre 513 de la norme NF C 15-100,
- ◆ spécification G1.

En compléments aux règles de sécurité définies au chapitre 481-2-4 de la norme NF C15-100 l'implantation des équipements (armoires, cellules, transformateurs, etc) dans les locaux électriques devra être conçue afin de permettre l'éventuel remplacement, voir l'adjonction si prévu par le Maître d'Oeuvre, d'un équipement tel que : transformateur, tableau, etc.

162 Identification et repérage

163 Généralités

Les équipements, les composants seront identifiés et repérés à l'aide de moyens appropriés afin de permettre de reconnaître leur utilisation sans confusion.

Lors des réalisations, l'entreprise soumettra au Maître d'Oeuvre pour accord :

- ◆ Les règles d'identification ou de repérage prévues.
- ◆ Les moyens, produits, accessoires, etc. destinés à ces fonctions retenus.

164 Identification et repérage des canalisations et des accessoires de raccordements

Application de la norme NF C 15-100, chapitre 514-2 et de la spécification G1.

Tous les câbles seront repérés par étiquetage imperdable et indélébile à chaque extrémité. Le code de repérage sera soumis à l'approbation du Maître d'oeuvre et reporté sur tous les plans et schémas.

Les jonctions, et les dérivations des canalisations seront identifiées sur plans. Pour les canalisations enterrées, ces accessoires seront repérés aux moyens de systèmes de localisation électromagnétiques efficaces dans tous les cas de pose des canalisations.

Les canalisations enterrées seront signalées par grillage avertisseur de couleur selon prescription donnée par la spécification G1.

Les liaisons installées dans les locaux techniques ou dans les équipements, les câbles de connexion seront repérés par manchons indélébiles, protégés par gaine thermo-rétractable

transparente, et porteront le numéro du câble lui-même, ainsi que le numéro de repérage des connecteurs auxquels ils seront raccordés.

Les pénétrations dans les enveloppes seront conformes aux normes NF C 68-300 et NF C 68-312, les feuillards étant traités préalablement par des dispositifs adaptés ; voir également spécification G1 et le paragraphe 255 de la présente spécification.

165 Identification et repérage des conducteurs, des composants, dans des ensembles, armoires, ou coffrets

Application des normes :

- ◆ NF C 15-100, chapitre 558-6, « Marquage des composants ».
- ◆ UTE C 61-130U, « Voyants pour appareils ».
- ◆ NF EN 60445, « Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machines, le marquage et l'identification - Identification des bornes de matériels et des extrémités de certains conducteurs désignés et règles générales pour un système alphanumérique ».

Les repérages des appareils et équipements seront réalisés par des étiquettes rigides, bicolores, couleurs adaptées aux fonctions et tensions (étiquette genre dilophane ou similaire). Les étiquettes sont fixées par vis ou rivets sur les composants ou supports ne permettant aucune erreur d'identification lors de dépose (goulotte par exemple) lors de réglage ou de contrôle. Les étiquettes souples sont interdites. Un système de repérage complémentaire sera réalisé, pour être visible lors de l'enlèvement des plastrons des appareils.

Pour l'identification, le repérage des conducteurs, on utilisera des embouts de couleurs et tailles adaptées, du type à enfiler sur le conducteur avant le serrage de la borne de raccordement. Les repères à fixation par pincement du fil sont interdits.

166 Identification et repérage des équipements et composants sur les représentations schématiques

Application :

- ◆ De la norme NF C 15-100, chapitre 514-5.
- ◆ Des normes et fascicules de représentation des équipements :
 - NF EN 60027-1 « Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique - Partie 1 : généralités »
 - NF EN 60617-1 « Symboles littéraux à utiliser en électronique »
 - NF C 03-203 « Symboles graphiques pour schémas - 1ère partie : généralités, index général »
 - NF C 03-206 « Symboles graphiques pour schémas - 6ème partie : production, transformation et conversion de l'énergie électrique »

- NF C 03-207 « Symboles graphiques pour schémas - 7ème partie : appareillages et dispositifs de commande et de protection »
- NF C 03-208 « Symboles graphiques pour schémas - 8ème partie : appareils de mesure, lampes et dispositifs de signalisation ».

Pour la réalisation des schémas, le repérage équipotentiel sera retenu.

167 Indépendance des matériels électriques

168 Généralités

Les matériels doivent être choisis et disposés de façon à empêcher toute influence nuisible entre les installations électriques, électroniques et non électriques, voir également paragraphe 64 de la présente spécification.

169 Régimes transitoires

Pour la détermination des caractéristiques, types des composants de régulation, commutation périodique de l'énergie (par exemple : régulation de climatisation), on devra respecter les impositions techniques détaillées ci-après.

Soit :

- ♦ « $I_n \text{ eff}$ » le courant efficace circulant dans un circuit en régime établi,
- ♦ « i » le courant instantané,
- ♦ « t » le temps.

Les matériels seront choisis afin que les commutations satisfassent aux conditions suivantes :

170 Manoeuvres de mise sous tension de l'équipement

- ♦ pour t compris entre 10 ms et 100 ms : i doit être inférieur à $10 I_n \text{ eff}$.
- ♦ pour t supérieur à 100 ms : $i = I_n \text{ eff} \cdot \sqrt{2}$ (régime stabilisé)

Aucune spécification particulière tant que « i » est inférieur à 2A.

171 Fonctionnement dynamique de l'équipement

A la fermeture des circuits :

- ♦ pour t compris entre 0 et 100 ms : i doit être inférieur ou égal à $5 I_n \text{ eff}$.
- ♦ pour t supérieur à 100 ms : i doit être inférieur ou égal à $3 I_n \text{ eff}$.

A l'ouverture des circuits : courant nul (i inférieur à $1/100 I_n \text{ eff}$).

Afin de satisfaire ces conditions de régimes transitoires, il apparaît que seul l'emploi de certains relais statiques satisfait les conditions imposées.

Les règles de détermination des composants ne s'appliquent pas lors de commutations exceptionnelles, par exemple :

- ◆ Disjoncteur, interrupteur de manoeuvre.
- ◆ Contacteur de déconnexion batterie en fin de décharge.
- ◆ Contacteur d'inhibition de courant magnétisant, voir paragraphe 157 de la présente spécification.

172 Canalisations

173 Généralités

Applications des règles définies du chapitre 520 de la norme NF C 15-100.

174 Modes et conditions de pose

Les modes de pose définis et détaillés dans la norme NF C 15-100 (tableau 52 C et chapitre 529) dans la spécification G1 et autorisés dans le CCTP sont détaillés aux deux paragraphes suivants :

175 Canalisations extérieures

Les canalisations extérieures sont constituées de :

- ◆ câbles enterrés dans le sol, en pleine terre ou en fourreaux,
- ◆ câbles posés sur chemins de câbles,
- ◆ câbles posés en caniveaux,
- ◆ câbles posés sur ouvrages aériens spéciaux tels que : corbeaux, $\frac{1}{2}$ coquille,
- ◆ câbles posés sur colliers.

Les caractéristiques détaillées des modes de pose à respecter sont données, comme indiqué ci-dessus, dans la spécification G1.

***NOTA :** Si un conducteur de protection séparé et en pleine terre est utilisé, il circulera sous les couches de sable.*

Les canalisations aériennes sont exclues de la présente spécification, et leur utilisation est conditionnée à l'accord formel du Maître d'Ouvrage.

176 Canalisations intérieures

Les canalisations dans les locaux en armoires ou coffrets électriques sont constituées de :

- ◆ câbles sur chemin de câbles,
- ◆ câbles sous conduits PVC ou métalliques, rigides ou souples (NF EN 61386-1, NF EN 61386-21, NF EN 61386-22, NF EN 61386-23 et NF EN 61386-24),
- ◆ câbles en goulottes,
- ◆ câbles posés sur colliers.

NOTA : Les fixations par colliers collés sont interdites.

177 Effort de tirage des câbles

Les efforts maximaux de tirage des câbles, lors de leurs poses, sont donnés par les câbliers.

En l'absence de données on retiendra les efforts de tirages maximum suivants :

- ◆ Câble cuivre : $F \leq 5 \text{ daN} \times \sum S$
- ◆ Câble aluminium : $F \leq 3 \text{ daN} \times \sum S$

avec $\sum S$: somme des sections en mm² de tous les conducteurs du câble.

178 Température de déroulage des câbles

Interdiction de déroulage dans les conditions suivantes :

- ◆ Par température ambiante de déroulage inférieure ou égale à 0°C, sauf pour les tourets de câbles préalablement réchauffés, avant l'opération de déroulage, durant 24 heures minimum à une température de 15°C minimum.
- ◆ Pour des tourets de câbles stockés à une température inférieure à 0°C durant les 12 dernières heures précédent le déroulage.
- ◆ Dans tous les cas, pour une température ambiante de déroulage inférieure à moins 15°C.

179 Rayons de courbure des câbles

Respecter les rayons de courbure des câbles donnés par les câbliers.

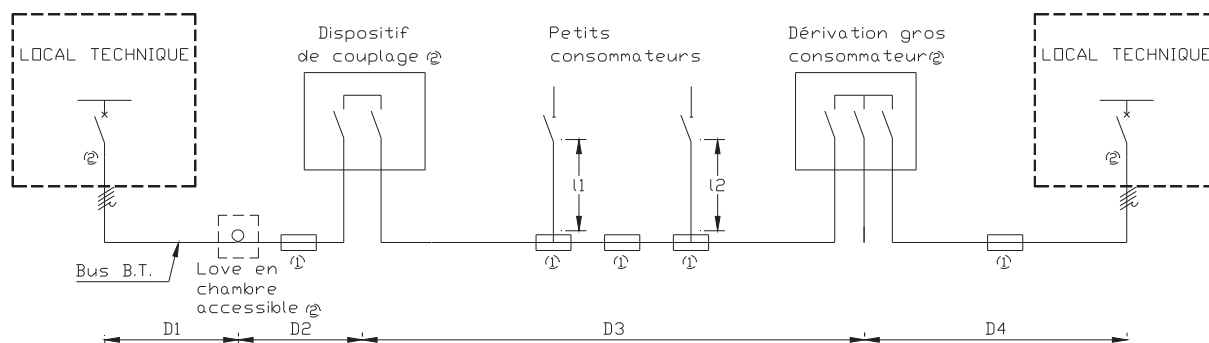
En l'absence de données, pour les câbles armés on respectera les conditions suivantes :

- ◆ Au déroulage : Rayon minimum ≥ 20 fois le diamètre extérieur du câble.
- ◆ En position finale : Rayon minimum ≥ 10 fois le diamètre

180 Conditions de conception des réseaux de câbles de distribution en antenne

Afin de permettre une localisation des défauts des câbles utilisés en distribution en antenne ou BUS-BT et pour les modes de pose en tranchées ou en fourreaux on devra respecter à la conception des réseaux en antenne les conditions suivantes selon Figure 17.

Tous les récepteurs devront être séparables du bus, par des sectionneurs prévus à cet effet. Au niveau des gros consommateurs, le sectionneur sera intégré au dispositif de dérivation, qui assurera aussi les fonctions de dispositif de couplage.

Figure 17 - Installation type des réseaux en antenne ou BUS-BT

⌚ Jonction ou dérivation

⌚ Accès possible par système de localisation de défaut, avec isolement possible de la tête de câble à examiner, tester

Dx: longueur de localisation développée du câble

lx : longueur de dérivation vers un récepteur

Conditions de conception

- ◆ Longueur D maximale d'une longueur de localisation, avec accès⁸ aux deux extrémités par système de localisation de défaut (stationnement avec camion laboratoire, sans neutralisation de chaussée) : $D \leq 2,5$ km.
- ◆ Les jonctions et dérives enterrées seront repérées selon les prescriptions du paragraphe 164 de la présente spécification.
- ◆ Longueurs des dérives des alimentations des récepteurs depuis le bus-BT, quelle que soit la section des câbles de dérivation :
 - Longueur unitaire : $l \leq 30$ mètres.
 - Total des longueurs des dérives pour une longueur de localisation : $\sum l \leq 250$ mètres.

L'entreprise tiendra également compte des règles données dans la spécification G1.

181 Choix et mise en oeuvre en fonction des influences externes

Applications des règles de la norme NF C 15-100, selon chapitre 522.

Compte tenu des influences externes les types de canalisations retenus sont détaillés ci-après pour :

182 Réseau BTA extérieur

Câble armé de la série U 1000 RVFV, selon normes NF C 32-050 et NF C 32-322

- ◆ à âme cuivre pour section inférieure ou égale à 35 mm^2
- ◆ à âme aluminium pour section supérieure ou égale à 50 mm^2

⁸ Cela peut être par la créations de loves de deux boucles de câble installées dans un regard béton permettant l'accès au câble pour localisation et ensuite jonction ou dérivation

Compte tenu de la présence possible de courant dans le neutre, pour les distributions en antenne ou BUS - BT la section du neutre sera toujours égale à celle des phases.

183 Réseau BTA dans les locaux

Câbles, soit :

- ◆ Cas général
Série cuivre souple 450/750 V de la série H07RNF selon les normes NF C 32-102-1 , NF C 32-102-2, NF C 32-102-3 , NF C 32-102-4 .
- ◆ Cas particuliers, sous réserve d'accord explicite du Maître d'Oeuvre
Série cuivre rigide de la série U 1000 R02V, selon norme NF C 32-321.

184 Réseau BTA dans armoires ou coffrets

Canalisations du type :

- ◆ Câble H07RNF, dito ci-dessus
- ◆ Conducteurs de la série H07V-K, utilisés avec un facteur de correction dû à la proximité d'autres conducteurs toujours inférieur à 0,7 (NF C 15-100 article 523.4 et tableau 52L) selon les couleurs normalisées.

185 Réseaux spécifiques TBT

Pour les réseaux TBT spécifiques (exemple : distribution TBT dans les PMV), l'adéquation des canalisations aux conditions de fonctionnement devra être démontrée au Maître d'Oeuvre. A défaut, les câbles BTA désignés ci-dessus seront retenus.

186 Courants admissibles

187 Généralités

Application des règles des chapitres 523 et 524 de la norme NF C 15-100.

Les températures maximales de fonctionnement admissibles pour les canalisations, en régime permanent, admissibles sont données par le tableau 52 D du chapitre 523-1 de la norme NF C 15-100, dans les conditions définies au paragraphe 146 de la présente spécification.

188 Température ambiante

Pour les calculs des sections de câbles, sauf indications spécifiques retenir les températures suivantes :

- ◆ $\theta \geq 20^{\circ}\text{C}$ pour les câbles enterrés et dans les locaux techniques.
- ◆ $\theta \geq 30^{\circ}\text{C}$ pour les câbles à l'air libre non exposé au soleil.
- ◆ $\theta \geq 50^{\circ}\text{C}$ pour les câbles directement exposés au soleil ou installés dans des enveloppes exposées au soleil.

NOTA IMPORTANT : *Température permanente initiale de fonctionnement*

Pour les canalisations enterrées ou n'étant pas exposées au soleil, et compte tenu

des faibles courants de fonctionnement les traversant (voir paragraphe 115) la température initiale maximale pourra être admise supérieure ou égale à 40°C pour les calculs de chute de tension et de courant de court-circuit minimum.

189 Résistivité thermique du sol

Sans indication contraire, retenir la valeur de la norme NF C 15-100, qui donne un coefficient d'influence égal à 1 pour le choix de la section des câbles retenus.

190 Autres conditions d'utilisation selon chapitres 523-4 à 523-7 de la norme NF C 15-100

Applications des règles et des tableaux associés de la norme en fonction des modes de pose, et de constitution des réseaux.

191 Sections des conducteurs

Lors de l'exécution une note de calcul des sections de câbles sera soumise pour accord au Maître d'Oeuvre.

Elle tiendra compte entre autre :

- ◆ Des règles données par la norme NF C 15-100 aux chapitres :
 - 5.2.4 Sections des câbles
 - 5.2.5 Chutes de tension.
- ◆ Des prescriptions et informations données dans la présente spécification.

192 Chutes de tension

193 Généralités

Compte tenu des deux possibilités d'alimentation rappelées ci-dessous les chutes de tension admissent par la norme NF C 15-100 chapitre 525 (entre l'origine de l'installation et le dernier récepteur) sont :

- ◆ Branchement BTA - EDF : $\Delta u \leq 5\% + 0,5\%$ °
- ◆ Alimentation à partir d'un poste de livraison HTA/BTA : $\Delta u \leq 8\% + 0,5\%$ Erreur : source de la référence non trouvée

Pour les calculs des sections de câbles en fonction de la chute de tension, et compte tenu :

- ◆ Des plages de fonctionnement des équipements :
 - Alternatif de -15% à +10% de U_n
 - Continu de 40,7V à 60V.rappelées au paragraphe 152,
 - ◆ Des répartitions des chutes de tension données ci-après au paragraphe 194 de la présente spécification,
- on utilisera la méthode proposée au paragraphe 197 de la présente spécification.

⁹ Supplément de 0,5% pour les câblages longs, extérieurs aux locaux techniques, c'est pratiquement toujours le cas.

194 Répartitions des chutes de tension

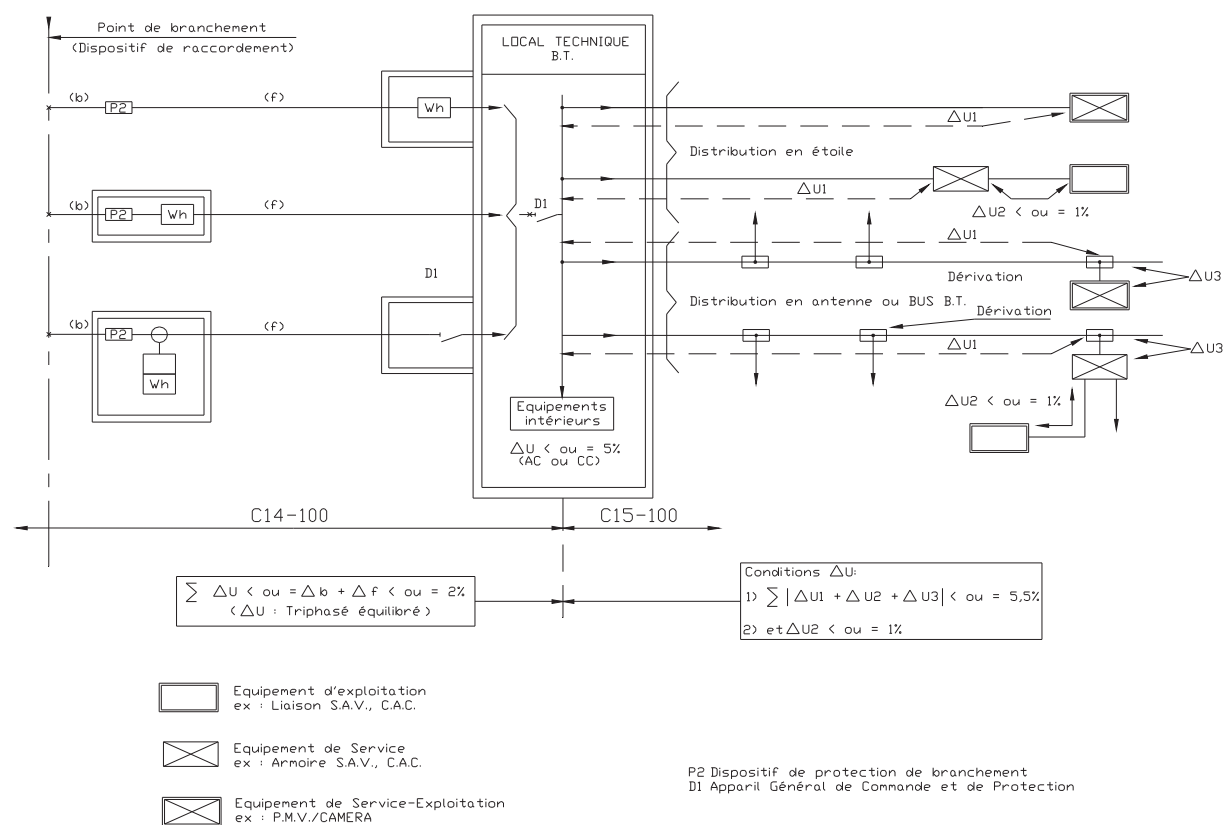
195 Alimentation BTA/EDF selon NF C14-100

Application des normes :

- ◆ NF C 14-100 Chapitre 3-8
- ◆ NF C°15-100 Chapitre 525.

Figure 18 - Alimentation BTA/EDF

Répartition des chutes de tensions monophasées



Avec :

- ◆ Chute de tension maximale du câble d'alimentation
 $\sum \Delta U = \Delta U_b + \Delta U_f \leq 2\%$
- ◆ Chute de tension maximale de la distribution basse tension
 $\sum \Delta U = |\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3| \leq 5,5\%$
avec $\Delta U_2 \leq 1\%$ pour la liaison entre équipement de service et équipement d'exploitation.

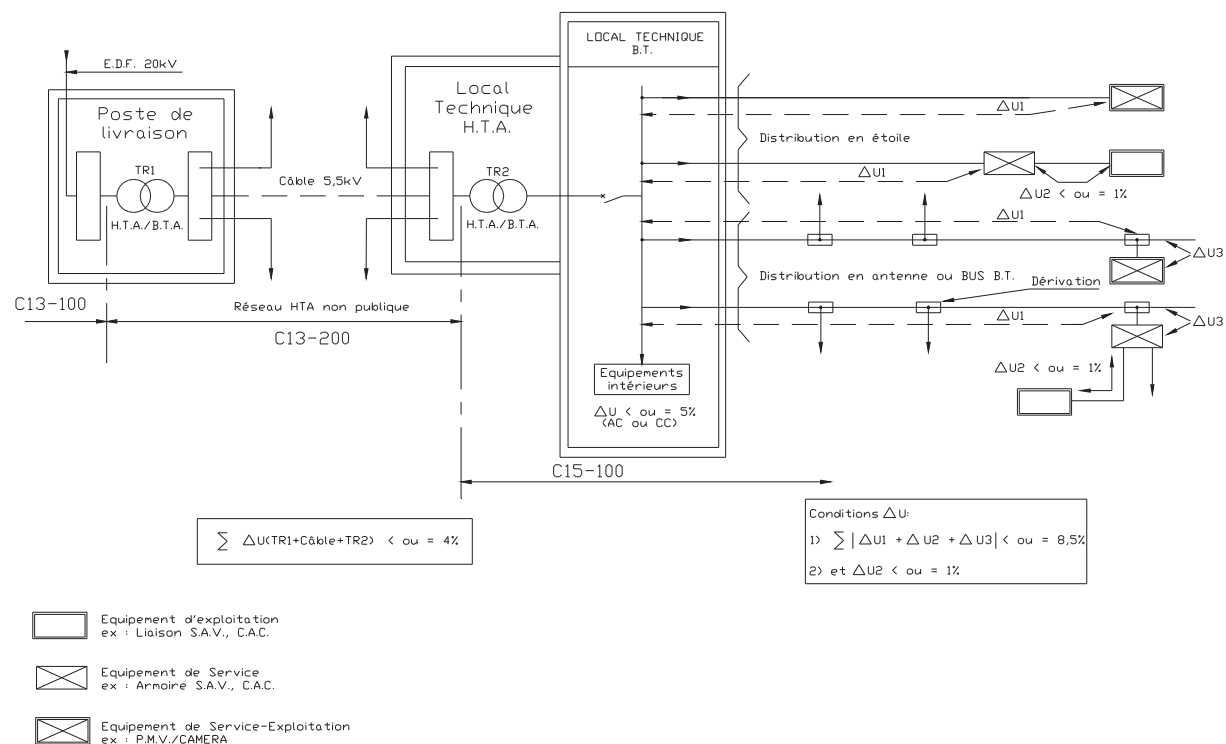
196 Alimentation par poste HTA/BTA (réseau non publique)

Application des normes :

- ◆ NF C 13-200
- ◆ NF C 15-100

Figure 19 - Alimentation par poste HTA/BTA (Réseau non publique)

Répartition des chutes de tensions monophasées



Avec :

- ♦ Chute de tension maximale du câble d'alimentation
 $\sum \Delta U = \Delta U (TR_1 + \text{câble} + TR_2) \leq 4\%$
- ♦ Chute de tension maximale de la distribution basse tension
 $\sum \Delta U = |\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3| \leq 8,5\%$
avec $\Delta U_2 \leq 1\%$ pour la liaison entre équipement de service et équipement d'exploitation.

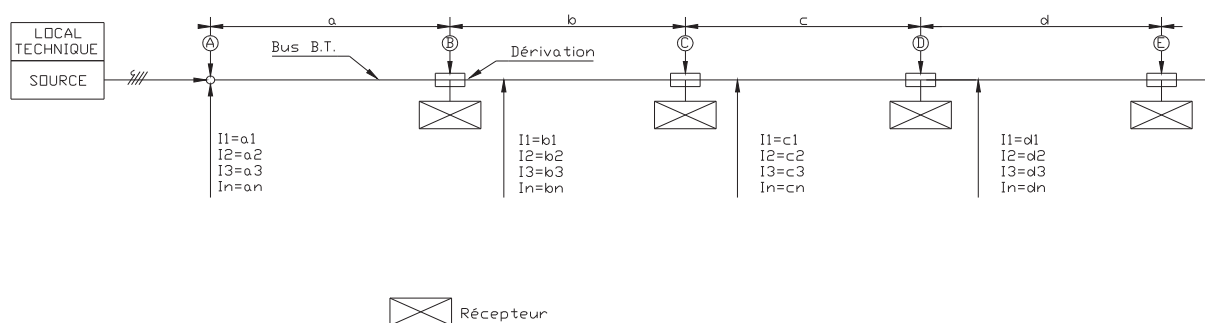
197 Formule de calculs des chutes de tension

Compte tenu :

- ♦ de la configuration des distributions,
- ♦ de la constitution des récepteurs (monophasé, biphasé, triphasé, équilibré ou non),
- ♦ de l'implantation des récepteurs,
- ♦ des réserves de puissance en différents niveaux de la distribution (voir paragraphe 33).

Il est demandé à l'entreprise d'effectuer les calculs de détermination des sections des câbles des bus-BT en fonction des chutes de tension maximales (données aux chapitres précédents) pour des régimes monophasés en tenant compte :

- ♦ des courants monophasés pour la phase (compte tenu des longueurs parcourues) présentant la chute de tension cumulée la plus élevée,
- ♦ des courants correspondants dans le neutre.

Figure 20 - Calculs des chutes de tension

Δu : Chute de tension, pour une longueur à courant constant, d'une liaison étudiée en monophasé, de longueur d , parcourue par des courants I_ϕ et I_n avec un facteur de puissance $\cos \varphi$ et constituée de conducteurs identiques de caractéristiques R et X .

$$\Delta u = (|I_\phi + I_n|) d (R \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

R déterminée selon les conditions de température initiale de fonctionnement : R_θ

La valeur de la résistance de R_θ étant calculée selon la formule ci-dessous, en fonction de la température permanente initiale de fonctionnement, θ , telle que calculée, et précisée aux paragraphes 115 et 187 de la présente spécification.

La valeur de R_θ étant égale à : $R_\theta = R_{20} [1 + \alpha (\theta - 20)]$

Avec :

R_θ et θ définis ci-dessus

R_{20} = Résistance du câble à 20°C

α = Coefficient de variation de résistance en fonction de la température et de la nature du métal donné au paragraphe 115 de la présente spécification.

$x = 0,08 \Omega/\text{km}$

d = distance en km

$\left. \begin{array}{l} I_\phi \quad I \text{ phase} \\ I_n \quad I \text{ neutre} \end{array} \right\} \text{ constant sur la longueur.}$

$\left. \begin{array}{l} \cos \varphi = 0,927 \text{ minimum} \\ \sin \varphi = 0,375 \text{ maximum} \end{array} \right\} \text{ voir paragraphe 155, de la présente spécification.}$

NOTA : Sections neutre et phases, identiques

Pour la chute de tension globale monophasée Δu , on doit retenir la phase la plus chargée selon :

$$\sum \Delta u = |\Delta u_a| + |\Delta u_b| + |\Delta u_c| + |\Delta u_d|$$

Cette chute de tension doit être inférieure aux valeurs rappelées ci-dessous :

- ♦ $\sum \Delta u \leq 5,5\%$ pour réseau public.
- ♦ $\sum \Delta u \leq 8,5\%$ pour réseau non public.

198 Affectation et type d'alimentation des récepteurs

Afin d'équilibrer au mieux les équipements sur les câbles de distribution en antenne on tiendra compte des règles ci-après dans la répartition des récepteurs sur les phases et dans le choix d'alimentation des récepteurs.

199 Pour les caméras

Alimentation monophasée 230 V, par la phase 1, sauf spécification particulière.

200 Pour les RAD

A répartir alternativement sur les phases L2 et L3, s'ils sont alimentés en 230 V, sauf spécification particulière.

201 Pour les « gros consommateurs » d'énergie

On entend « gros consommateurs » d'énergie :

- ♦ les PMV,
- ♦ les contrôles d'accès (C.A.),
- ♦ les signalisations d'affectation de voies (S.A.V.).

L'entreprise doit préciser aux fabricants de ces équipements les types d'alimentation à retenir, soit :

- ♦ triphasé 230/400 V équilibré dans tous les régimes de fonctionnement
- ♦ monophasé 230 V
- ♦ biphasé 400 V.

L'entreprise doit faire préciser par les fabricants, dans les cas de fonctionnements extrêmes (tension la plus faible et régime de consommation maximale) les valeurs suivantes :

- ♦ l'intensité des trois phases (en triphasé), exceptionnellement pour le neutre,
- ♦ le facteur de puissance correspondant.

Voir également paragraphe 152 de la présente spécification « Choix des matériels en fonction des conditions de service ».

202 Chutes de tension pour les équipements implantés dans des locaux techniques

Pour les récepteurs alimentés en courants continus ou alternatifs et quel que soit le type d'alimentation la chute de tension cumulée des liaisons, sera dans tous les cas : $\Delta u \leq 5\%$. Ces récepteurs devront également fonctionner dans les conditions précisées au paragraphe 152

203 Connexions

204 Généralités

Application des règles de l'ensemble du chapitre 526 de la norme NF C 15-100.

Les bornes de raccordements sont :

- ◆ du type à cage,
- ◆ d'indice de protection IPXXB minimum.

Pour les raccordements des équipements dynamiques, armoires, coffrets, poteaux, portiques, l'entreprise doit réaliser ou faire réaliser par ses fabricants des connexions adaptées.

Les raccordements des masses métalliques des équipements dynamiques, des coffrets électriques et celles des locaux techniques concernés sont les suivants :

- ◆ les conducteurs de protection (PE) de section 1 x 25 mm² cuivre¹⁰, selon paragraphe 232 de la présente spécification,
- ◆ toutes les masses métalliques des équipements, coffrets ou celles des locaux techniques au sens de la norme NF C 15-100, selon chapitre 232-8,
- ◆ les écrans et feuillards des câbles,
- ◆ certains dispositifs de protection tels que les parafoudres.

Aux circuits des masses peuvent être également raccordés, pour fixation des potentiels, les éléments suivants :

- ◆ les points neutres des transformateurs triphasés étoile,
- ◆ les points milieux ou une sortie des transformateurs monophasés,
- ◆ les polarités positives des sources 48 V (batterie ou chargeur).

Pour les alimentations en énergie, les raccordements à assurer sont :

- ◆ dans les locaux techniques, les raccordements, des câbles aluminium des bus BT,
- ◆ sur les équipements dynamiques, les raccordements de capacité minimale = 6 mm² cuivre par conducteur, quel que soit le mode de distribution

205 Jonctions et dérivations

En règle générale, les jonctions et dérivations HTA/BTA :

- ◆ Devront obtenir l'accord du Maître d'Ouvrage.
- ◆ Devront être repérées selon deux dispositifs (voir paragraphe 164) à savoir :
 - sur plan, triangulation par rapport à des repères inamovibles
 - par systèmes électromagnétiques pour les liaisons enterrées.
- ◆ Devront assurer une continuité électrique du feuillard de protection en rapport avec la section de celui-ci.

206 Liaisons BTA cuivre-cuivre et aluminium-aluminium

Les jonctions et dérivations seront réalisées par boîtes coulées avec des raccordements sertis.

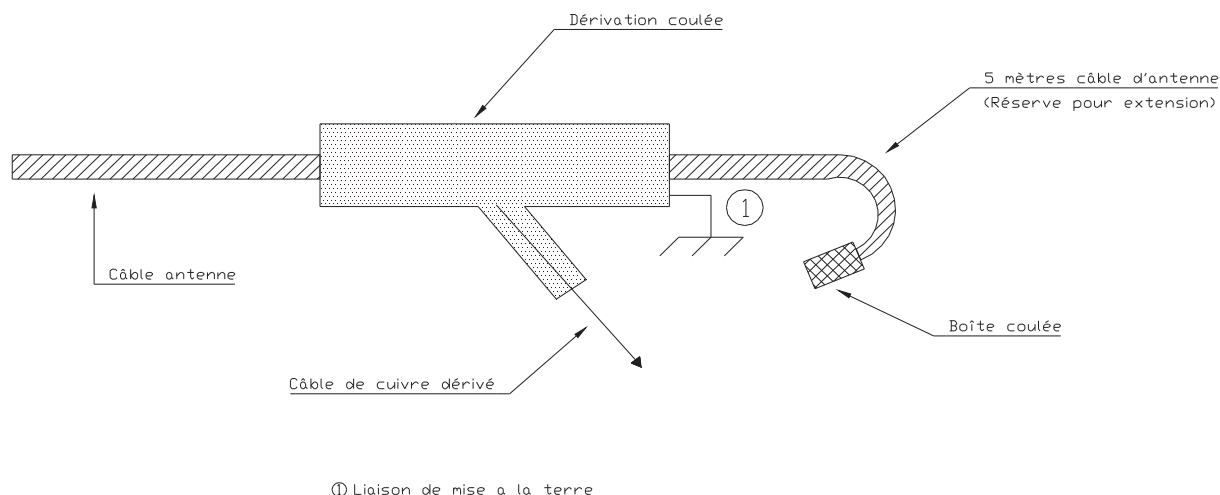
¹⁰ Pour les récepteurs enterrés (genre RAD) on pourra utiliser le conducteur vert/jaune du câble d'alimentation, section minimale 6 mm² cuivre.

207 Dérivations BTA aluminium-cuivre

- ◆ Dérivation utilisée pour distribution en antenne ou bus BT.
Les raccordements sur le bus BT devront s'effectuer par des connecteur de type à cage, sans coupure du conducteur du bus.

Afin de permettre une extension du réseau, les extrémités des câbles de distribution en antenne sont pourvues d'une longueur de câble (de 5 mètres minimum) de section identique à l'antenne, et lové à côté de la dérivation.

Figure 21 - Extrémité de Bus-BT en antenne



208 Connexions, dérivations des conducteurs de protection

Les connexions, dérivations du câble de protection 1x25 mm² cuivre seront effectuées exclusivement par "C sertis".

209 Choix et mise en oeuvre pour limiter la propagation du feu

210 Généralités

Pour les locaux techniques, application de la norme NF C 15-100 chapitre 527 en particulier :

- ◆ par le respect de la nature des câbles,
- ◆ par la détermination et la surveillance des divers échauffements admissibles.

211 Barrières coupe-feu

Dans les locaux techniques application de la réglementation indiquée au chapitre 527-2 de la norme NF C 15-100.

212 Voisinage avec les autres canalisations

Application de la norme NF C 15-100 chapitre 528.

En particulier, les canalisations des domaines BT, HTA et les câbles courants faibles ne doivent pas emprunter les mêmes conduits.

213 Règles particulières aux différents modes de pose

Application des règles indiquées au chapitre 529 de la norme NF C 15-100 au paragraphe 172 de la présente spécification, ainsi qu'aux exigences de la spécification G1.

214 Appareillage (protection, commande et sectionnement)

215 Généralités et dispositions communes

Application des chapitres 530 et 531 de la norme NF C 15-100.

Le matériel de classe (0) et (0 - 1) est interdit.

Tous les appareillages seront choisis dans les séries normalisées de l'appareillage industriel. Toutes les prises test, interrupteurs, et prises d'alimentation seront mis à la terre.

Chaque local technique sera pourvu d'un système de coupure totale d'urgence de l'énergie électrique tel que décrit au paragraphe 128 de la présente spécification.

216 Dispositifs de protection contre les chocs électriques

Les dispositifs prévus pour assurer la protection contre les chocs électriques conformément au paragraphe 92 de la présente spécification sont représentés sur les schémas des paragraphes :

- ♦ 45 - « Schémas de distribution et des liaisons à la terre »
- ♦ 50 - « Structure des distributions ».

217 Dispositifs de protection contre les surintensités

218 Généralités

Application du chapitre 533 de la norme NF C 15-100.

219 Choix des dispositifs contre les surcharges

220 Utilisation de fusibles

Application des règles définies par le tableau 53A de la norme NF C 15-100 pour l'utilisation des fusibles type Gg (GL ou gl).

Les coupe-circuits seront à coupure omnipolaire simultanée, à barrettes neutres prisonnières, s'il en est fait usage. Les éléments de remplacement seront de la taille cylindrique 10,3 x 38 avec indicateurs de fusion, sauf si le courant de court-circuit présumé nécessite une taille supérieure. L'usage d'autres formes de fusible est interdit.

Ils seront conformes à la norme NF EN 60269-1.

Tous les fusibles doivent être clairement repérés et identifiés dans les documentations (en particulier schémas unifilaires, voir § 67). Dans les armoires, baies, coffrets, caissons, tous ces organes devront être regroupés ; dans ces enveloppes, l'usage de fusibles à l'intérieur de sous-ensembles électroniques est donc exclu.

221 Utilisation des disjoncteurs

Utilisation de disjoncteurs conformes aux normes :

- ♦ NF EN 60947-2
- ♦ NF EN 60898-1

Pour les canalisations intérieures aux locaux techniques, on utilise des disjoncteurs (courbe de déclenchement B) selon le tableau 53B de la norme NF C 15-100.

Pour les canalisations extérieures, longues, en distributions étoile ou antenne, on utilise des disjoncteurs à courbe de déclenchement D (éventuellement courbe C).

Pour les branchements BTA-EDF, on utilise des disjoncteurs conformes à la norme NF C 62-411.

Les sections des conducteurs neutres étant égales aux sections des conducteurs des phases, les disjoncteurs seront du type à :

- ♦ 4 déclencheurs identiques pour les distributions triphasées avec neutre.
- ♦ 2 déclencheurs identiques pour les distributions monophasées ou biphasées.

Les disjoncteurs d'alimentation des câblages seront du type à "Coupure pleinement visible".

222 Dispositifs de protection contre les surtensions

Applications des normes :

- ♦ NF C 15-100 Chapitre 534
- ♦ UTE C 61-740-52 Parafoudres basse tension - Parafoudres pour applications spécifiques incluant le courant continu - Partie 52 : principes de choix et d'application - Parafoudres connectés aux installations photovoltaïques
- ♦ UTE C 61-740-12 Parafoudres basse tension - Partie 12 : parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension - Principes de choix et d'application
- ♦ NF EN 60099-5 Parafoudres - Partie 5 : recommandations pour le choix et l'utilisation

Applications des règles données au paragraphe 120 de la présente spécification.

Voir schéma de raccordement de parafoudres dans un équipement, selon paragraphe 257 et Figure 25 de la présente spécification.

Chaque parafoudre sera pourvu de dispositifs de signalisation (visuel et contact sec) témoignant de son défaut ou son usure.

Les parafoudres seront dimensionnés et installés selon le guide UTE C 15-443, et les spécifications suivantes.

Les connexions des parafoudres au circuit principal de terre seront aussi courtes que possible ; sauf dérogation, elles seront longues de moins de 50 cm.

Des mesures supplémentaires seront prises le cas échéant, pour satisfaire à la double contrainte des pouvoirs d'écoulement et des chocs de tension que les équipements électroniques peuvent supporter. L'installation sera conçue pour assurer la coordination mutuelle des protections.

La longueur de câble entre le dernier parafoudre et les équipements à protéger, devra être limitée pour éviter toute surtension due aux phénomènes de propagation. Elle sera en tout état de cause limitée à 40 m ; à défaut, des protections secondaires supplémentaires devront être installées à proximité de l'équipement sensible.

223 Dispositifs de protection contre les baisses de tension

Voir paragraphe 124 de la présente spécification.

224 Coordination entre les différents dispositifs de protection

225 Sélectivité entre dispositifs de protection contre les surintensités

Compte tenu :

- ♦ des grandes longueurs des canalisations,
- ♦ des faibles consommations,
- ♦ des faibles calibres des disjoncteurs de protection,
- ♦ des faibles de court-circuit (surtout avec alimentation par réseau privé HTA),

l'attention de l'entreprise est attirée sur la difficulté d'assurer une sélectivité ampéremétrique entre les divers dispositifs de protection placés en série compte-tenu de l'objectif de sélectivité totale.

Pour l'application de 536.1 de la norme NF C 15-100, on retiendra que les nécessités d'exploitation justifient la sélectivité entre les dispositifs de protection contre les surintensités.

226 Coordination entre les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel et les dispositifs de protection contre les surintensités

Application de la norme NF C 15-100 chapitre 536-2.

227 Coordination entre les dispositifs de protection à courant résiduel

Comme pour le paragraphe 224, l'entreprise assurera au maximum une « sélectivité différentielle » entre les différents dispositifs de protection placés en série (sélectivité différentielle partielle). Comme l'indique la norme NF C 15-100 au chapitre 536-3 et commentaires associés, on utilise des dispositifs à caractéristiques de fonctionnement Temps/Courant adaptés. Pour les distributions alimentées par réseau HTA non publique, on limitera à 3 A la valeur du courant résiduel et le retard de fonctionnement à une seconde.

Pour les distributions alimentées en BTA par branchement EDF on utilisera des disjoncteurs de branchement type sélectif « S ».

228 Dispositifs de commande et de sectionnement

Applications des règles de la norme NF C 15-100 du chapitre 537 et des recommandations du paragraphe 127 de la présente spécification.

229 Mises à la terre et conducteurs de protection

230 Généralités

Les spécifications et prescriptions à respecter sont données au paragraphe 92 de la présente spécification.

NOTA : Toutes les masses métalliques susceptibles d'être portées à un potentiel dangereux seront munies d'une borne de connexion de terre. A l'intérieur d'un même équipement, les différentes masses seront interconnectées en étoile sur une barrette par des conducteurs cuivre de section appropriée.

231 Liaisons à la terre

Toutes les prises de terre seront conformes à la norme NF C 15-100, article 542.

Elles devront répondre, en complément, aux spécifications techniques suivantes :

- ♦ Toute prise de terre sera installée à plus de 10 mètres d'une autre prise de terre existante. Si deux équipements sont simultanément accessibles, les masses seront interconnectées.
 - ♦ Les résistances de terre, mesurées par temps sec, sont définies (RA) :
 - Pour les installations raccordées au réseau basse tension public, respect de la norme NF C 14-100.
 - Pour les équipements par : $RA \leq \frac{U_c}{I\Delta n}$, avec
 - ♦ U_c = Tension de contact = 25 V en courant alternatif, voir paragraphe 96 de la présente spécification.
 - ♦ $I\Delta n$ = Courant résiduel maximum admis ≤ 3 A, selon paragraphe 227 de la présente spécification
- Soit $RA \leq \frac{25}{3}$; Retenons $RA \leq 8$ Ohms.
- ♦ Il est interdit d'utiliser des améliorants chimiques.
 - ♦ Toutes les bornes de terre seront en cuivre, en laiton ou en bronze.
 - ♦ La remontée d'un puits de terre transitera par un dispositif démontable à l'aide d'outils, permettant la mesure de la résistance de terre.

232 Conducteurs de protection

Un conducteur de protection en cuivre réalisera l'interconnexion de toutes les masses de l'installation ; ce conducteur peut être inclus dans les câbles. S'il en est séparé, sa section minimale sera de 25 mm², en cuivre nu.

Dans tous les cas, les sections des conducteurs de protection seront vérifiées selon la réglementation : norme NF C 15-100, article 543, et compte tenu des conditions d'utilisation.

233 Mise à la terre pour des raisons de protection

Application de la norme NF C 15-100, article 544.

234 Mise à la terre pour des raisons fonctionnelles

Terre sans bruit

Sans accord du Maître d'Ouvrage, il n'est pas prévu de « Terre sans bruit ».

Pour satisfaire les spécificités de mise à la terre de certains équipements électroniques, informatiques, l'entreprise réalisera des mises à la terre par liaisons isolées (vert/jaune) en câble cuivre souple H07-V (normes NF C 32-201-1, NF C 32-201-2 et NF C 32-201-3,) selon une distribution ETOILE depuis le puits de terre général. Section minimale des liaisons, selon paragraphe 232 ci-dessus, avec un minimum de 6 mm².

235 Mise à la terre pour des raisons combinées de protection et fonctionnelles

Application article 546 de la norme NF C 15-100.

236 Conducteurs d'équipotentialité

En application de la norme NF C 15-100, article 547, un conducteur d'équipotentialité réunira l'ensemble des équipements selon paragraphe 45 de la présente spécification.

La section de ce conducteur en cuivre nu sera au minimum de 25 mm², vérification selon article 543 de la norme NF C 15-100 et compte tenu des conditions d'utilisation.

237 Autres matériels

Tous les matériels, équipements et composants aussi doivent satisfaire aux exigences complémentaires détaillées ci-après.

238 Transformateurs

Les transformateurs doivent être conformes aux normes :

- ◆ Transformateur de puissance HTA/BTA : NF EN 60076-1,
- ◆ Transformateur de faible puissance : NF C 52-200,
- ◆ Transformateur sec : NF EN 60076-11.

L'emploi des auto-transformateurs est interdit sans l'accord du Maître d'Oeuvre.

Les transformateurs des équipements dynamiques alimentés par une distribution en antenne ou bus BT devront avoir un courant magnétisant d'appel limité selon les prescriptions du paragraphe 154, de la présente spécification.

239 Machines tournantes

Les machines tournantes doivent être conformes aux normes NF EN 60034-5 et NF EN 60034-9.

Limitation des troubles dus aux démarrages des moteurs.

Application de la norme NF C 15-100 (chapitre 552-2-2), cependant pour les réseaux de distribution non publique (selon NF C 13-200) on respectera les conditions suivantes :

- ◆ Puissance unitaire inférieure à :
 - $P \leq 2$ kW en monophasé,
 - $P \leq 5,5$ kW en triphasé,
- ◆ Courant de démarrage limité à 5 In.

Application de la norme NF C 15-100 (chapitre 552-2-2) ; cependant pour les réseaux de distribution non publique (selon NF C 13-200) on respectera les conditions suivantes :

- ♦ si puissance unitaire supérieure ou égale à :
 - 2 kW en monophasé,
 - 5,5 kW en triphasé,
- alors le courant de démarrage devra être limité à 5 In.

Les systèmes de manoeuvre (marche ou arrêt) de tous les moteurs devront respecter les règles définies au paragraphe 169 de la présente spécification.

240 Convertisseurs

241 Règles générales complémentaires à la norme NF C 15-100

242 Dispositions générales

Les convertisseurs respecteront les règles générales suivantes :

Compatibilité électromagnétique	} selon paragraphe 12
Créations de rayonnements ou d'harmoniques	

Les transformateurs utilisés dans ces équipements seront du type sécurité, selon la norme NF EN 60742.

Les voyants à filament sont interdits ; on utilisera des lampes néon ou type LED, durée minimale de fonctionnement : 100 000 heures.

Pour les convertisseurs constituant des sources selon les paragraphes :

- ♦ 2 « Domaine d'application »
- ♦ 44 « Source à courant continu »
- ♦ 43 « Source à courant alternatif BTA »,

Ils comporteront les équipements nécessaires au fonctionnement des « Arrêt d'urgence » selon le paragraphe 129 de la présente spécification.

243 Eléments pour supervision

Les convertisseurs seront équipés d'un ensemble d'états, d'alarmes de fonctionnements et de mesures permettant d'informer un système de supervision.

Les spécifications des fonctions à réaliser et équipements à prévoir par l'entreprise, sont données au § 71 de la présente spécification, complétées par les spécifications particulières.

244 Energie de secours

(voir paragraphe 258)

Pour le secours en énergie des alimentations internes, les armoires comprendront des dispositifs de raccordement d'une alimentation de secours par groupe électrique mobile.

245 Redresseur/chargeur

Ces convertisseurs seront conformes aux normes de construction suivantes :

- ♦ NF EN 60146-2
- ♦ NF C 53-224.

Les caractéristiques générales des sources à courant continu sont données au paragraphe 44 de la présente spécification.

La polarité positive des sources à courant continu sera réunie à la terre, en un seul point, côté source, (voir le paragraphe 100)

Les dimensionnements des convertisseurs source seront déterminés compte tenu des utilisations des récepteurs et des caractéristiques de la batterie : type, capacité, tension, etc.

Les convertisseurs source à courant continu (chargeur) alimentant un onduleur devront pouvoir fonctionner avec ou sans batterie.

246 Onduleur (alimentation sans interruption : ASI)

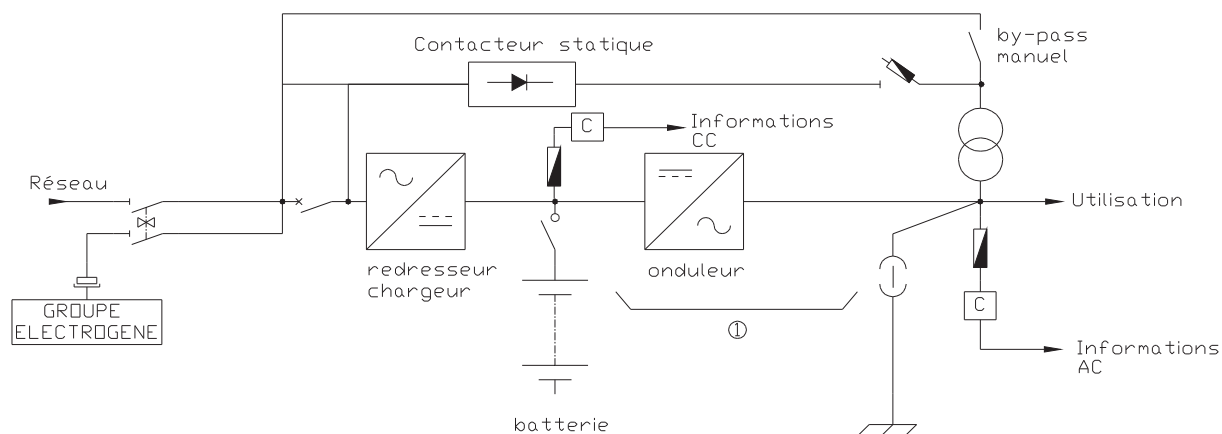
Ces convertisseurs seront conformes aux règles d'installation et de sécurité suivantes :

- ♦ UTE C 15-402U
- ♦ NF EN 60950 (indice C 77-210)
- ♦ NF EN 62040-1 (indice C 42-810-1)
- ♦ NF EN 50091-2 (indice C 42-810-2)
- ♦ C 53-224

Les caractéristiques générales des sources à courant alternatif sont données au paragraphe 43 de la présente spécification.

Les onduleurs constituant une source d'alimentation interne, seront du type « ON-LINE » et comporteront les équipements selon le schéma ci-dessous.

Figure 22 - Schéma de principe d'une source onduleur



① Onduleur monophasé ou triphasé suivant les besoins

C Convertisseur de mesure

Cette disposition permet une sûreté de fonctionnement optimale et une maintenance sans coupure d'énergie pour l'ensemble des utilisations.

A la sortie des onduleurs, le régime du neutre de distribution retenu sera réalisé.

L'onduleur devra disposer d'un oscillateur interne, synchronisé en permanence sur le réseau d'alimentation, pour que les tensions ondulée et normale soient en phase. Toutefois, cette synchronisation devra être déconnectable pour le fonctionnement sur groupe électrique de secours ; la tension produite par l'onduleur devra alors rester à la fréquence instantanée de $50 \pm 0,5$ Hz, quelle que soit la charge.

Les sources d'alimentation internes :

- ◆ en courant alternatif : onduleur,
 - ◆ en courant continu : redresseur/chargeur/batterie,
- pourront comporter des éléments de production communs tels que chargeur, batterie... sous réserve de leurs dimensionnements et caractéristiques.

Les onduleurs devront pouvoir fonctionner, temporairement, sans batterie d'accumulateurs.

247 Batterie d'accumulateurs

Les batteries d'accumulateurs seront du type étanche

- ◆ soit cadmium-nickel
- ◆ plomb à recombinaison.

Les chargeurs utilisés devront présenter des caractéristiques de fonctionnement spécifique de la batterie d'accumulateurs pour constituer une association répondant aux prescriptions de la deuxième partie de la norme NF C 58-311.

La tension maximum des batteries d'accumulateurs sera inférieure à 120 V. Les tensions de fonctionnement des batteries de sources internes à courant continu sont données au paragraphe 44 de la présente spécification.

Les batteries d'accumulateurs pourront être installées dans un local spécifique ou dans une armoire.

L'entreprise devra vérifier que le renouvellement d'air est conforme à la norme NF C 15-100, et à défaut réaliser les travaux nécessaires.

Les normes de fabrication et d'installation sont les suivantes :

- ◆ NF C 15-100 chapitre 554 et son annexe,
- ◆ NF EN 60622 batteries cadmium-nickel étanches
- ◆ NF EN 60896-21 batteries plomb étanches
- ◆ NF C 58-311.

La détermination de la capacité des batteries sera fonction des besoins explicites au paragraphe 33 et fera l'objet d'une note de calculs justificative et soumise au Maître d'Oeuvre.

Les batteries d'accumulateurs seront équipées d'un ensemble d'états, d'alarmes de fonctionnements et de mesures permettant d'informer un système de supervision. Les

spécifications des fonctions à réaliser et équipements à prévoir par l'entreprise, sont données au § 71 de la présente spécification, complétées par les spécifications particulières.

Pour les accumulateurs cadmium-nickel, la technologie de plaque à pochette est exclue, au profit des électrodes à liant plastique et à structure fibreuse.

Pour les accumulateurs au plomb, les plaques électrodes seront exemptes d'antimoine (pour réduire le dégagement d'hydrogène et la perte de performance). L'alliage de grille positive comprendra de 1 à 1,5% d'étain en masse, de manière à limiter la corrosion.

Dans les accumulateurs étanches, le séparateur sera conçu pour éviter la stratification de l'acide (dimension et répartition des fibres de verre pour réduire le flux d'acide à la charge). Le confinement de la grille positive sera prévu en tenant compte de la croissance de celle-ci en fin de vie.

248 Matériels d'installation

Application de la norme NF C 15-100.

249 Appareils de mesures

Application de la norme NF C 15-100.

250 Condensateurs statiques

Application de la norme NF C 15-100.

251 Ensemble d'appareillage

Application de la norme NF C 15-100.

252 Matériels d'utilisation

Application de la norme NF C 15-100.

253 Alimentation pour service de secours

Sans objet (voir paragraphe 84 de la présente spécification).

254 Matériels divers

En complément aux normes ou règles de fabrication et d'installation applicables, on respectera les spécifications complémentaires détaillées ci-après pour la réalisation de certains équipements ou prestations.

255 Pénétrations des câbles extérieurs dans les locaux techniques, coffrets ou armoires électriques

Les moyens, méthodes devant assurer l'étanchéité lors de la pénétration des câbles extérieurs devront être soumis pour accord au Maître d'Ouvre.

Voir également spécification G1.

Des exemples acceptables sont les suivants :

Figure 23 - Pénétration des câbles dans un local technique

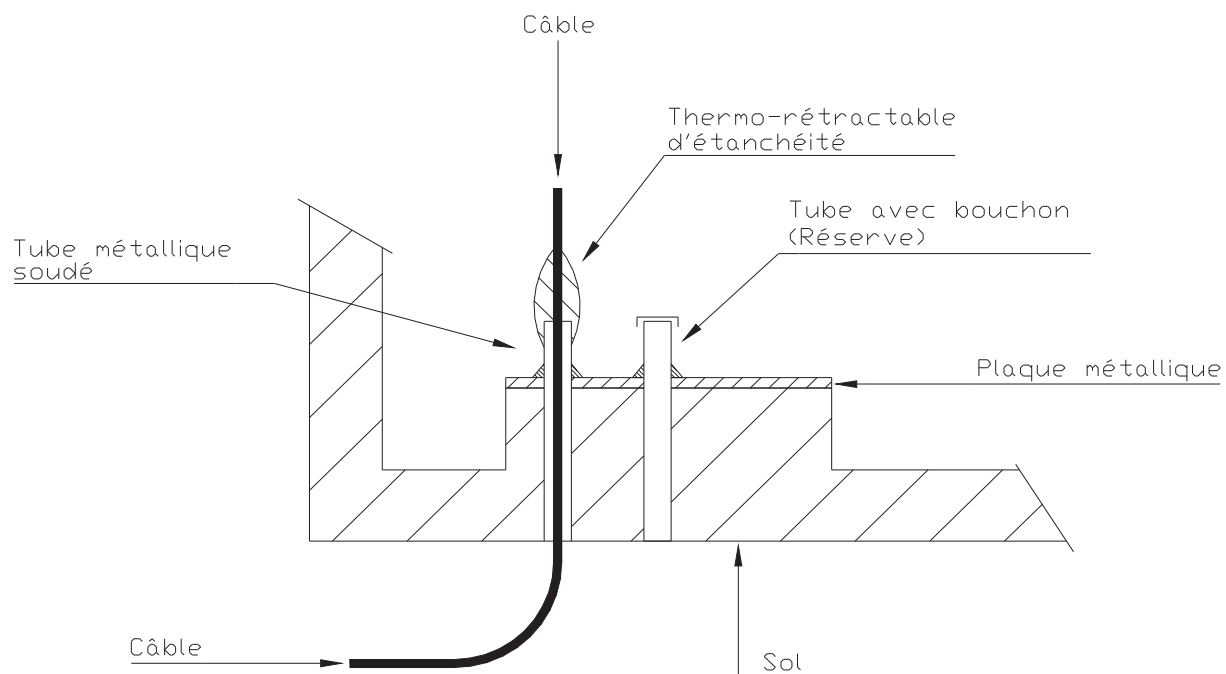
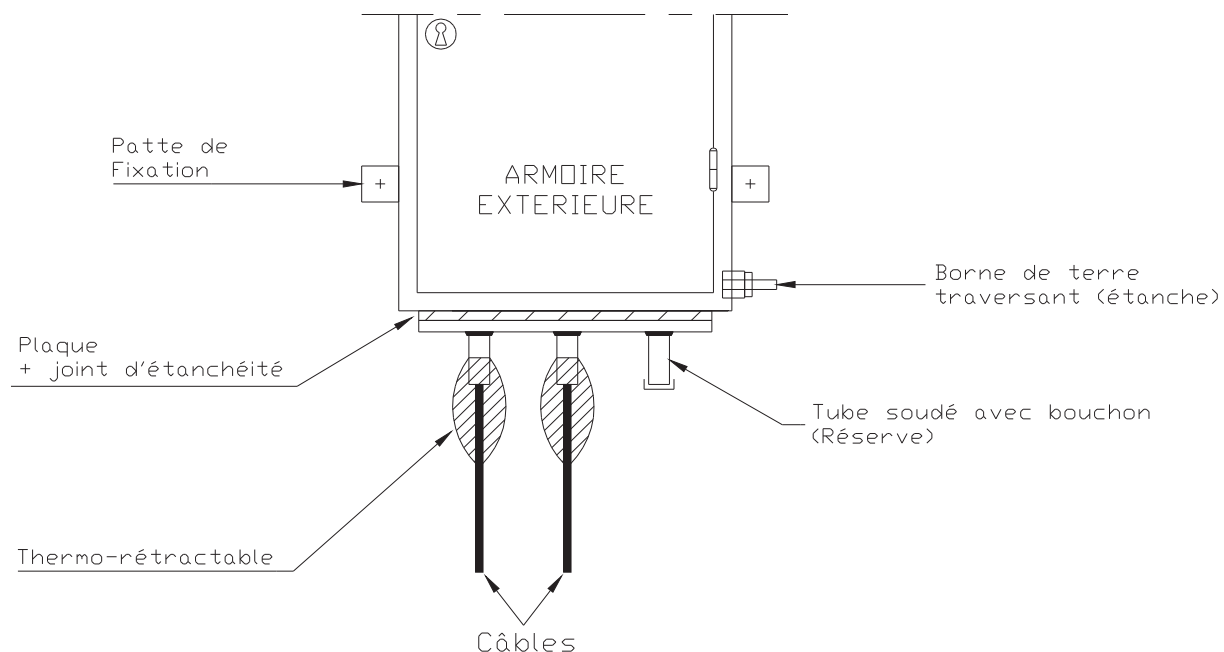


Figure 24 - Pénétration des câbles dans une armoire ou coffret extérieurs



256 Protection parafoudre dans les équipements dynamiques

Si des dispositifs parafoudres sont utilisés sur les circuits du réseau d'énergie électrique, ils seront montés en série avec un dispositif de sectionnement des conducteurs actifs (voir

schéma selon le paragraphe 257). Sur les autres circuits, ils devront être au moins débouchables.

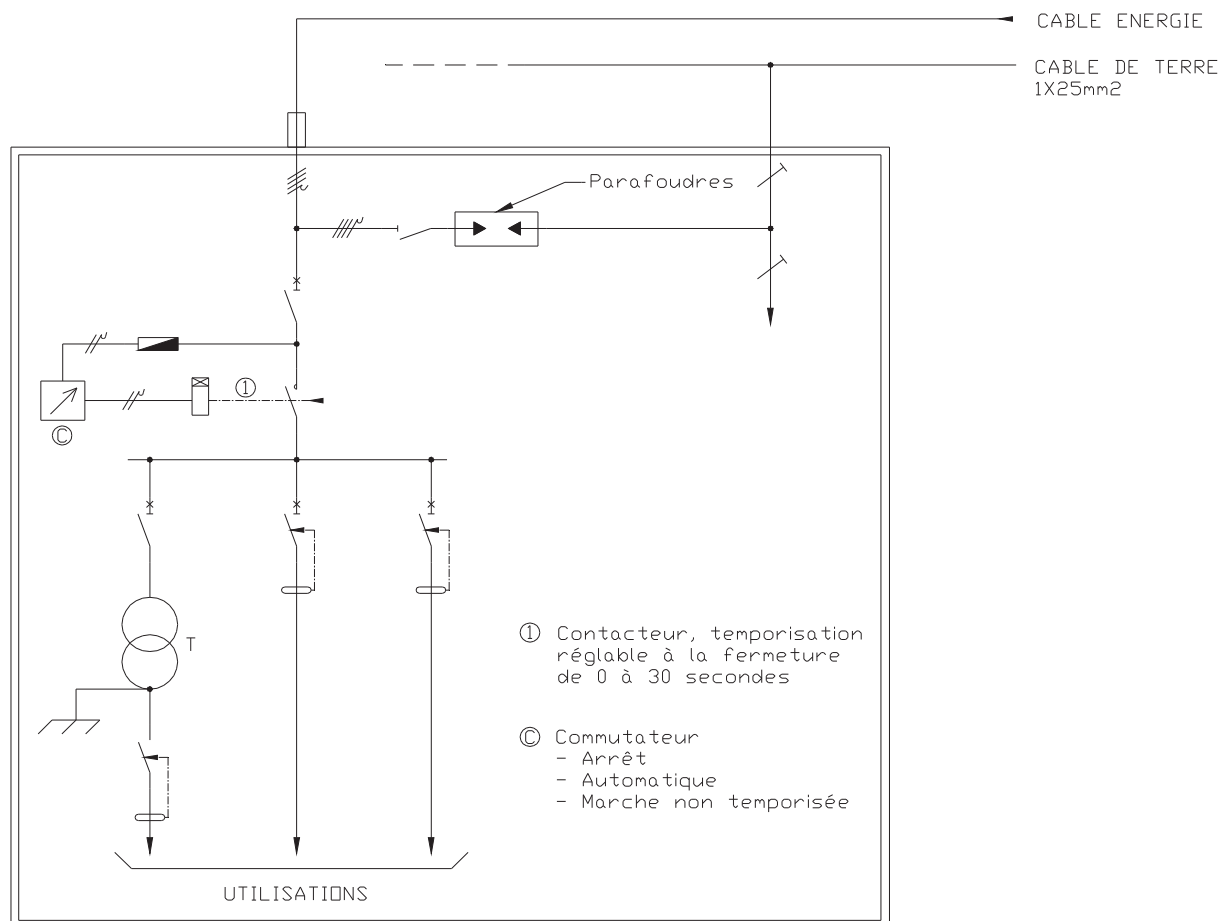
Ces dispositions permettront les recherches de défauts d'isolement lors des opérations de claquage ou de mesures d'isolement.

Voir Figure 25 "Schéma de principe d'alimentation d'un équipement dynamique" au paragraphe suivant.

257 Limitation des effets des courants magnétisants des transformateurs des équipements dynamiques

Afin d'éliminer au maximum les effets des courants magnétisants des transformateurs lors d'un retour général d'énergie (voir paragraphe 157), les équipements dynamiques équipés d'un transformateur d'une puissance supérieure à 1000 VA (monophasé ou triphasé) devront être équipés des matériels représentés sur le schéma suivant :

Figure 25 - Schéma de principe d'alimentation d'un équipement dynamique



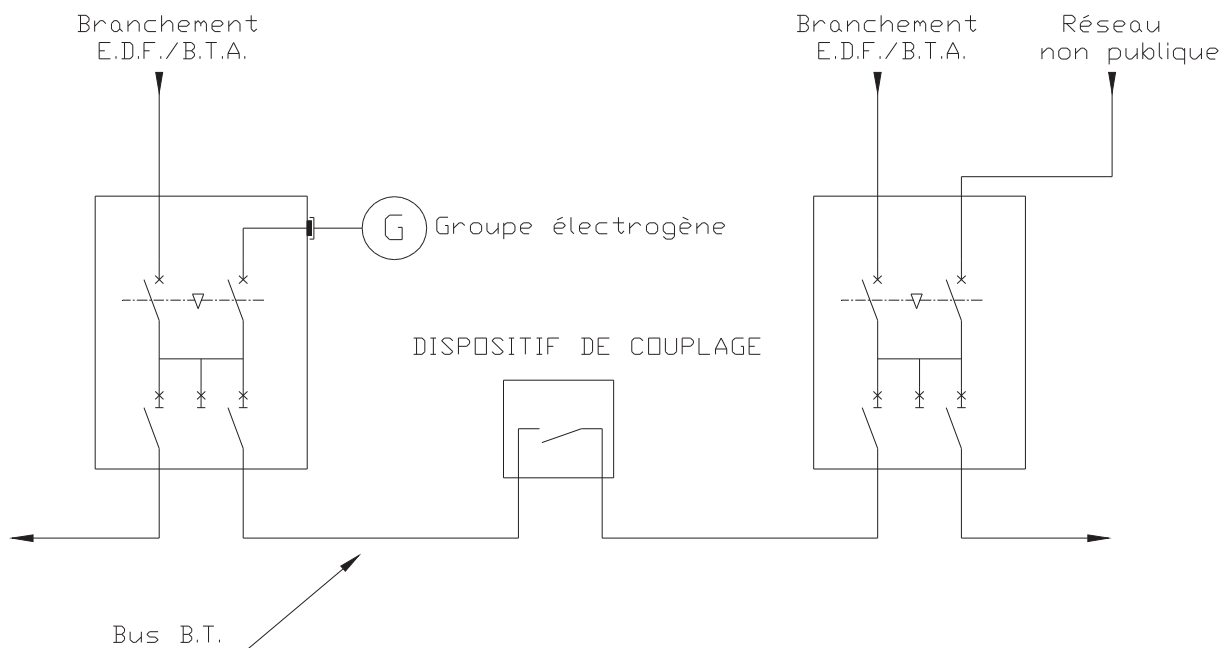
258 Alimentation de secours des locaux techniques

Pour tous les locaux techniques et afin de palier à une défaillance du réseau normal d'énergie (source d'alimentation primaire), il sera prévu un système à poste fixe permettant de raccorder rapidement une alimentation de secours :

- ♦ soit un groupe électrique de secours,
- ♦ soit une alimentation totalement indépendante du réseau normal d'énergie.

Exemple d'alimentation de secours, voir :

Figure 26 - Exemple de schéma de secours



Cette alimentation de secours sera dimensionnée en fonction des besoins fonctionnels, de sécurité et de sauvegarde des équipements normalement alimentés par l'armoire d'alimentation des locaux techniques.

Les lieux de stationnement pour les locaux techniques, seront prévus pour la mise en place d'une alimentation de secours.

259 Groupe électrique mobile de secours

260 Généralités

Comme indiqué aux paragraphes 90 et 258 de la présente spécification, l'entrepreneur devra prévoir le raccordement d'un ensemble mobile électrogénérateur de secours des installations des locaux techniques.

La conception et installation de cet ensemble seront conformes à la norme UTE C 15-401U (Guide des installations des groupes moteurs thermiques - Générateurs), avec respect des règles relatives à l'environnement en ce qui concerne le bruit, les gaz de combustion, les risques d'incendie, etc.

L'ensemble de secours devra pouvoir fonctionner à l'extérieur, avec une durée permanente de fonctionnement d'au moins un mois à son régime nominal.

261 Caractéristiques principales de l'ensemble groupe de secours

Puissance nominale utile permanente P_n (kVA) définie par l'entreprise afin d'assurer le fonctionnement permanent du local technique le plus chargé et selon les conditions suivantes :

- ♦ Température ambiante extérieure $\leq 50^\circ\text{C}$
- ♦ Altitude ≤ 1000 mètres
- ♦ Ensemble de secours exposé au soleil.

Réserve de carburant assurant une autonomie d'au moins 36 heures pour la puissance nominale du groupe de secours.

Groupe mobile, insonorisé, bruit maximal, quelque soit le régime inférieur à 75 dB (A).

Alternateur de caractéristiques :

- ♦ Puissance nominale utile P_n (kVA) détermine avec des récepteurs de facteur de puissance $\geq 0,924$.
- ♦ Tension nominale $U_n = 230/400$ V, réglable $U_n = +$ ou $- 5\%$.
- ♦ Fréquence = 50 HZ \pm au 2% en régime normal établi, soit pour des variations de charges lentes et inférieures à $+ ou - 10\%$ de P_n .
- ♦ Chutes de tension maximales admissibles, suivant le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Variation de tension des groupes électriques mobiles

Variation de charge de P_n ou I_n (en %)	Variation de charge lente (15 secondes)	Variation de charge rapide (1 seconde)
$\pm 10\%$	$\Delta U_n \leq 2\%$	$\Delta U_n \leq 5\%$
$\pm 30\%$	$\Delta U_n \leq 5\%$	$\Delta U_n \leq 10\%$

La configuration du régime du neutre sera impérativement réalisée par l'entreprise lors de la mise en place de l'ensemble de secours.

Le groupe électrique mobile de secours sera équipé d'un ensemble d'états, d'alarmes de fonctionnement et de mesures permettant d'informer un système de supervision. Les spécifications des fonctions à réaliser et des équipements à prévoir par l'entreprise sont données au paragraphe 3.4.4. de la présente spécification.

262 Equipements principaux du groupe électrique de secours

Ensemble de secours entièrement mobile, pour une intervention en un temps inférieur tel que défini dans le CCAP ou CCTP, comprenant les principaux équipements suivants :

- ♦ Un ensemble moteur thermique et alternateur insonorisé.
- ♦ Une armoire de protection et de régulation.

- ◆ Un ensemble d'alimentation en carburant, avec extincteur adapté.
- ◆ Un banc de charge, triphasé, résistif permettant d'assurer une charge de 30% de la puissance nominale du groupe, composé de trois niveaux de charges triphasées et identiques de chacun 10% de P_n .
- ◆ Des câbles (énergie et commande) et accessoires de raccordements adaptés aux différents locaux techniques à secourir.
- ◆ Un dispositif d'arrêt d'urgence, avec actions locales, ou depuis l'armoire d'alimentation du local technique.

NOTA : Ce banc de charge ne sera utilisé que pour assurer une charge minimale du moteur thermique ; sa consommation n'intervient pas dans la détermination de la puissance nominale P_n de l'ensemble de secours.

ARTICLE 263 VÉRIFICATION DES INSTALLATIONS

264 Généralités

En complément aux prescriptions de la norme NF C 15-100 (partie 6) et dans le cadre des prestations en Assurance Qualité définies dans le marché, l'entreprise devra effectuer les vérifications décrites ci-après.

265 Essais usine

Prescriptions selon les clauses du marché (voir CCAP et CCTP) avec établissement d'un Plan de Contrôle à soumettre au maître d'oeuvre portant sur les principales fournitures et prestations.

Les plans de contrôle préciseront :

- ◆ les points d'arrêt pour prototypes ou « premiers de série »,
- ◆ les points de contrôle pour équipements ou prestations de série importants ou exigés par le marché.

266 Vérifications en cours de montage

L'entreprise devra effectuer des contrôles durant le déroulement des installations portant en particulier sur les points suivants.

267 Contrôles des puits de terre et câbles de protection

L'entreprise devra relever selon les prescriptions techniques du marché :

- ◆ les valeurs des différents puits de terre,
- ◆ les continuités des conducteurs de protection 1 x 25 mm² cuivre.

268 Contrôles des câblages

269 Câbles HTA

Sans objet.

270 Câbles basse tension BTA

Contrôles effectués après déroulage des câbles et après raccordements effectués, à savoir :

- ♦ Contrôles diélectriques des conducteurs entre eux et par rapport à la terre, tension d'essai 2500 V continu durant deux minutes.
- ♦ Contrôles d'isolement des conducteurs entre eux et par rapport à la terre, tension d'essai 500 V continu. Résistance minimale d'isolement : 10 Mégohms par kilomètre.

271 Contrôles d'isolement des équipements

En complément à la norme NF C 15-100, article 612-3, les vérifications suivantes seront réalisées.

La résistance d'isolement par rapport au sol, au niveau de la fourniture d'énergie (hors tension), tous conducteurs d'énergie réunis, tous contacts fermés, toutes électroniques raccordées, dans les conditions les plus défavorables, mesurée en courant continu « le plus à la masse », devra être supérieure à 20 Mégohms sous 500 volts par tronçon de circuit de 50 mètres. Les absorbeurs d'ondes, parafoudres seront déconnectés durant la mesure.

Il en sera de même pour les éléments situés en aval d'un transformateur délivrant une tension supérieure à 24 volts efficaces.

Le courant homopolaire de défaut, tout appareillage en service, devra être inférieur à 4 mA alternatif par départ protégé.

272 Essais fonctionnels

Applications des exigences générales du marché en ce qui concerne les essais :

- ♦ Pour des sous-ensembles ou équipements unitaires,
- ♦ Pour des ensembles fonctionnels complets.

Les essais seront réalisés selon des cahiers de recette soumis au Maître d'Oeuvre pour accord.

ANNEXE 1 - COURANT DE COURT-CIRCUIT DANS LES AMES DES CONDUCTEURS

Les courants de court-circuit qui peuvent parcourir les conducteurs ne doivent pas conduire à des densités de courant supérieures à :

$$\delta \leq \frac{k}{\sqrt{t}} \quad (\text{A/mm}^2)$$

t étant la durée de passage de courant en secondes,

k étant un facteur déterminé par la formule

$$k = \sqrt{\frac{Q_c(\beta + 20)}{\rho_{20}}} \log \left[\frac{\theta_f + \beta}{\beta + \theta_i} \right]$$

dans laquelle :

Q_c = capacité thermique volumique du matériau du conducteur (J/°Cmm³),

β = inverse du coefficient de température de la résistivité à 0°C pour le conducteur (°C),

ρ_{20} = résistivité électrique du matériau du conducteur à 20°C (Ω mm),

θ_i = température initiale du conducteur (°C),

θ_f = température finale du conducteur (°C) égale à :

160°C pour les câbles isolés au polychlorure de vinyle,

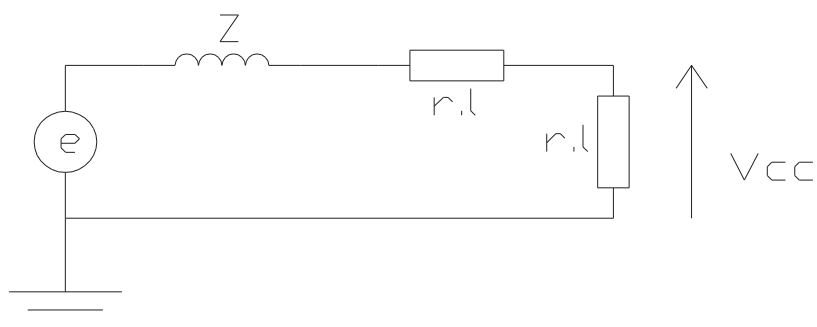
250°C pour les câbles isolés au caoutchouc éthylène-propylène et au polyéthylène réticulé.

Selon NF C 13-200, voir chapitre 525.

ANNEXE 2 - CALCUL DE LONGUEUR MAXIMALE D'UNE CANALISATION

La présente Annexe 2 a pour objet d'exposer une méthode de calcul permettant de connaître la longueur maximale d'une canalisation protégée par dispositif à surintensité en fonction des caractéristiques de la source (voir notamment § 97 et § 135).

On admet le schéma équivalent suivant :



Ce schéma repose sur l'hypothèse de conducteur actif et de neutre de même section. Si le conducteur de neutre a une section inférieure, les calculs devront être modifiés en conséquence.

e représente la f.e.m. du transformateur (phase - masse).

Z représente l'impédance de la source.

P représente la puissance nominale de la source.

$$\text{Si } K = \frac{\text{tension de court-circuit}}{\text{tension nominale } U}$$

$$Z = |jLw| = K \cdot \frac{U^2}{P}$$

Exemple 1 : transformateur 230 V, 5000 VA, $K = 2,18 \%$; une phase à la terre.

$$e = 230 \text{ V}, P = 5000 \text{ VA}$$

$$Z = 0,231 \text{ ohm}$$

Exemple 2 : transformateur 230 V, 5000 VA, $K = 2,18 \%$; point milieu à la terre.

$$e = 115, P = 2500 \text{ VA}$$

$$Z = 0,115 \text{ ohm}$$

Les coefficients K devront être obtenus auprès du fabricant du transformateur.

$r.l$ est la résistance d'un conducteur du câble de longueur l .

V_{cc} est la tension de contact

I_{cc} est le courant de défaut, supposé constant pendant toute la durée du défaut.

La tension aux bornes de rl est V_{cc} donc :

$$2V_{cc} = \sqrt{e^2 - Z^2 \cdot I_{cc}^2}$$

$$4V_{cc}^2 = e^2 - Z^2 \cdot I_{cc}^2$$

$$I_{cc}^2 = \frac{e^2 - 4V_{cc}^2}{Z^2}$$

$$I_{cc} = \frac{\sqrt{e^2 - 4V_{cc}^2}}{Z}$$

La présente spécification retient comme limite de la tension de contact la courbe A3 du 481.1.2. de la norme NF C 15-100 correspondant aux conditions BB3 + BC3.

Si sur ce graphe on appelle

- ♦ V la tension de contact,
- ♦ t le temps maximum de contact,

on peut établir les équations suivantes :

- ♦ Pour t compris entre 0,01 s et 0,2 s $v = 25,039 \cdot t^{-0,585}$
- ♦ Pour t compris entre 0,2 s et 5 s $v = 39,33 \cdot t^{-0,307}$

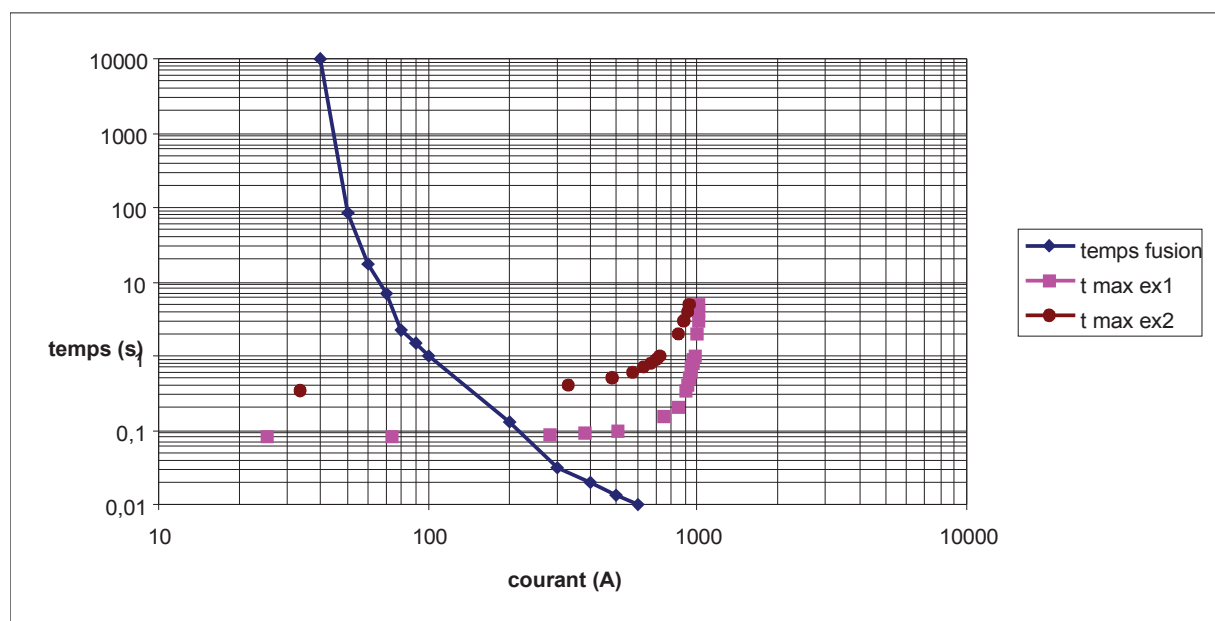
Soit donc en remplaçant dans I_{cc} :

- ♦ Pour t inférieur ou égal à 0,2 s $I_{cc} = \frac{1}{Z} (e^2 - 2508 \cdot t^{-1,17})^{1/2}$

- ♦ Pour t supérieur ou égal à 0,2 s $I_{cc} = \frac{1}{Z} (e^2 - 6187 \cdot t^{-0,614})^{1/2}$

Il suffit alors de reporter le graphe $I_{cc} = f$ (temps maximum de contact) sur le même repère que le graphe temps/courant du dispositif de protection.

Dans les deux exemples précédents, et avec une protection par cartouche cylindrique type gG 25A, les graphes sont les suivants :



On détermine alors le courant de court-circuit minimum, au-dessous duquel la protection contre les contacts indirects n'est plus assurée pour un dispositif de protection donné.

Soit :

- ♦ $I_{cc\ min}=220\ A$ dans le premier exemple,
- ♦ $I_{cc\ min}=130\ A$ dans le deuxième exemple

Or :

$$I_{cc} = \frac{e}{\sqrt{Z^2 + 4r^2 l^2}}$$

$$Z^2 + 4r^2 l^2 = \frac{e^2}{I_{cc}^2}$$

$$4r^2 l^2 = \frac{e^2}{I_{cc}^2} - Z^2$$

$$r l = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{e^2}{I_{cc}^2} - Z^2}$$

Soit :

- ♦ $r l < 0,51\ \Omega$ dans le premier exemple,
- ♦ $r l < 0,44\ \Omega$ dans le deuxième exemple

Connaissant la résistivité du cuivre câblé à 20°C ($1,8 \cdot 10^{-8}\ \text{ohm.m}$), et le coefficient de température de la résistivité ($3,93 \cdot 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$) la température ambiante (voir § 188), l'échauffement (voir § 115) dû à la circulation du courant maximal de non fonctionnement de la protection et la variation de résistance qui en résulte, on détermine les longueurs maximales des canalisations protégées par un fusible de 25 A gG.

Soit dans l'exemple 1, pour une canalisation en en chemin de câble en fils soudés RVFV de 16 mm² en cuivre :

- ♦ $I_p=80$ (Ithéorique=100 selon NF C 15-100 tableaux 52C et 52F, et $k=0,8$ tableau 52L)
- ♦ température ambiante 30°C
- ♦ $I_{nf}=40\ A$
- ♦ température initiale du câble 42,8°C
- ♦ résistance linéique $1,23 \cdot 10^{-3}\ \text{ohm/m}$.

D'où la longueur maximale de la canalisation dans cette exemple : 416 m.

Enfin, on vérifie que la variation de résistance du conducteur pendant le court-circuit est bien négligeable (dans l'exemple l'énergie dissipée n'élève pas la température du conducteur de moins de 0,12°C).

ANNEXE 3 - INDEX DES NORMES CITÉES ET DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Nota : La norme NF C 15-100, n'est pas reprise dans cet index.

L'on se reportera aussi utilement à la spécification générale G1 en cours de validité.

C

C12101U	13
C53224	76

D

décret 881056	9, 13
décret 93-1418	29
décret 951081	13
directive 2004/108/CE	13
directive 73/23/CEE	13
directive 92/31/CEE	13
directive 93/68/CEE	13

N

NFC03203	57
NFC03206	57
NFC03207	58
NFC03208	58
NFC13100	13, 18, 19, 47
NFC13200	13, 18, 19, 43, 47, 64, 74, 75
NFC14100	13, 14, 18, 19, 22, 47, 64, 73
NFC15100	9, 44, 54
NFC32050	61
NFC321021	62
NFC321022	62
NFC321023	62
NFC321024	62
NFC322011	74
NFC322012	74
NFC322013	74
NFC32321	62
NFC32322	61
NFC52200	74
NFC53224	76
NFC58311	77
NFC606171	57
NFC62411	71
NFC68300	13, 57
NFC68312	13, 57
NFEN500912	76
NFEN501101	13
NFEN501102	13
NFEN600345	74
NFEN600349	74
NFEN600761	74
NFEN6007611	74
NFEN600995	71
NFEN601462	76
NFEN602691	70
NFEN604391	38
NFEN60445	57
NFEN60529	13, 38
NFEN60622	77
NFEN60742	35, 39, 75
NFEN6089621	77
NFEN60898-1	71
NFEN60947	71

NFEN60950	76
NFEN6100032	13, 55
NFEN61140	13
NFEN613861	59
NFEN6138621	59
NFEN6138622	59
NFEN6138623	59
NFEN6138624	59
NFEN614391	38
NFEN614392	38
NFEN620401	76
note SEC/EL N°14	13, 23, 36
U	
UTE C 00200 ADD 1	13
UTEC00200	13
UTEC15401U	81
UTEC15402U	76
UTEC15443	71
UTEC18510U	13, 14, 55
UTEC61130U	57
UTEC61740-12	71
UTEC61740-52	71
NF EN 600271	57